



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

LICENCIATURA EN GEOGRAFÍA

***“CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA DEL ESTADO DE TLAXCALA, ESCALA  
1:50,000”***

ELABORADO POR:

FANY LIZBETH GÓMEZ QUINTANA

ASESOR:

DR. EN GEO. LUIS MIGUEL ESPINOSA RODRÍGUEZ

Revisores:

PROF. ARMANDO REYES ENRÍQUEZ

DR. NORMA ANGÉLICA DÁVILA HERNÁNDEZ

Abril de 2015

# ÍNDICE

Dedicatorias

Agradecimientos

## INTRODUCCIÓN

Introducción

Justificación

Objetivos

Objetivo General

Objetivo Particular

Planteamiento del problema

Metodología

Antecedentes de trabajos similares

Antecedentes de trabajos en la zona de estudio

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Teoría general de sistema

1.1.1. Evolución de la Teoría General de Sistema

1.1.2. Progresos de la Teoría General de Sistema

1.1.3. Leyes de la Termodinámica

1.1.4. ¿Qué es un sistema?

1.1.5. Sistemas abiertos

1.1.6. Sistemas cerrados

1.1.7. Sistemas aislados

1.1.8. ¿Qué es el *feedback*?

1.1.9. Aplicación en el ámbito geográfico

1.2. Geomorfología

1.3. Cartografía geomorfológica

- 1.3.1. Escala
- 1.3.2. Leyenda
- 1.3.3. Ejemplos de aplicación

## CAPÍTULO 2. MARCO FÍSICO GEOGRÁFICO

- 2.1. Caracterización geográfica general de la zona de estudio
  - 2.1.1. Localización
  - 2.1.3. Clima
  - 2.1.4. Edafología
  - 2.1.5. Características del Sistema Volcánico Transversal
- 2.2. Geología y estratigrafía regional

## CAPÍTULO 3. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

### Cartografía morfológica

Morfología

Mapa altimétrico

Curva hipsográfica

Mapa de órdenes de drenaje

Mapa de cuencas

### Cartografía morfométrica

Morfometría

Mapa de densidad de la disección del relieve

Mapa de energía del relieve

Mapa de pendientes

Mapa de lineamientos

Mapa de rosa de fractura

Mapas de bloques

Cartografía geomorfológica

Perfil geomorfológico

Perfil geomorfológico compuesto

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Resultados

Conclusiones

## BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

## Dedicatorias

### A Dios

Quiero agradecerle y dedicarle este trabajo a mi poder superior Dios, por haberme dado la dicha y bendición de la vida, al darme las herramientas necesarias para poder estudiar, y al mismo tiempo enseñarme a lo largo de mi vida que caída tras caída siempre se debe mantener firme la fe, la esperanza y el amor, al trascender día a día confiado de él, para ser feliz. Tengo suficiente que agradecer y poco que pedir, que no terminaría jamás, Te Amo “Toda sabiduría viene del Señor y con él permanece siempre” Siracides 1, 1

### A mis padres

A mi padre Juan Gómez Reyes por confiar en mí en todo momento, por los pequeños y buenos detalles, y sin tu amor no me has dejado, gracias a esa disciplina conmigo, criarme, cuidarme y dedicarme el tiempo en escuchar mis inquietudes en la decisión de estudiar Geografía porque me ayudaron a fijarme una meta y los sueños se pueden alcanzar con sacrificio y dedicación.

A mi madre Rufina Quintana Romero, por ser ese instrumento de Dios al darme la dicha más grande que es mi vida, al quererme, criarme, apoyándome con valiosos consejos que me servirán por el resto de mi vida, al mismo tiempo valorar todo lo que tengo, en lograr en hacerme ver la vida de otra manera, enseñarme a servir y amar a Dios sin condiciones, porque él no puedo vivir, gracias mamá, por no dejarme sola, y estar conmigo en las buenas y en la malas.

### A mis hermanas

A mis hermanas Tania Elizabeth y Sandra Sarahi por compartir la vida conmigo, el apoyo incondicional, porque a pesar de no compartir gustos similares como el medio natural, me ayudaron con palabras y entusiasmo hasta verme realizada.

## Agradecimientos

### A la Facultad

Quiero agradecer a la Facultad de Geografía UAEMEX por todos los conocimientos que me brindaron a lo largo de la carrera, por el apoyo indirecto y forma desinteresada para llegar a mi meta y de manera especial quiero agradecer al Dr. Luis Miguel Espinosa Rodríguez por brindarme la confianza hacia mi persona al desarrollar este trabajo, y al mismo tiempo ser mi amigo, estar pendiente de mi progreso universitario al darme consejos, y el apoyo moral para obtener la enseñanza de luchar por lo sueños.

### A mis amigos

A mis amigos Alejandro, Carlos Alberto, Christian Jair, Héctor, Jacqueline, Jonathan, y Marco que estuvieron conmigo a lo largo de la carrera, al darme el apoyo incondicional sin esperar nada a cambio, al mismo tiempo ser mis compañeros de clase, por compartir no sólo un salón durante 4 años y medio, también conocimientos, experiencias, y prácticas de campo con alegrías, tristezas, enojos, etcétera, aprender a convivir en todo momento, y trabajar en equipo. Gracias a cada uno de ustedes siempre los tendré presente en un espacio muy especial en mi corazón.

# Introducción

“Conságrate al estudio desde tu juventud,  
y hasta cuando tengas blancos tus cabellos progresarás en la sabiduría” Siracides 6, 18

## Introducción

El Estado de Tlaxcala con una superficie de 4.016 km<sup>2</sup> se ubica en la parte central de la República Mexicana, dentro del Sistema Volcánico Mexicano o también conocido como el Eje Neo Volcánico Transversal, caracterizado con 1,884,349,017.57 km<sup>2</sup> en planicie, 156,963,545.17 km<sup>2</sup> de pie de monte inferior, 48,055,917.16 km<sup>2</sup> en mesetas, y 2,687,216.02 km<sup>2</sup> en estructuras de origen volcánico. La Malinche o Matlacueytl ocupa una extensión de 45,711 ha, y se encuentra en la actualidad como un Parque Nacional, en un intervalo altitudinal de 2400 a 4420 m.s.n.m.

De manera particular en el Estado de Tlaxcala, existen pocas referencias sobre estudios geológicos en la zona, y los trabajos que existen hacen mención sobre la sismicidad que se ha generado a nivel regional y local en coincidencia con las fallas, al tener como consecuencia la peligrosidad que se genera en la ciudad con mayor densidad poblacional, para así pueda ser empleado en la solución de problemas.

Como se mencionó en el párrafo anterior, en la literatura revisada se observa que si bien existen trabajos de investigación en sitios específicos de interés como resulta de forma común con el volcán, no se han encontrado hasta la fecha trabajos geomorfológicos que den cuenta del relieve general de dicho estado, al dar un conocimiento básico de los procesos formadores del relieve. En el trabajo siguiente, uno de los objetivos a realizar es generar cartografía geomorfológica general en el Estado de Tlaxcala, mismo que se expresa en un mosaico de mapas en escala 1:50 000.

Lo anterior se basa en conceptos teóricos y metodológicos de la cartografía geomorfológica en la elaboración manual de los mapas, expuesto por Lugo (1988), Ortiz (1990), Miranda (2006). De esta manera conocer las características en dinámica de la formación de la superficie del terreno, para una interpretación del territorio, y la utilidad para la planeación, y evitar zonas de riesgo en los asentamientos humanos ante los procesos naturales.

La cartografía geomorfológica sea ha desarrollado en diversas partes del mundo, con diferentes metodologías. Por ello en México, se ha elaborado el Atlas Nacional de México



por el Instituto de Geografía, UNAM, en tanto Lugo en 1988 estableció un indicador de generalización que puede manejarse según la percepción de los datos e información a transmitir, desde escala 1:50 000 000 hasta 1:1.

Para finalizar la deficiencia de la cartografía geomorfológica se ha visto reflejada en la falta de estudios sobre la dinámica terrestre, como el análisis morfológico y morfométrico en la elaboración de mapas, los resultados de esta investigación dan una solución ante los problemas como el ordenamiento territorial, riesgos, entre otros, por que generan información esencial la elaboración de mapas aplicados.

### Planteamiento del problema

México es un país que no cuenta con cartografía morfológica y morfométrica suficiente, en conjunto con una interpretación del relieve, para dar soluciones a los problemas que presenta el territorio, con ayuda de la interpretación, es necesaria y de suficiente utilidad para la planeación, al evitar zonas de riesgo en los asentamientos humanos por los fenómenos naturales.

El Estado de Tlaxcala, se ubica en la parte central de la República Mexicana, dentro del Sistema Volcánico Mexicano, caracterizado por presencia de mestas, lomeríos, llanuras, y el volcán La Malinche o Matlacueytl, (Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 2006); tiene una superficie aproximada de 4.016 km<sup>2</sup> y una altitud promedio de 2400 a 4420 m.s.n.m., Figura i.1.

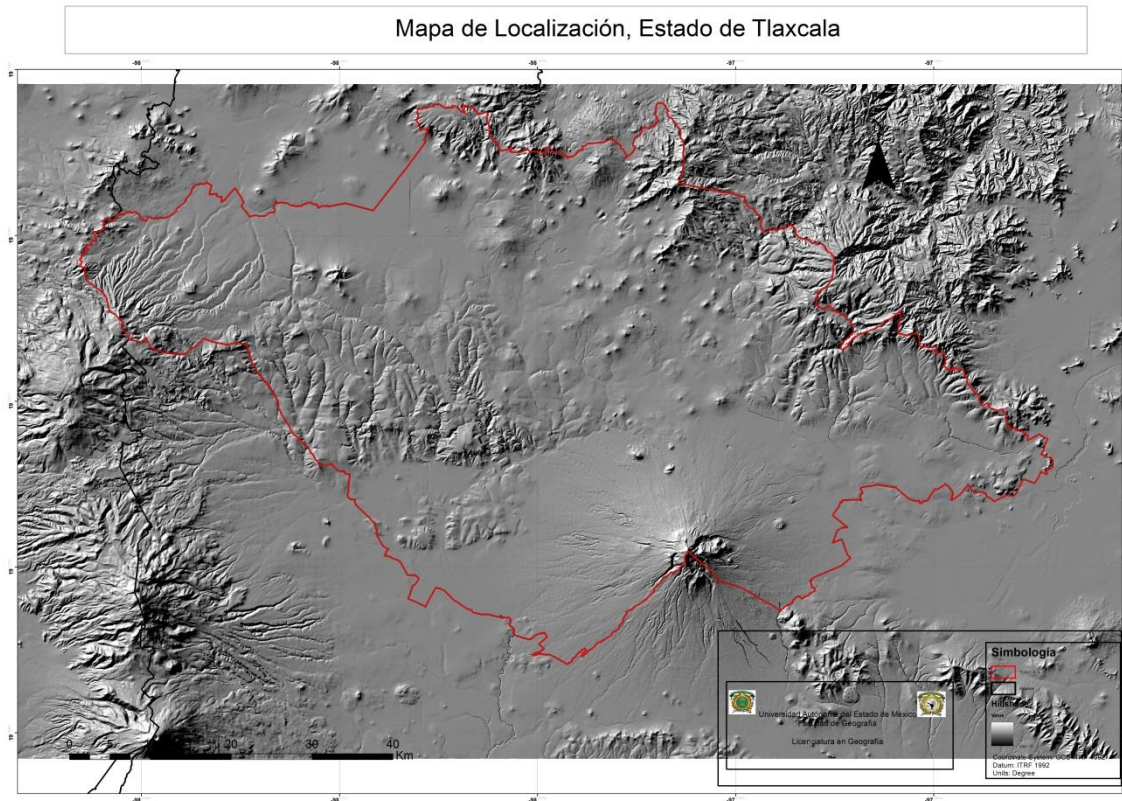


Figura i.1. Localización del Estado de Tlaxcala  
Fuente: Elaboración propia

Al utilizar y aplicar los principios básicos de la geografía que son localización, descripción, comparación, causalidad, en relación con otros agentes, se abordará los problemas relacionadas con la pendiente general del terreno, la distribución altitudinal, energía del relieve, curva hipsográfica, densidad de disección del relieve, ordenes de drenaje, cuencas, pendientes, bloques, lineamientos, rosa de fracturas, perfil geomorfológico compuesto.

Para tener un análisis en las formas del relieve la Teoría General de Sistema por Von Bertallany, que se caracteriza por la perspectiva holística e integradora, donde que lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen, en geografía física como en la geomorfología interactuarán entre sí para caracterizar las formas del relieve en orden lógico en la evolución del relieve terrestre.

*“La Teoría General de Sistema está basada en el entendimiento y análisis de las interacciones entre cada uno de los elementos del propio sistema, de esta forma, cada componente funciona para dar paso al intercambio de materia y energía hacia el interior o exterior de este, con lo cual, hay también una interacción con otros sistemas, para formar parte de uno superior o subsistema.”* (Pedraza, 1996).

En la utilización de la Teoría General de Sistema la formulación en geomorfología se debe a Chorley en 1962, que también lo usaron varios autores como Horton en 1945 la cual lo aplicó para el estudio de cuencas fluviales, Strahler en 1952 se basó para el estudio geomorfológico, con mayor énfasis en las vertientes y las cuencas de drenaje y Choley en 1950 quien también lo adoptó a un enfoque para el conjunto de la geomorfología.

La ciencia ha abordado problemáticas de diversas magnitudes, quienes por medio de una integración de elementos e interacciones entre ellos, la Teoría General de Sistema es una alternativa para obtener un resultado completo.

## Justificación

La generación de la cartografía geomorfológica del Estado de Tlaxcala, corresponde a representar e interpretar las formas del relieve en el área de estudio. La realización será con mosaico de cartas topográficas con escala 1:50 000 que permite visualizar, a detalle estos elementos que están contenidos en el relieve al conocer y entender la dinámica de los procesos formadores del relieve, y con ello ayudar a planear soluciones a los problemas que se presenta en el territorio.

Ahora bien en todo el territorio mexicano, la cartografía geomorfológica tiene una variedad de utilidad para la planificación territorial, ingeniería civil, y para la explotación de recursos naturales, en este análisis cartográfico se pretende conocer e identificar los principales procesos que intervienen en la dinámica geomorfológica del Estado de Tlaxcala, además de establecer bases para otros estudios de campos relacionados con la geomorfología de tipo documental.

En la Ley de Desarrollo Urbano, 2013 hace mención sobre la dinámica poblacional que ha tenido en los últimos años sobre cambios significativos en el territorio, al no tener una ocupación óptima ya que ha originado desequilibrios y transformaciones en la forma de urbanización, como es la transformación del área forestal a agrícola, y no tener atención para evitar el crecimiento de las ciudades hacia zonas de alta vulnerabilidad, y priorizar acciones de conservación y restauración.

Además que para el caso del Estado de Tlaxcala, de los 60 municipios que lo constituye tiene una gran deficiencia en los Atlas de Riesgo, ya que sólo 6 de ellos cuentan información sobre los fenómenos perturbadores a los que está expuesta la comunidad y el entorno.

Así mismo Ley de Protección Civil la función prioritaria, constituye tener conocimiento acerca del origen y naturaleza de los riesgos, con un análisis y evaluación de posibles efectos en la población, hasta llegar a la revisión de acciones en un fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad misma, al promover la creación de órganos especializados de emergencia, según sea la presencia de riesgos asociados en una determinada zona geográfica por cualquiera de los agentes perturbadores.

Los aspectos mencionados deben considerarse por las autoridades correspondientes, al obtener como aporte a las etapas iniciales para la investigación como la conformación de paisajes, la degradación por la urbanización acelerada, al tener propuestas de uso y manejo en la toma de decisiones en la construcción y así tener como resultado una adecuada ordenación de los recursos naturales, en investigaciones geotectónicas o en cualquier modificación antropogénica del relieve.

## Objetivos

## Objetivo General

- Generar cartografía geomorfológica del Estado de Tlaxcala, escala 1:50,000

## Objetivo particulares

- Realizar cartografía morfológica y morfométrica del Estado de Tlaxcala
- Realizar la leyenda y la cartografía geomorfológica general del Estado de Tlaxcala
- Interpretación de la cartografía geomorfológica

## Metodología

La metodología se centra en la estimación de morfología y morfometría en la elaboración manual de los mapas, al utilizar parámetros en la cartografía, con autores como Lugo (1988) y Ortiz (1990), que servirán como base para la interpretación de la misma.

Los objetivos formales en geomorfología son cuantificar y cualificar la geometría del terreno o conocido como morfometría, al delimitar fisionomías según las relaciones con otros parámetros en el paisaje o fisiografía, el tener un análisis del sistema de relación entre las formas del relieve y la acción de la dinámica, para así entender las secuencias que ha tenido el relieve hasta llegar a su configuración actual.

La cartografía se realizó con base de un mosaico de cartas topográficas escala 1:50,000, para crear los mapas geomorfológicos, en uno sólo, y tener una mejor accesibilidad a ellos, las cartas se obtuvieron de INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), y las claves de las cartas se mencionará a continuación:

- |          |          |          |
|----------|----------|----------|
| • E14B21 | • E14B31 | • E14B35 |
| • E14B22 | • E14B32 | • E14B42 |
| • E14B23 | • E14B33 | • E14B43 |
| • E14B24 | • E14B34 | • E14B44 |

Con el mosaico se elaborarán los siguientes mapas:

- Mapa altimétrico
- Curva hipsográfica
- Mapa de órdenes de drenaje
- Mapa de cuencas
- Mapa de densidad de la disección del relieve
- Mapa de energía del relieve
- Mapa de pendientes
- Mapa de lineamientos
- Mapa de rosa de fractura
- Mapas de bloques
- Perfil geomorfológico
- Perfil geomorfológicos compuestos

En este trabajo, en la Cuadro i.1, elaborado por (Miranda, 2006) permite tener un diseño en los mapas morfológicos y morfométricos, para delimitar y localizar las formas del relieve, al mostrar las variables independientes que se utilizarán en el análisis e interpretación de la cartografía.

Variables empleadas en la investigación		
Variables	Variables independientes	Factor de análisis e interpretación
Morfología	Origen	Reconstrucción de procesos del paisaje, datación de materiales, identificación del dominio de procesos endógenos y exógenos
	Forma	Clasificación de estructuras, identificación de procesos erosivos o acumulativos, identificación de patrones de drenaje, control estructural del relieve
	Evolución	Dominio de proceso endógeno y exógeno, resistencia diferencial de materiales
	Dinámica	Identificación del dominio de procesos endógenos y exógenos, resistencia diferencia de materiales

Variables empleadas en la investigación		
Variables	Variables independientes	Factor de análisis e interpretación
Morfología	Distribución	Contactos litológicos, resistencia diferencial de materiales, movimiento diferencial de bloques localización de rasgos disyuntivos y aplicativos, división de unidades geomorfológicas, identificación de alineamientos orográficos, identificación de rasgos tectónicos
Morfometría	Altimetría	Escalonamiento del terreno, distribución del relieve, localización de rasgos disyuntivos y aplicativos, división de unidades geomorfológicas, identificación de alineamientos orográficos, identificación de rasgos tectónicos, reconstrucción de estructuras, identificación de rasgos geométricos, clasificación de procesos acumulativos o denudativos conforme a la altitud
	Pendientes	Inclinación general de la pendiente, identificación de unidades geomorfológicas con respecto a la angulación del terreno, escalonamiento del terreno, ruptura de pendientes, erosión areal, identificación de procesos acumulativos o denudativos
	Ordenes de Drenaje	Identificación de patrones de drenaje, orden cuantitativo de las corrientes, control estructural en el relieve, capacidad erosiva o acumulativa de las corrientes, resistencia diferencial de materiales, identificación en la asimetría de valles, identificación de procesos acumulativos o denudativos, delimitación de cuencas, sub cuencas así como afluentes
	Densidad de Disección	Cuantificación de procesos fluviales erosivos o acumulativos, resistencia diferencial de materiales, clasificación cronológica de estructuras
	Energía del Relieve	Intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena, inferencia en la predominancia de procesos endógenos y/o exógenos.

Cuadro i.1. Variables de estudio geomorfológico

Fuente: Miranda, 2006

A continuación se indicará los pasos y procedimientos específicos para el diseño de los mapas temáticos, como parte de la cartografía geomorfológica, al utilizar la metodología de Miranda (2006), Lugo Hubp (1988) y Ortiz (1990).

### 1) Carta Altimétrica:

Se identificarán los valores máximos y mínimos, se obtendrá la diferencia del valor máximo entre el mínimo para obtener el número de rangos y así poder definir la gama de colores de fríos a cálidos, si se llegase a tener más rangos se tendrían que anexar más colores entre cada rango, los colores se muestran en la siguiente Figura. i.2



Figura i.2. Gama de colores de fríos a cálidos.  
Fuente: Elaboración propia

La elección de colores no es arbitraria si no que apoya en un sistema internacional, que bien aplicado da la impresión de observar el mapa en tercera dimensión. (Lugo, 1988).

Con el fin de que exprese de manera inmediata la altitud del relieve, en unidades generales del relieve como son los sistemas orográficos, pie de monte y zonas o planicies de acumulación.

### 2) Curva Hipsográfica

De acuerdo con (Miranda, 2006), es una herramienta adjunta a la carta altimétrica, y tiene por finalidad obtener una relación directa de área y altitud existente entre dos curvas de nivel, y con ello conocer la predominancia o equilibrio entre los procesos endógenos y exógenos, así como también identificar en que parte del sistema hay resistencia a la erosión o en qué nivel altitudinal existe mayor depositación de material detrítico.

La elaboración de esta carta consiste en obtener datos de áreas totales por cada rodal en los rangos de la carta altimétrica, y contraponerlos con las altitudes correspondientes en un eje



de coordenadas de “X” y “Y”, el procedimiento detallado es descrito a continuación de una serie de pasos:

- a) Obtener el área total de cada rodal por el método que considere adecuado (con polímetro, papel milimétrico, balanza analítica)
- b) Una vez obtenidas las diferentes áreas se registran junto con otros rangos altitudinales correspondientes, tal como se muestra en el Tabla i.2.

Rangos altitudinales		
(X) Área total	(y) Rango de altitud	Color
300 km <sup>2</sup>	1200 m	Verde
6,000 km <sup>2</sup>	1300 m	Amarillo
200 km <sup>2</sup>	1400 m	Naranja
250 km <sup>2</sup>	1500 m	Rojo
300 km <sup>2</sup>	1600 m	Café
100 km <sup>2</sup>	1700 m	Negro

Tabla i.2. Representación del área total por rango altitudinal de la carta altimétrica

- c) Los datos de la tabla son colocados en el sistema de referencias cartesiano y graficados los puntos de unión

La curvatura de la línea resultante en la gráfica de los puntos de intersección, en primera instancia indica la predominancia de procesos endógenos o exógenos que modifican y modelan en el área general, así como resalta zonas donde existen anomalías tectónicas, denudación y sedimentación. La curva puede ser la siguiente:

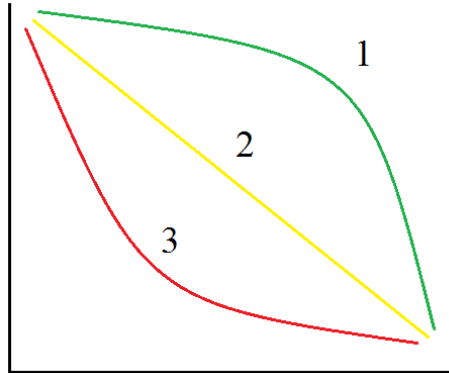


Figura i.3. Curvas que representan: 1: Relieve reciente mayor actividad erosiva; 2: Relieve modelado, equilibrio entre erosión y depositación y; 3: Relieve erosionado mayor depositación de material. Fuente: Elaboración propia con base en Miranda, 2006.

Con esta gráfica se representa las elevaciones del terreno en función de las superficies correspondientes, además de permitir calcular la elevación media de la cuenca

### 3) Mapa de órdenes de drenaje

De acuerdo con Lugo (1988) la elaboración de estos mapas es muy simple, aunque exige que el territorio cubra por lo menos una cuenca fluvial completa. A partir de esta carta se puede proceder a la elaboración de otras. En un caso, semejante al de densidad de disección, se necesita tener corrientes de un mismo orden las otras mediciones; así puede resultar, tres o más cartas de este tipo para una misma región. Como se muestra en la siguiente Figura i.4.

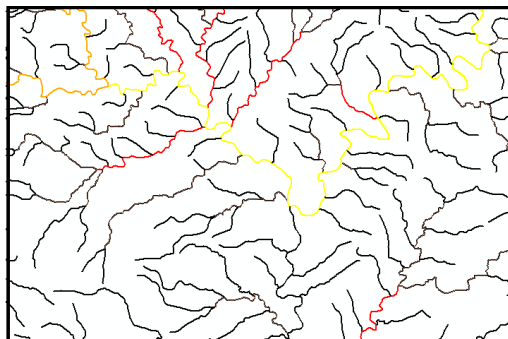


Figura i.4. Ejemplo de una carta de Órdenes de corriente de la carta E14B33 Tlaxcala  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los criterios de Espinosa (2011) la carta de órdenes del drenaje se obtiene a través de un procedimiento que clasifica corrientes fluviales en órdenes numéricos en donde, el análisis de la configuración del relieve se realiza mediante los elementos considerados en

la obra fotogeológica de Guerra (1980), que describe las relaciones existentes entre las características espaciales de la distribución del drenaje y de textura, que corresponde a condiciones geológicas particulares.

En esta carta explica la forma de evolución del relieve, y saber el proceso fluvial de los órdenes de drenaje, ya que los ríos de primer orden son erosivos, las de segundo orden son acumulativos y las de tercer orden en adelante son erosivos acumulativos.

#### 4) Mapa de Cuencas

Para el estudio de las cuencas, se utilizara para analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de la cuenca, en valores numéricos, es de gran utilidad ya que permite el estudio de la semejanza de flujos de diferentes tamaños (Ruiz, 2001).

Según Horton dice que para medir la forma de la cuenca es expresado por

$$Rf = \frac{A}{La^2}$$

Dónde:

A: Área de la cuenca en km<sup>2</sup> medida con malla de puntos, planímetro

La: Longitud axial expresada en km

#### 5) Mapa de densidad de la disección del relieve

De acuerdo con Lugo (1988) se realiza con un mapa topográfico, al marcar todos los talwegs, en divisiones de cuadros de 1 km por 1 km, luego medir la longitud de todos los talwegs, se crea el trazado de líneas que unirán puntos de igual valor, y se puede emplear los mismos colores que el mapa altimétrico que parten de verde hasta el negro. El mapa puede terminarse en color, de acuerdo con la jerarquía utilizada en el mapa hipsométrico. Como se muestra en la Figura i.5.



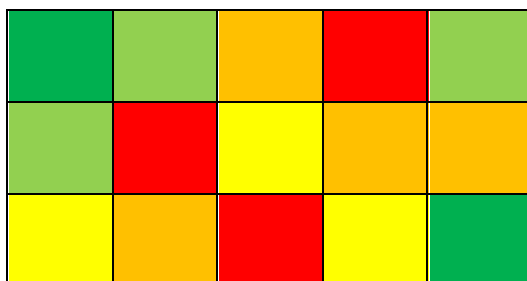


Figura i.5. Colores para la carta de densidad de disección del relieve.  
Fuente: Elaboración propia

Y en complementación con Miranda (2006) por medio de esta carta se puede expresar de forma visual, la cantidad y media lineal de corrientes (tanto perennes como intermitentes) y con ello inferir la predominancia de procesos endógenos y/o exógenos, la clasificación de estructuras con base en la antigüedad de las geo formas, la debilidad estructural provocada por fallas y fracturas, así como también la resistencia a la erosión del material de los estratos rocosos.

#### 6) Mapa de Energía del Relieve

De acuerdo con Miranda (2006) en este mapa se realizará como el de densidad de disección, hecho por una cuadrícula, al tomar en cuenta las curvas maestras y auxiliares, reducir las máximas y mínimas de altura para obtener los rangos, y de igual manera utilizar los colores de cálido a frío.

Este método consiste, también, en dividir un mapa en figuras geométricas iguales. En cada una de ellas se obtiene la diferencia máxima de alturas (en metros) y se anota el valor en el centro de la figura. Se puede considerar que la dificultad consiste en elegir los valores en de las superficies en que se subdivide el mapa, para lograr una información satisfactoria. Como se muestra en la Figura i.6.

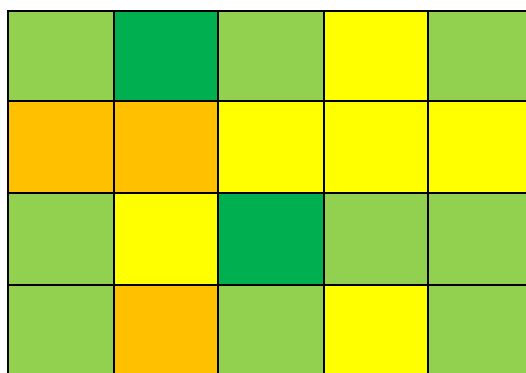
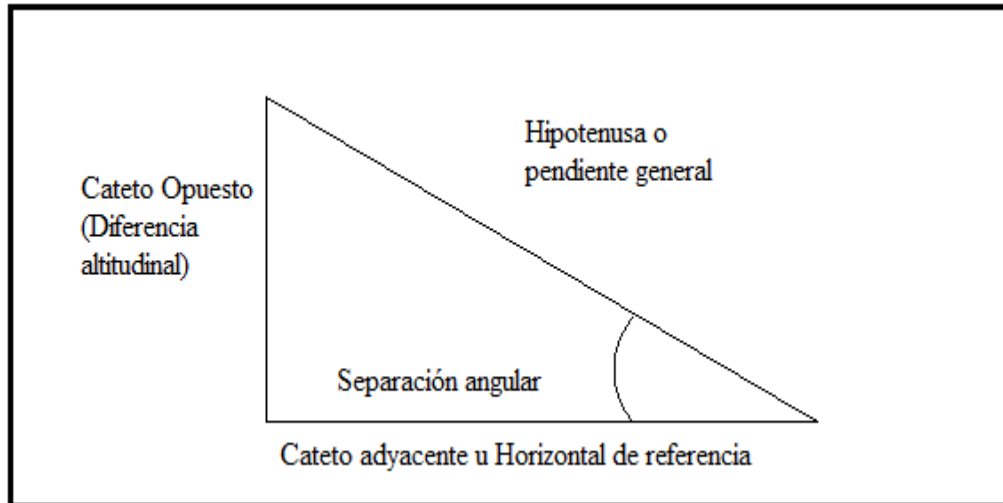


Figura i.6. Colores para la carta de Energía del Relieve  
Fuente: Elaboración propia

La energía del relieve expresa, al tratarse de grandes territorios cartografiados, la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena. Los altos valores de energía pueden corresponder a zonas de mayor actividad tectónica; en caso contrario a otras más estables. Es evidente que problemas semejantes no se resuelven por la elaboración de un mapa morfo métrico de este tipo, pero si puede ser una buena ayuda y complementarse con otros estudios: geológicos, tectónicos, sismos etcétera.

#### 7) Mapa de Pendientes

De acuerdo con Miranda (2006) la finalidad es reconocer de manera visual y clasificar en forma horizontal el valor numérico de inclinación general de la pendiente entre una y otra curva de nivel, al tener los datos de separación angular entre la pendiente general y la horizontal de referencia, permite también la identificación de unidades geomorfológicas, escalonamiento del terreno, ruptura de pendientes, erosión areal, identificación de procesos acumulativos o denudativos. El registro de esta información puede ser expresado en porcentaje o grados. Los pasos para la elaboración se describen a continuación:



- 1) Obtener la constante de la variable de la escala vertical de la carta base por medio de la siguiente formula :

$$CEV = EQ/DH$$

CEV: constante de la variable en la escala vertical

EQ: equidistancia entre las curvas de nivel maestras

DH: escala horizontal de representación

- 2) Se determinará el número de rangos en el ángulo de inclinación de la pendiente a representar, estos elementos dependerán del objetivo en el trabajo y la complejidad del terreno.

Planicie acumulativa	Piedemonte			Sistemas orográficos	
	Bajo	Medio	Alto		
0-3 grados 0% - 6.6%	3- 6 grados 6.6% - 13.3%	6-15 grados 13.3% - 33.3%	15-30 grados 33.3% - 66.6%	30-45 grados 66.6% - 100%	Más de 45 grados 100% - 200%
Verde	Amarillo	Naranja	Rojo	Café	Negro
Deposito	Depósitos- erosión- deposito	Deposito- erosión	Erosión- deposito- erosión	Erosión	Erosión

- 3) Con la finalidad de generar una tabla que nos ayude a establecer de forma manual la clasificación de la pendiente sobre el mapa base, una vez que los rangos han sido obtenidos, a cada uno de ellos se aplica la siguiente fórmula:

$$M = (CEV/\tan \alpha) 100$$

M= distancia gráfica del rango a representar

CEV= constante de la variable en la escala vertical (obtenida con antelación)

Tan  $\alpha$  = tangente del ángulo perteneciente al rango a representar

- 4) Una vez obtenidos los datos por el procedimiento anterior, se diseña una tabla de escala de color, a la cual se transfieren los valores y se colorean al reconocer el área respectiva; para este material puede ser utilizado por un fragmento de papel milimétrico. Se asocian los rangos a los colores, a partir de los fríos hacia los cálidos: verde, amarillo, naranja, rojo, café y negro, de tal manera que las áreas de menor porcentaje o grado de pendiente se asocia a tonalidades de verde, y las de mayor pendiente se relacionan con color negro.
- 5) Se coloca la tabla de escala de color en forma perpendicular entre curvas de nivel maestras y se colorea el área existente entre dichas isólinas con respecto al color.

#### 8) Mapa de Lineamientos

Es un método con amplia aplicación en la geomorfología. Los lineamientos son posibles estructuras geológicas (ejes de pliegues, grietas, fallas) con expresión en el relieve. Los métodos en gabinete permiten un avance considerable en el estudio de una región, antes de las verificaciones directas en campo, y consiste en lo siguiente:

Elaboración de mapas: en un mapa topográficos, de preferencia en escala grande (1:50 000) se trazan todos los posibles lineamientos; si se cuenta con el apoyo del mapa geológico esta tarea se simplifica, aún más.

Una vez que se tenga el mapa preliminar de lineamientos, se puede proceder de distintas maneras. Este puede subdividirse en una serie de figuras geométricas iguales o en zonas que se presentan distintas características geológicas. Después se puede cuantificar los lineamientos, sea por longitud total entre unidad de superficie o por cantidad en superficies iguales. De aquí pueden resultar mapas que muestran en forma clara las zonas con mayor y menor intensidad de fractura. Sin embargo siempre es necesario considerar todos los factores que pueden influir en el proceso de la fractura, como es la litología.

La elaboración de los mapas puede considerar no todos los lineamientos sino, a criterio, seleccionarse lo que determina orientación o dimensiones longitudinales mínimas, etcétera. Pueden ser también mapas complementarios al principal.

Las zonas de mayor fractura, pueden corresponder a crestas de formas plegadas, a domos, zonas de falla, intersección de grietas o fallas de grandes dimensiones, etcétera. Por esto son un apoyo importante en los estudios morfo estructurales y tienen aplicación en los trabajos preliminares de geotecnia, exploración de yacimientos minerales y estructurales petrolíferas.

#### 9) Mapa de Rosa de fracturas

Entre los métodos de la geología estructural hay varios para representar las grietas, que refleja una gráfica de cantidades de grietas en una determinada dirección. Estas gráficas pueden elaborarse tanto en gabinete como en campo. Para el primer caso se eligen zonas en la carta de lineamientos en las que determina la orientación (es suficiente con respecto al norte) de todos los lineamientos reconocimientos en el mapa. Al obtener valores en una hoja de papel polar el trabajo se simplifica aún mejor. Una vez que se cuenta con todos los datos necesarios se establece una escala proporcional en milímetros o centímetros que corresponden a una determinada cantidad de lineamientos con orientación en un intervalo de 10 grados. Es conveniente que la cantidad de mediciones para la elaboración de una rosa, por lo menos se aproxime al centenar. Figura i.7.



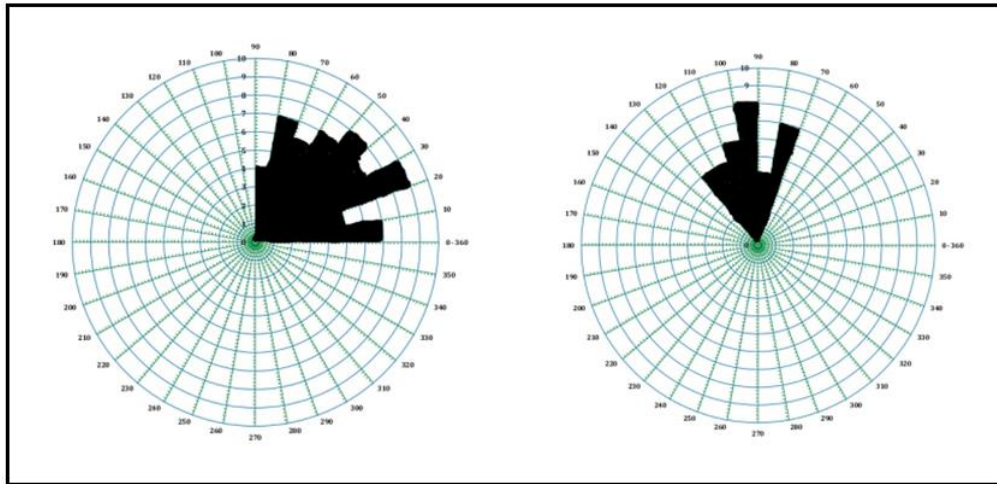


Figura i.7. Rosas de fractura con orientación general ENE (izquierda) y NNW (derecha).  
Fuente: Elaboración propia.

#### 10) Mapas de Bloques

Está se elabora al subdividir una región en lineamientos que se trazan con observaciones de fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas topográficos y geológicos y reconocimiento de campo. Se basa en el principal que sostiene movimientos de bloques y la actividad exógena que provoca determinada presión en el relieve: montañas y planicies escalonadas, alternancia de elevaciones y depresiones, cadenas montañosas paralelas con distintos niveles altitudinales, etcétera. En el momento que se tiene un control de lineamientos principales, queda a criterio del ejecutante el mapa a establecer y los bloques se han de representar.

#### 11) Perfil Geomorfológico compuesto

Permite distinguir cambios o rupturas de pendientes, e indican la variación de material o contactos litológicos, niveles de base, disección lineal y depositario de material den tritio en valles fluviales o abanicos aluviales, hasta la colocación de estructuras disyuntivas o aplicadas en el terreno, y de estas últimas puede saber si mantienen un actividad constante o nula, y por otro lado se puede notar si en el sistema tiene un equilibrio entre los procesos endógenos y exógenos, o cuál de ellos es predominante, esto con la finalidad de inferir la posible evolución de geo formas. Así también dan pauta a la clasificación de unidades geomórficas y litológicas relacionadas con la morfometría y geometría del relieve.

Dentro de los tipos de perfiles, se eligió el longitudinal para ser realizado a lo largo del parteaguas principal de la zona de estudio en este trabajo, con el fin de ver el comportamiento, forma y elementos del sistema orográfico predominante. La metodología empleada en la elaboración de dicho documento es la manejada por Ortiz (1990), y que es redactada en forma general continuación.

- Por medio de las geoformas representadas en la carta topográfica se identificarán las secciones orográficas principales y de mayor altitud
- Se interconectan las simas de las geoformas por medio de líneas rectas al considerar de igual manera el parteaguas e interfluvios
- En tiras de papel se colocan a lo largo de las líneas marcadas de parteaguas, se registran las curvas de nivel con la respectiva acotación
- En una hoja de papel milimétrico se traza un sistema de coordenadas X,Y en el primer cuadrante
- En la sección de X (respetar la escala horizontal del mapa, 1:50 000) se traslada la información de las curvas de nivel que se encuentran en las tiras de papel
- En la sección de Y, se selección una escala vertical de representación, con la finalidad de exagerar de forma moderada los rasgos del relieve y obtener la información que se ha mencionado con anterioridad
- En la parte inferior del perfil antes realizado se elaboró otro, pero en esta ocasión la escala tanto horizontal como vertical se manejan 1:1, esto significa que tendrán el mismo valor (1:50 000) se marcan los rasgos tectónicos (fallas, fracturas y plegamientos) y se dividen las áreas en diferentes tipos de rocas de las capas geológicas someras y se colorean con tonos que se asemejen a los sustratos originales
- En la parte superior de ambos perfiles se colocan dos barras horizontales, en cada una de ellas se registra información referente al clima, y edafología en forma respectiva y de igual manera se ilumina con asociaciones de color a la realidad

Según Ortiz, 1990 Para elegir la trayectoria adecuada de los perfiles se seleccionará previo al número de transectos y el diseño de posibles trayectorias en función de:

- La complejidad geomórfica que arroje la fotointerpretación previa. El trazo debe seguir la franja de mayor interés geológico- geomorfológico, sin necesidad de guardar el trazo recto en los transectos
- La amplitud del área considerada
- La distribución y disposición altitudinal del complejo orográfico
- La disposición y orientación del drenaje con referencia a la ubicación de los niveles de base locales, a partir de los cuales se diseña el relieve
- La frecuencia y concentración de rupturas de pendiente de las laderas

$$Rp = \frac{n \times 100}{L}$$

Donde Rp es el índice de ruptura de pendiente

N: Es el número de rupturas de pendiente

L: Es la longitud de la ladera

Cuanto mayor sea el resultado, mayor es la concentración de rupturas en función de la longitud de las vertientes o los flancos de cualquier estructura.

Las rupturas de pendiente será, para el caso que nos ocupa de vital importancia para reconocer los mecanismos morfogenéticos clasificados en tres tipos: tectónicos, litológicos y erosivos.

La correlación de perfiles geomorfológicos en donde se observara todas las superficies de nivelación, las rupturas de pendiente y carácter estructural, litológico, erosivo y acumulativo.

Antecedentes

Aristóteles basado en la idea de los elementos básicos agua, aire, tierra y fuego, son adoptados por una sustancia única “la materia”, puede transformarse conforme a las circunstancias de frío y calor. De Pedraza (1996) “*Ese principio de transformación, lo utilizó para explicar las aguas que <contenía el interior de la Tierra> y eran expulsados por los volcanes y manantiales. En lo que puede considerarse un <ciclo hidrológico primario>, relacionó lluvia e infiltración consecuente, con ríos y manantiales; es decir, las aguas de éstos últimos procedían de las primeras.*”

Después Herodoto y Estrabón geógrafos y naturalistas describieron los fenómenos naturales, paisajes y población de diferentes regiones; para concluir con Leonardo Da Vinci en (1452-1952) con la experimentación, observación y análisis para las Ciencias de la Tierra. Mientras tanto otros científicos investigaron sobre los elementos naturales como lo es Euler, Saussure, Curvier por mencionar algunos. Hutton quien condujo la formulación del principio general de “causas”, con especialización sobre dos campos para la dinámica interna (procesos endógenos) y la dinámica externa (procesos exógenos); los cuales son de importancia al explicar las formas del relieve.

A finales del siglo XVII Hutton realizó ediciones como “*La teoría de la Tierra*” en 1788, “*Principios de la geología*” en 1830 y todo esto lo sintetizó en una simple frase “*el presente es la clave del pasado*”, esto quiere decir que las formas del relieve se generan por procesos similares a los actuales (Pedraza, 1996). Alrededor del siglo XIX aparece los primeros textos sobre geomorfología, en 1899 Willian Morris Davis quien publicó en la revista *Geographical Journal*, dio un significado al primer método de análisis geomorfológico que trata del “*ciclo geográfico*”, también denominado con posterioridad “*ciclo del relieve*” y “*ciclo de erosión*”.

Entonces los geólogos Powel, Gilbert y Dutton sistematizados por Davis en el siglo XX “*cada relieve parcial y cada paisaje de extensión regional se considera producto de cambios lentos, de una transformación continua, pues sólo intersecta en la totalidad de la evolución producida en el curso de la historia geológica*”. (Polaski, 1974).

Resulta oportuno mencionar que la cartografía tuvo un gran desarrollo en Europa y en desde el siglo III y hasta el XIV hubieron grandes innovaciones sustanciales como las cartas de navegación marina hechas por los hombres que recorrían el Mediterráneo y los mares vecinos.

Hasta llegar a perfeccionar la cartografía, en la mayor parte el siglo XVI dominó la escuela italiana, la escuela holandesa que fue la principal en el siglo XVII, y a finales del mismo destacó la escuela francesa.

En el siglo XIX el avance de la cartografía se dio en países poderosos desde entonces, se dominó los mares y continentes lejos: Portugal, Italia, Francia e Inglaterra y fue la de este último país mayor destacado. Luego a principios del siglo XIX Humbolt hizo una contribución importante con el método utilizado para representar isolíneas en un fenómeno meteorológico, al elaborar los primeros mapas de isotermas anuales.

Después el primer Atlas General (mundial) es el *Hand-Atlas*, que se publicó por partes de 1817 hasta 1830, logró una popularización que fue superado en lo cualitativo y cuantitativo, con la necesidad de conocer y divulgar información sobre el territorio con mapas en temas físicos y sociales, al requerir con posterioridad la actualización permanente.

Por ello desde los inicios del siglo XIX se realizaron levantamientos topográficos al haber un avance importante en la cartografía global, y el empleo de la cartografía temática en la geografía física y humana. En el siglo XX, la cartografía experimento una serie de innovaciones importantes técnicas como lo es la fotografía aérea que se desarrolló en la Primera Guerra Mundial que se utilizó más tarde para la elaboración de mapas durante la Segunda Guerra Mundial.

Como se mencionó en párrafo anterior a continuación se mencionaran algunos personajes importantes que ayudaron a la contribución de la cartografía los cuales son:

- Martin Waldseemüller: Geógrafo alemán, fue el primero en designar con el nombre de América a las tierras transatlánticas recién descubiertas, así mismo los planisferios

de Salviatti y de Castiglione en 1525, son importantes documentos de la cartografía en la época en la cual se basaron mapas posteriores. El mapa de Waldseemüller fue impreso en 12 hojas separadas, fue de los primeros en que separaron con claridad Norteamérica y Sudamérica de Asia.

- Abraham Ortelius: Cartógrafo flamenco, quien publicó el primer atlas moderno, en 1570 publicó *Theatrum Orbis Terrarum*, considerado el primer éxito comercial inmediato, la primera versión contenía 70 mapas, 56 de Europa, 10 de Asia y África y uno de cada continente. También estableció un orden lógico de los mapas: mapamundi, Europa, Asia, África, Nuevo Mundo, por lo que también tuvo gran éxito que fue editado en diversos idiomas y no paro de actualizarse y mejorarse hasta 1612. Y en 1575 Ortelius fue nombrado geógrafo de Felipe II, que le permitió acceso a los conocimientos acumulados por los exploradores portugueses y españoles.
- Gerhardus Kremer “Mercator”: Geógrafo y cartógrafo de origen germano- holandés, se hizo famoso a nivel mundial por un gran mapa de Europa, en 1569 utilizó el sistema de proyección de mapas que más tarde se bautizó con el nombre mismo, que se trató de una representación cilíndrica con meridianos rectos, paralelos y círculos de latitud igual, esta proyección se sigue en la actualidad, al considerarse como uno de los mayores cartógrafos de la época de los descubrimientos, al dar como resultado el mapa del mundo que resultó de valor incalculable para todos los navegantes. Al mismo tiempo ayudó al aumento de terminaciones con mayor precisión en la latitud, longitud y los cálculos sobre el tamaño y forma de la Tierra.

Los mapas llegaron a alcanzar un alto grado de perfección, al pasar de la cartografía general por ejemplo los mapas de carreteras o de ciudades, etcétera, que se requiere de actualización periódica, hasta la cartografía temática como lo es el uso de suelo de forestal a agrícola, que son los más representativos.

Por otra parte se realizaron más mapas temáticos en la geografía física, como el mapa geomorfológico que representa el relieve terrestre, al expresar las formas y los procesos que

actúan sobre la superficie de la Tierra, a través de colores y símbolos en contenidos morfométricos, morfológicos, al incorporar unidades territoriales.

Después en el siglo XX a partir de la Segunda Guerra Mundial, en España, surge la cartografía geomorfológica moderna en las últimas décadas se ha publicado mapas geomorfológicos de manera sistemática (Pérez, 2003). Las primeras aproximaciones se realizaron después de la Segunda Guerra Mundial, por la Academia de Ciencias de Polonia que establece un mapa de todo el país a escala 1:50, 000, al continuar con el interés en la cartografía geomorfológica con otros científicos de España, al destacar el grupo del Departamento de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Zaragoza, dirigido por el Profesor S. Mensua. Tricart (1981).

*“La cartografía geomorfológica aporta a la representación de las formas del relieve una explicación genética, combinando la expresión gráfica de los factores estructurales, características litológicas y disposición tectónica de las rocas con los resultados del modelado de las rocas con los resultados del modelado de los agentes de la meteorización.”* (Palacio, 1996).

Los mapas geomorfológicos destacaron la importancia de las formas relevantes del relieve, que constituyen la originalidad del territorio cartografiado, a nivel internacional surgen sistemas nacionales de cartografía geomorfológica, de las cuales son de la escuela francesa, holandesa y polaca. Se fundaron convenciones internacionales promovidas por la Unión Geográfica Internacional (UGI) para buscar una unificación internacional. Como se muestra la Tabla i. 2. Para la parte fundamental en la interpretación del relieve, el trabajo de la geomorfología es la observación directa de las formas que tiene el terreno y así poder interpretar las principales funciones que tiene el paisaje. Al estudiar el sistema geomórfico se divide en dos procesos, que son los procesos endógenos internos (tectónica y vulcanismo), exógenos externos (fuerzas climáticas).

Leyendas Geomorfológicas		
Leyenda	Escala	Características
Rusa	1:250, 000 y 1:50, 000	Es de las más complicadas incluye más de 500 símbolos divididos en dos grupos: los grupos de formas y las formas individuales, las formas se representan con simbología de acuerdo al proceso y se le atribuye un color según la edad geológica. La escuela rusa centra el desarrollo de la cartografía en el origen y la edad de las formas, y desecha el aspecto descriptivo del relieve.
Checoslovaca	1:25, 000 y 1:50, 000	La leyenda se basa en una clasificación genética de acuerdo con el origen estructural, erosión- denudación, acumulación y antropogénico. Se utiliza color de acuerdo al origen y la edad geológica, en este caso la geología se representa con puntos achurados o líneas punteadas.
Polaca	1:50, 000	Generada por Tricart (1962), los mapas polacos son considerados como los mejores por la presentación y por la lectura. Esta leyenda puede distinguir tres periodos geológicos (Neógeno, Pleistoceno y Holoceno): tres valores de pendiente (<4, 4-20, >20) y también los procesos, con base en el color excluye la litología y con específica la edad de los depósitos.
Francesa	1:25, 000 y 1:50, 000	Se compone de 565 símbolos, la litología se representa con color, las formas del relieve se representan por símbolos de acuerdo con el procesos formador, al símbolo se le aplica color para indicar la edad. La simbología enfatiza en la litología, la génesis y la edad, es una de las más legibles, muestra claridad e interpretación, pero no incluye valores de pendiente.
Belga	No se precisa	Desarrolla por el profesor F. Gullentops (1964) le da mayor importancia a la pendiente y está representada por achurados de acuerdo al valor de la densidad, los procesos son identificados por símbolos (líneas y puntos) y se les aplica color según la edad.
Canadiense	No se precisa	Esta se basa en la escuela Belga, enfatiza en la representación de la pendiente del terreno, aunque con la modificación, el grado de pendiente se relaciona con el grueso de la línea. El origen y la forma del relieve se representa por símbolos y la litología se excluye del mapa principal (se incluye en un mapa de escala menor).
Española	1:25, 000 a 1:1, 000,000	Destacan los trabajos de carácter regional en las diferentes provincias como la de Zaragoza en la cual se elaboran mapas geomorfológicos aplicados, temáticos y de riesgo, al ser estos últimos los que contienen una base teórica y práctica.

Tabla i.2. Características generales de leyendas geomorfológicas en el mundo.

Fuente: Modificado de Martínez (2004).

### Antecedentes de trabajos similares

Por otro lado en México la representación espacial del territorio fue una necesidad para los primeros pobladores, quienes se dieron a la tarea de crear documentos gráficos, en los cuales utilizaron elementos que ilustraban la vida cotidiana (Ver Tabla i.3).



Mapas antiguos de México		
Representación	Año	Características
Códice de Xolotl	Inicio del Siglo XVI	Documento representativo de la cultura náhuatl de la región de Texcoco, es quizá el Códice Xolotl, el cual por el contenido es considerado de índole geográfica-geológica; constituido por 10 láminas, fue dibujado en tiempos de Nezahualcóyotl por los tlacuilos Cemilhuitzin y Quauhquéchol.
Mapa de Sigüenza	Siglo XVI	Este códice de carácter cartográfico- histórico representa la peregrinación mexicana desde Aztlán hasta el sitio donde fue fundada Tenochtitlán.
Fracción meridional de América	1542	En este mapa el norte apunta hacia la parte inferior, circunstancia por la que se ven a forma invertida el litoral del Golfo de México, la Nueva España, en donde Yucatán aparece en calidad de isla, Cuba, América Central y una pequeña porción occidental de América del Sur.
Tenxtilán	1560	Este mapa fue elaborado por el rey Carlos V y Alonso de Santa Cruz; quienes representan en el plano la urbe mestiza en todas direcciones de canales y calles de tierra, protegidas de las aguas por el abarradón de San Lázaro, al no faltar las piraguas tripuladas por indios pescadores y cazadores de pájaros.
Hispaniae novae sive magae, cecens et vera descriptio	1549	Abraham Ortelius representa la parte occidental de la Nueva España en la cual llama la atención la riqueza toponímica y la laguna se delinea en la costa de Nayarit e indica las coordenadas geográficas.
Carib and Gulf of México	1640	Este mapa es uno de los más representativos Joan Oliva quien introduce un nuevo tipo de cartas a las que se conoce como portulanos, para la elaboración se apoyó de la brújula del astrolabio. Una de las características principales es la presencia de varias rosas de los vientos de las que irradia una de rumbos se encuentran orientados al norte magnético y cuentan con varias escalas, entonces llamadas troncos de lenguas, anotados en diferentes lugares de la carta.
Forma y levantado de la Ciudad de México	1628	Juan Gómez de Transmonte, elabora una vista plano de la ciudad capital de la Nueva España.
San Juan Juautla	Siglo XVII	Describe la región de San Juan Juautla, Puebla. Indica la posición geográfica de lugar Coyometeuti y Coyomeapan al norte, Santiago Tecaltzigo, Huehuetlán (Puebla) y Yuacotepeque al oriente. Por estos datos sabemos que la región representada se encuentra en los actuales límites de los estados de Puebla y Oaxaca.
Mexico of New Spaine	1679	John Seles en la división territorial registró las provincias mayores y menos, omite otras que fueron capital de importancia dentro de la historia colonial. Se observa que el septentrion novohispano carece de todo tipo de información geográfica a pesar de las expediciones europeas.
Plano iconográfico de México que demuestra el centro principal de barrios	1793	En la época colonial la población de la ciudad de México se encontraba ubicada en el núcleo urbano denominado Traza; para un mejor desarrollo de este lugar se levantaron varios planos iconográficos.

Mapas antiguos de México		
Representación	Año	Características

Carta General de la República Mexicana	1857	Antonio García Cubas, representa la división política dispuesta por la constitución de 1857:24 estados, un territorio y la cesación de los territorios de la Isla del Carmen, Tehuantepec y Sierra Gorda. En la misma constitución se decretó la unión de Coahuila y Nuevo León en la carta no aparecen las entidades de Morelos, Hidalgo y Nayarit.
Carta Política	1885	En el siglo XIX el geógrafo Antonio García Cubas muestra interés por el estudio y la difusión de la cartografía nacional. La división territorial se aproxima a la actual, con excepción de Quintana Roo, que aún no aparece. En la obra “Atlas pintoresco e histórico de los Estados Unidos Mexicanos”

Tabla i. 3. Historia de la Cartografía en México (modificado de Juárez y Castañeda 2002)

Así mismo en México la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en el Instituto de Geografía, en la página de internet contiene un apartado disponible al público en general que realizó un Atlas llamado “*Atlas Nacional de México (1990-1992)*” que cuenta con mapas digitales de todo el país, con diferentes temas que son Geología, Relieve, Clima, Agroclimatología, Hidrogeografía, Edafología, Biogeografía, Oceanografía y Regionalización física, los mapas morfométricos fueron realizados por Lugo Hubp, Aceves Quesada y García Arizaga, como se muestra en la Figura i.7, i.8. Que contiene un apartado que dice “*Los mapas se elaboraran a partir de 2200 valores, cada uno corresponde a la altura máxima absoluta obtenida en el mismo número de mapas topográficos, escala 1:50 000 que cubren la República Mexicana.*”

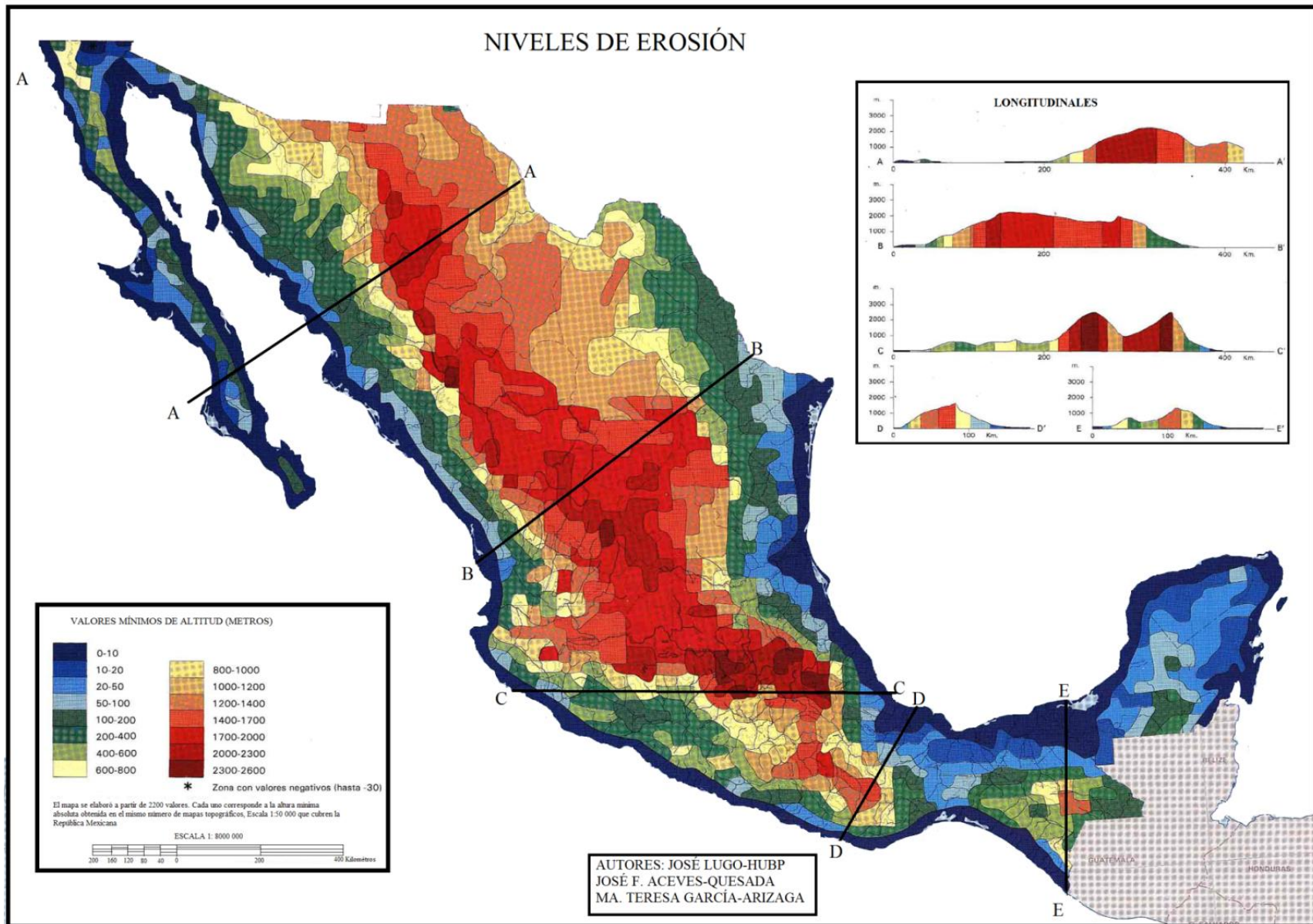


Figura i.8. Mapa de Erosión  
 Fuente: Lugo, et al (1990-1992)

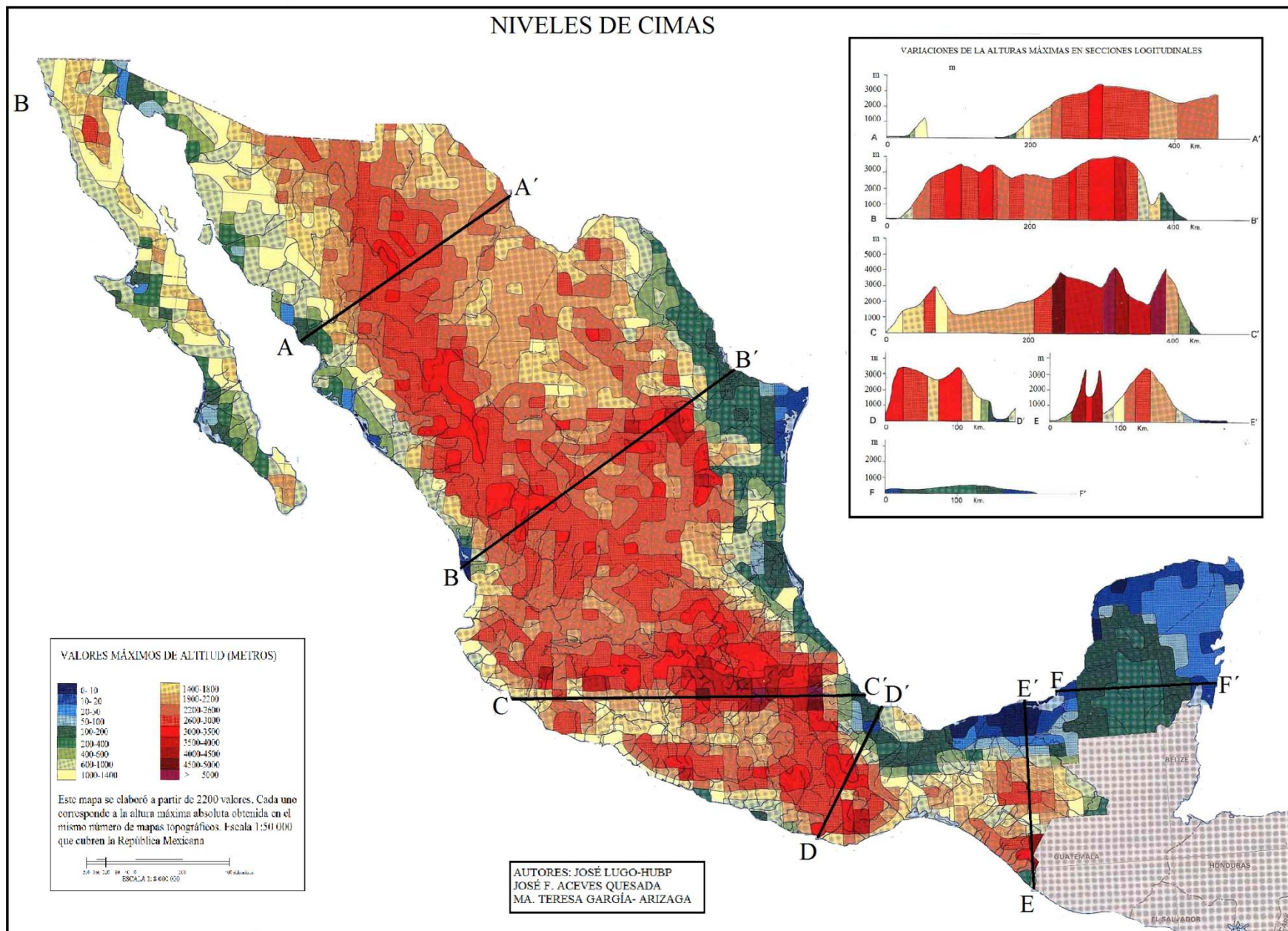


Figura i.9. Mapa de Cimas  
Fuente: Lugo, et, al (1990-1992)

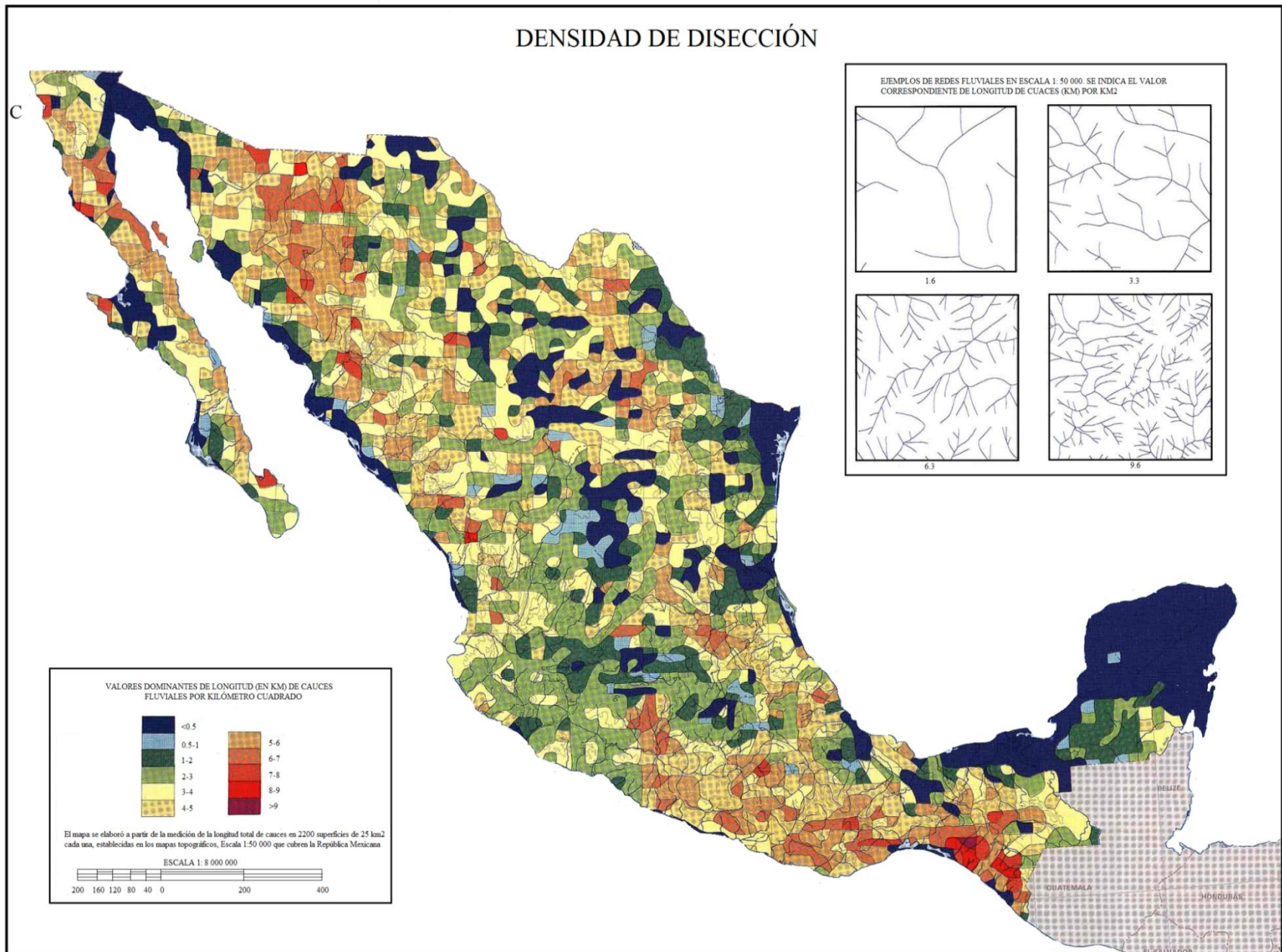


Figura i.10. Mapa de Densidad de Disección  
Fuente: Lugo, et, al (1990-1992)

# PROFUNDIDAD DE DISECCIÓN

D

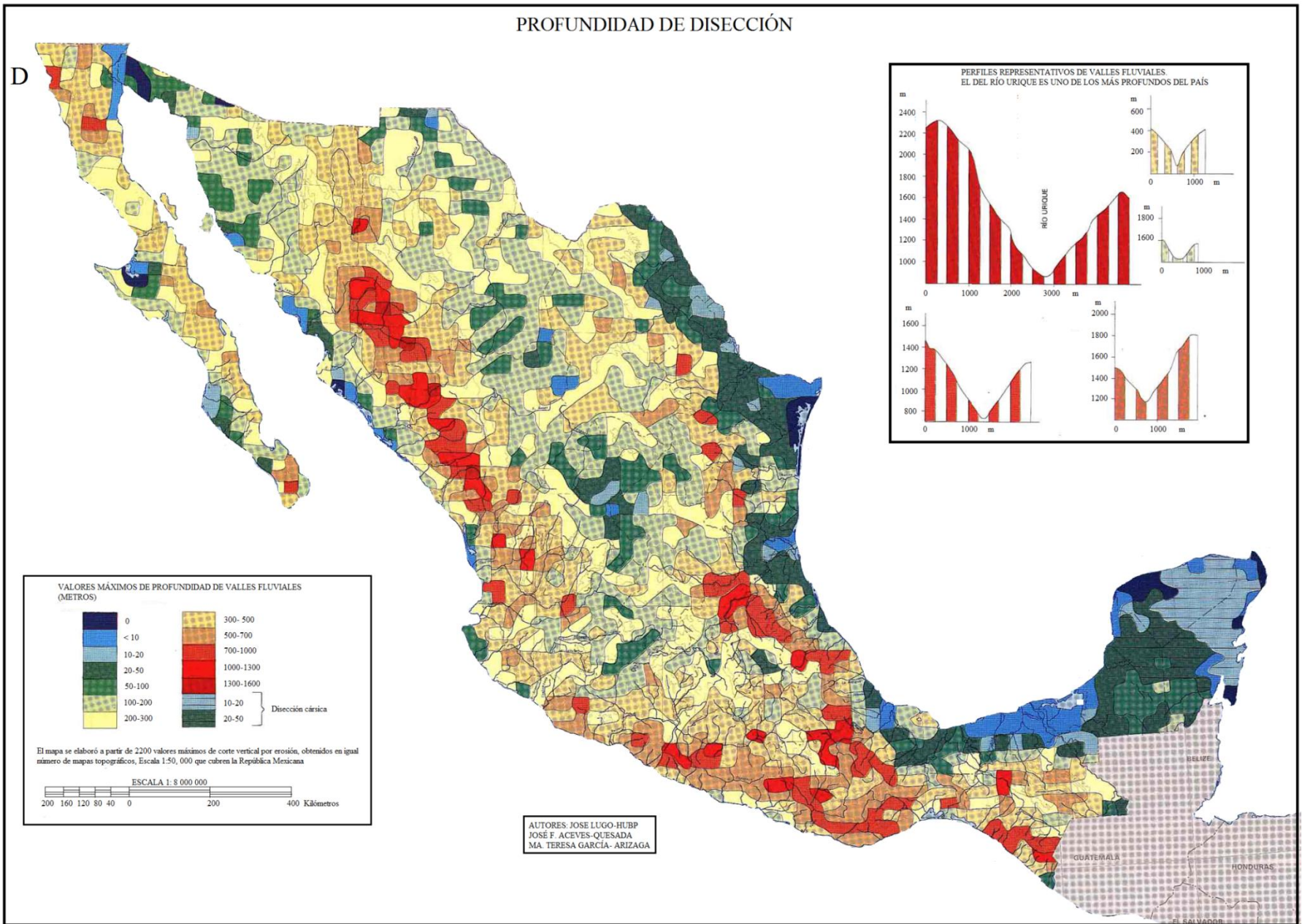


Figura i.11. Mapa de Profundidad de Disección  
 Fuente: Lugo, et al (1990-1992)

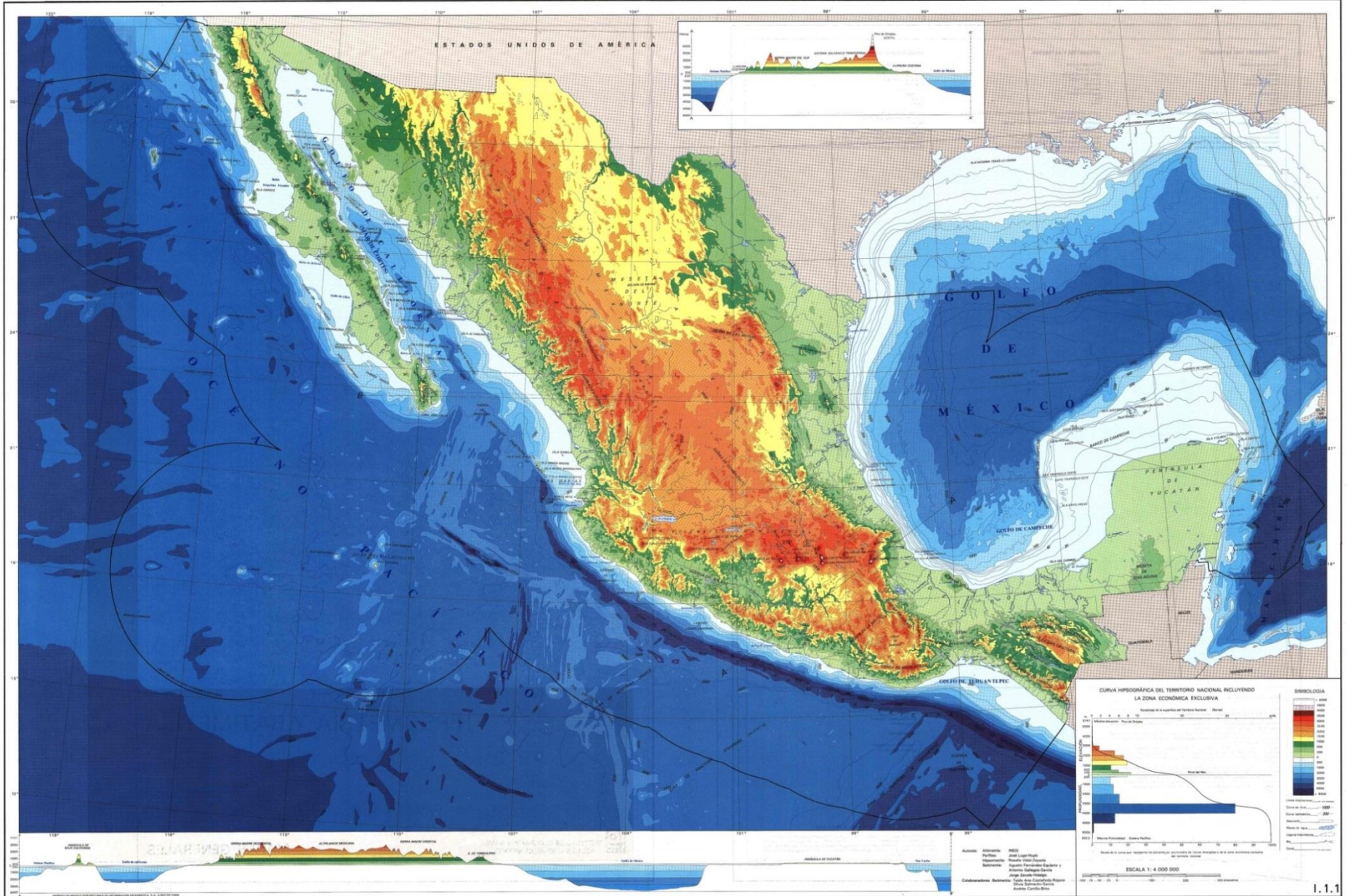
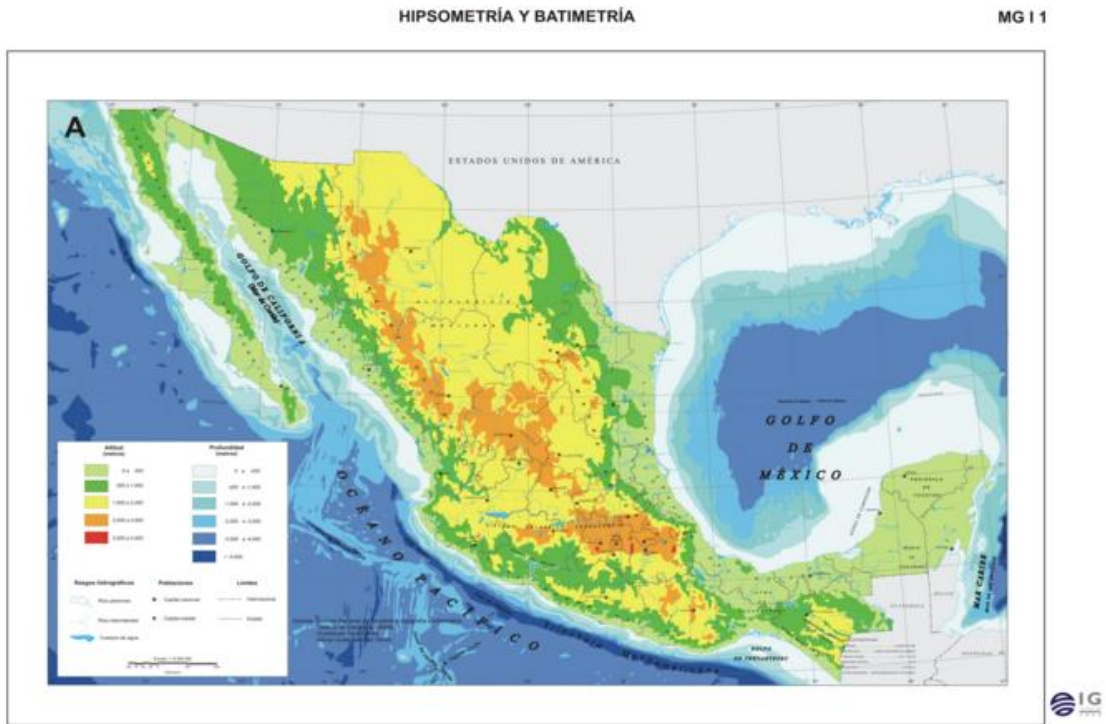


Figura i.12. Mapa de Hipsometría y Batimetría

Fuente: Lugo (1990-1992)

Años posteriores en el 2007 también se realizó un Atlas Nacional de México para el área geográfica los cuales son hipsometría y batimetría, Topografía, y la división político-administrativa de los Estados Unidos Mexicanos. Como se muestra en las siguientes figuras i.13. & i.14





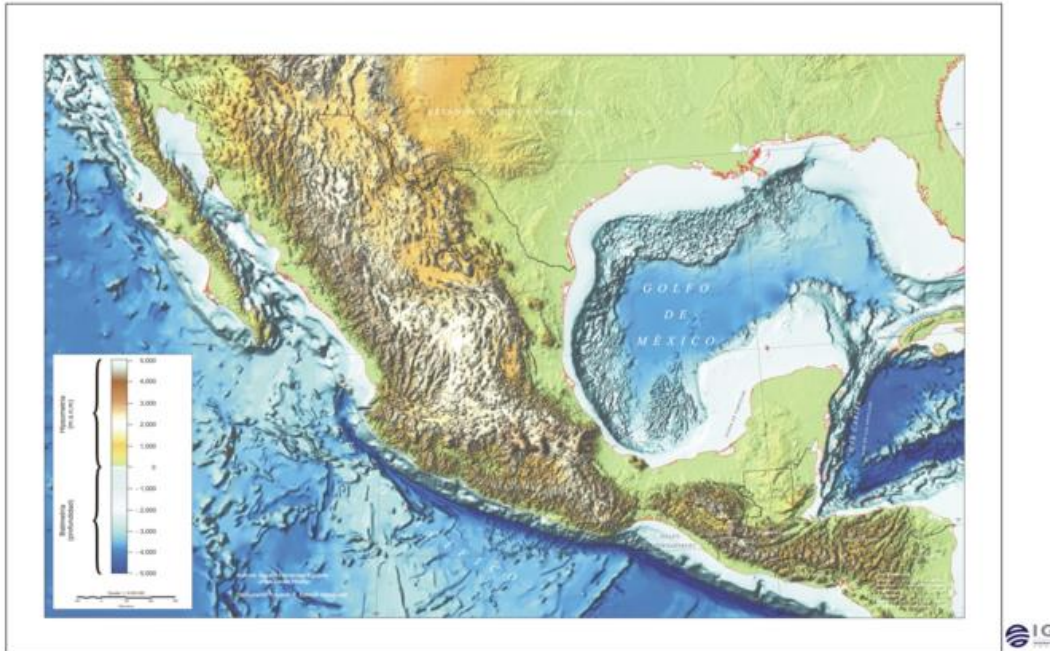


Figura i.14. Modelo de Elevación del Terreno Nacional y áreas adyacentes  
Fuente: Fernández & Zavala (2007)

### Antecedentes de trabajos en la zona de estudio

A nivel local, en la revisión bibliográfica no se han encontrado trabajos referentes a la cartografía geomorfológica, y uno de los pocas publicaciones realizadas cerca del lugar de estudio es realizado por Tapia y López en el Departamento de Geografía Física en el Instituto de Geografía de la UNAM que lleva por título *“Mapeo Geomorfológico de la porción central de la Cuenca de México: unidades morfo genéticas a escala 1:100, 000”*, se menciona que la cuenca de México pertenece 47 municipios del Estado de México, 5 de Puebla y 2 de Tlaxcala, y para la realización se tomó los aspectos importantes como es el origen, tipo, edad, litología y clases geométricas del relieve, a fin de obtener el mapa final de unidades morfo genéticas, para el desarrollo en la toma de decisiones y evaluación de los peligros que se pueden ocasionar.

Debido al riesgo de los fenómenos naturales en la nota *Todo Tlaxcala* dice que *“De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) todos los*

*municipios están considerados en el índice global de riesgo alto y muy alto ante los fenómenos naturales”*

En conclusión se hace mención que a Dependencia Federal ubicó a un total de 60 municipios entre ellos las zonas urbanas, semiurbanas y rurales que pueden llegar a tener daños por contingencias climáticas, para tener recursos con la elaboración y/o actualización del Atlas de Riesgos, así como los reglamentos de construcción, tratamiento de grietas y pavimentación de rutas de evacuación, entre otras. Así este estudio ayudará para aquellos que se realicen a futuro, ya que en esta zona no se tiene algún tipo de investigación al respecto y ayudarán para nuevos estudios.

# Capítulo 1

## Marco Teórico

## Marco Teórico

### La Teoría General de Sistema

La Teoría General de Sistema (TGS) se remota en los mismos orígenes de la filosofía y la ciencia. La palabra “Sistema” proviene de la palabra *systema*, que procede de *synistanai* (reunir) y de *synistêmi* (mantenerse juntos).

La fuente esencial de la Teoría General de Sistema como se hace mención en el párrafo anterior tiene orígenes en la ciencia y la filosofía. La cual la filosofía de la ciencia es la investigación sobre la naturaleza del conocimiento científico y la práctica científica, porque se ocupa en el saber de cómo se desarrollan, evalúan y cambian las teorías científicas, mientras que la ciencia es capaz de revelar la verdad de las entidades ocultas y los procesos de la naturaleza. Dado que las dos proposiciones son esenciales para poder construir la ciencia, ya que el hombre es capaz de entender la naturaleza misma.

Se le atribuye a George Wilhem Friedrich Hegel en (1770-1831) quien dio las ideas para interpretar la historia de la humanidad y de la filosofía misma, varias de las ideas fueron las siguientes:

- El todo es más que la suma de las partes
- El todo determina la naturaleza de las partes
- Las partes no pueden comprenderse si se consideran en forma aislada del todo
- Las partes tienen una dinámica de interrelaciones o son interdependientes

Por ello las leyes de Hegel se declara que la humanidad vive un proceso en el cual todo crece, cambia y vuelve a desarrollarse, dicho de otra manera, los procesos de cada movimiento produce una reacción automática, para más tarde convertirse en una afirmación en dar origen a un nuevo ciclo.

#### 1) Evolución de la Teoría General de Sistema

De manera particular la Teoría General de Sistema se basa sobre una base sistémica y holística de la realidad que considera la configuración de unidades territoriales ordenadas en una estructura jerárquica.

A partir de la Teoría del Holismo que fue enunciada por Smuts en 1926 la cual alude a la tendencia que permite entender los eventos desde el punto de vista de múltiples interacciones, hacia un entendimiento contextual de los procesos, de los protagonistas y si se configura el todo con la partes pero se observa la totalidad, se producen realidades y efectos diferente a los producidos por las partes, en otras palabras *“el todo es más que la suma de las partes”*.

Además la holística se refiere a la manera de ver las cosas enteras, en totalidad, en conjunto, en complejidad, pues se puede tener interacciones en los procesos de los aspectos que conforman el todo y por separado.

De acuerdo con la revista digital universitaria (UNAM, 2013) *“Las concepciones herederas del formalismo, reducen el problema del conocimiento al problema del método, lo hacen dependiente de éste y erigen al método científico como receptáculo exclusivo del entendimiento y la racionalidad como el ser humano, escondido, en donde pensará y podrá conocer mediante principios y reglas diferentes según sea o no científico el objeto de estudio de actitud epistemológica.”*

Así mismo el conocimiento científico adquiere significado por medio de las definiciones y por las relaciones entre sí, quien Imre Lakatos físico, matemático y filósofo de la Universidad de Debrecen que sustenta que los núcleos teóricos tienen la aplicación, reglas de relación y guían a la interpretación, creándose el positivismo lógico del “Círculo de Viena” que atiende a la forma como se relacionan elementos dentro de un dominio de objetos no especificados y a cómo se relacionan en entre sí.

Por otra parte, Etter (1991) *“determina que el axioma holístico se fundamenta en el hecho por el cual las características de la estructura en un nivel de jerarquía determinado emergen de las interrelaciones de los elementos constitutivos, y no sólo de las posibles combinaciones que se pueden presentar entre éstos, como lo presuponen diversos esquemas teóricos. Esto implica que una estructura determinada no es la cognoscible a través del solo conocimiento*

*de las cualidades de las partes aisladas, sino es fundamental tener presentes los procesos de las relaciones”.*

Ante la necesidad de dar un enfoque a los problemas teóricos, en particular a las ciencias biosociales, ayudó a la Teoría de Sistema en tener una unificación de la ciencia y el análisis, que fue expuesta por el biólogo Ludwing Von Bertalanffy.

Bertalanffy fue ayudado por el profesor Otto Potzi para preparar un escrito, el cual fue leído en pruebas, pero fue destruido por la Segunda Guerra Mundial, entonces fue presentada en diferentes conferencias, pláticas y coloquios discutidos por físicos, hasta llegar a la Sociedad para la Investigación de Sistema en el año de 1954 para impulsar el desarrollo de los sistemas y las funciones principales son:

- Investigar el isomorfismo de conceptos, leyes y modelos en vacíos campos, y fomentar provechosas transferencias de un campo a otro.
- Estimular el desarrollo de modelos teóricos adecuados en los campos que carecen de ellos.
- Minimizar la repetición de esfuerzo teórico en diferentes campos.
- Promover la unidad de la ciencia en aumento a la comunicación entre especialistas.

Ahora bien, dentro de la Teoría General de Sistema existen problemáticas al estudiar las primeras teorías que suelen resolver pocos problemas, al tener en cuenta que comprende un conjunto de enfoques que difieren un estilo y un propósito.

En tanto es necesario estudiar todo el proceso sin tener partes aisladas por que realizan una interacción dinámica de partes, mismo como se puede notar en la sociedad, la cual es la suma de individuos en conformar un todo, así esta teoría se puede aplicar en cualquier sistema sin importar si es la naturaleza, la biología o la sociología, ni el género, elemento o propiedad.

Bertalanffy (1989) *“Una Teoría General de los Sistema sería un instrumento útil al dar, por una parte modelos utilizables y transferibles entre diferentes campos, y evitar, por otra, vagas analogías que a menudo han perjudicado el progreso de dichos campos”*

Para finalizar se mencionará las metas principales de la Teoría General de Sistema la cuales son:

- 1) Hay una tendencia general hacia la integración en las varias ciencias naturales y sociales.
- 2) Tal integración parece girar en torno a una Teoría General de Sistema.
- 3) Tal teoría pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia.
- 4) Elaborar principios unificadores que corren en forma “vertical” para el universo de la ciencia, esta teoría nos acerca a la meta de la unidad en la ciencia.
- 5) Esto puede concluir a una integración, que hace mucha falta, en la instrucción científica.

Citado por Espinosa (2009) *“De acuerdo con Bertalanffy (1989) y Van Gigh (1981) en la parte concerniente a la estructura del sistema, resulta importante considerarlos en un proceso de evolución, que se entiende por una parte como un cambio progresivo de la complejidad debido a los atributos de los valores que los componen; y por otra, a la segunda Ley de la Termodinámica, este punto traduce como la oportunidad que tiene los elementos para crear estructuras aún más complejas de acuerdo con el “auto mantenimiento” y capacidad de auto organización en jerarquías según sea la función. Por ello, es común encontrar que este progreso evolutivo herede una tipología jerárquica; la complejidad del sistema en cierta medida de la cantidad de información soportada”*

## 2) Progresos de la Teoría General de Sistema

En los párrafos anteriores esta teoría ha tenido un amplio sentido en la ciencia, al tratar de establecer un sistema de leyes explicativo y predictivo. Entonces las postulaciones que tiene la teoría son las siguientes:

- Establecer un sistema de leyes explicativas y predictivas que impulse a una generalización de los conceptos científicos en llevar al surgimiento de nuevos campos más allá de lo tradicional.

- Introducción de nueva categoría en el pensamiento y la investigación con la ayuda de la organización, auto mantenimiento y directividad.
- Todo tipo de problemas tiene dos variables las cuales son “causa-efecto”.
- La expansión de la ciencia necesita nuevos modelos conceptuales.
- Los cambios modernos en la ciencia es que pueda abarcar todo.

### 3) Leyes de la Termodinámica

La termodinámica es una herramienta teórica y práctica que interpreta fenómenos naturales desde el punto de vista de las relaciones de materia y energía, el intercambio de ellas en las diversas formas, la interacción de la materia y el uso racional de la energía.

De acuerdo con Passamai (2009) *“La termodinámica puede ser caracterizada también porque los sistemas tiene el objeto de estudio al no ser tratados en cualquier situación posible sino en especial en aquellas conocidas como de equilibrio, en donde la temperatura es una variable importante”*

Las leyes de la termodinámica pueden ser enunciada de tal forma como para negar la posibilidad de ocurrencia de cierta clase de procesos, entonces se dará a conocer las leyes de la termodinámica, como se muestra en la siguiente Tabla 1.1

Características de las Leyes de la Termodinámica	
Leyes de la Termodinámica	Características



<p>1° Ley</p> <p>“Función de estado que se denomina energía interna”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una generalización de la ley de la conservación de la energía (la energía no se crea ni se destruye sólo se transforma) que incluye los posibles cambios en la energía interna.</li> <li>• El trabajo necesario para cambiar el estado de un sistema aislado depende de forma única de los estados inicial y final, al ser independiente del método usado para realizar el cambio.</li> <li>• No hace diferencias entre las distintas formas de transmitir energía.</li> <li>• Cantidades de energía que involucran los procesos pero sin decir nada sobre el sentido y mucho menos si son posibles o imposibles.</li> </ul>
<p>2° Ley</p> <p>“Términos de variables de estados de equilibrio, de modo que si está aislado tiene valores únicos para las variables de estado”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al igual que la primera ley, que postula la función energía interna como variable de estado, la segunda lo hace la entropía (grado de desorden que tiene el sistema).</li> <li>• Se describe términos de variables de estados de equilibrio, de modo que si está aislado tiene valores únicos para variables.</li> <li>• En la naturaleza todos los procesos son irreversibles.</li> <li>• La necesidad de contar con una propiedad de estado de sistema que permita medir el grado de irreversibilidad, es la entropía, y juega un papel en los procesos reales que permite caracterizar a los sistemas reales en forma más completa y descriptiva.</li> <li>• Existen fenómenos que son irreversibles, es decir, que se puede invertir la dirección al retornar el estado inicial que pasa por los mismos estados intermedios, e interponerse a todas las interacciones con el medio de forma que no quede ningún efecto del proceso completo de ida y vuelta.</li> </ul>
<p>3° Ley</p> <p>“Ley Cero”</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se puede transmitir de frío a calor (sólo se regula la temperatura)</li> </ul>

Tabla 1.1. Características de las Leyes de la Termodinámica  
Fuente: Elaboración propia

#### 4) ¿Qué es un Sistema?

Existen diferentes tipos de definiciones sobre sistema, y de acuerdo con Gigch (1981) dice que *“un sistema es una reunión o conjunto de elementos relacionados, es un agregado de entidades, viviente o no viviente o ambas”*

Por su parte Passami (2009) *“El sistema es la parte del universo observable o mundo físico que se somete a estudio con extensiones en el espacio y en el tiempo que están accesibles a los problemas normales de medición.”*

“En un sentido amplio, la Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, al mismo tiempo, como una orientación hacia la práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias” (Arnold y Osorio, 1998)

Un sistema se conforma de los siguientes aspectos

- Estructura: Es la suma de los elementos y las interrelaciones entre ellos
- Función: Influencias y reacciones dentro de una estructura
- Desarrollo: Todo lo que recibe el sistema afecta a los elementos

#### 4.1) Sistemas Abiertos

De acuerdo con Bertalanffy (1989) *“Un sistema abierto es definido como sistema que intercambia materia con el medio circundante, que exhibe importación y exportación, constitución y degradación de los componentes materiales”*.

Desde el punto de vista la Segunda Ley de la Termodinámica el sistema tiene constante composición, pese a continuos procesos irreversibles, importación y exportación, constitución y degradación. Los sistemas abiertos tienen un alta improbabilidad estadística en orden y organización, la tendencia a los procesos físicos apunta a la entropía creciente, es decir, a estados de creciente probabilidad y orden decreciente, por ejemplo, en un bosque no tiene un orden específico, así podemos decir que la semilla de un árbol puede caer en cualquier lugar, al tener una alta improbabilidad estadística en donde va a caer la semilla. *“Los sistemas vivos se mantienen en un estado de alto orden e improbabilidad, o incluso evolucionan hacia diferenciación y organización crecientes, como ocurre en el desarrollo y la evolución de organismos”*. (Bertalanffy, 1989)

Dentro de los sistemas abiertos, se tiene un estado independiente del tiempo, llamado “estado uniforme”, que tiene notables características para la equifinalidad, es decir, si se alcanza un estado uniforme en un sistema abierto, es independiente de las condiciones iniciales, y determinados sólo por los parámetros del sistema.

#### 4.2) Sistemas Cerrados

Los sistemas cerrados no existen, y son creados por el ser humano, se le da el nombre por el comportamiento es determinado y programado que opera como un pequeño intercambio de materia y energía.

En los sistemas que por la propia naturaleza y definición, no son cerrados. Todo organismo viviente es ante todo un sistema abierto. Entonces al ser creados por el ser humano, se dice que no existen intercambios de materia, pero sí de energía. Como se muestra en la Figura 1.1

- El cambio de entropía en sistemas cerrados: Siempre es positivo; hay continua destrucción de orden. “Sin embargo, no sólo se tiene producción de entropía negativa a procesos irreversibles, sino también entrada de entropía que bien puede ser negativa”

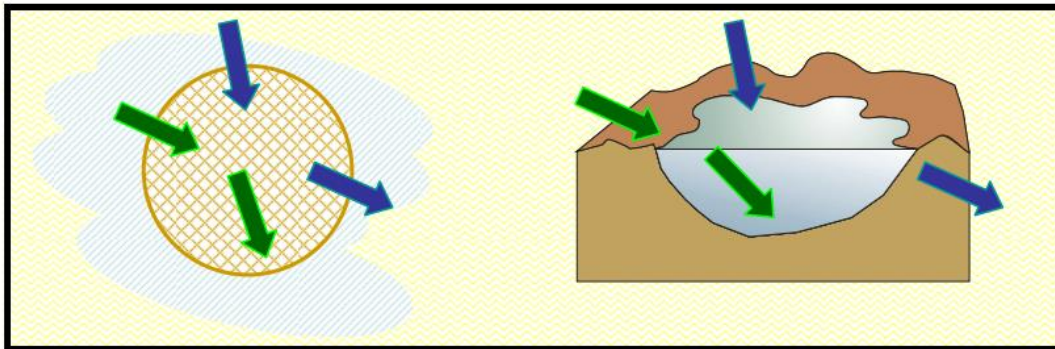


Figura. 1.1. En un charco entra energía solar y sale calor, pero la materia se recicla  
Fuente: Revista Geográfica Digital IGUNNE. Facultad de Humanidades

#### 4.3) Sistemas aislados

Al igual que en los sistemas cerrados, son creados del ser humano que no se han podido lograr en la tecnología hasta la fecha. No existen intercambios de materia ni de energía. No existen modelos aislados. Son modelos desarrollados para el manejo matemático como por ejemplo “El sistema solar y los planetas”. Como se muestra en la Figura 1.2.

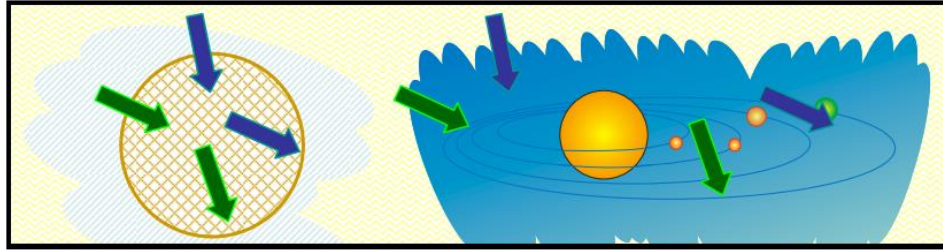


Figura 1.2. No existen modelos aislados. Son modelos desarrollados como el sistema solar y los planetas

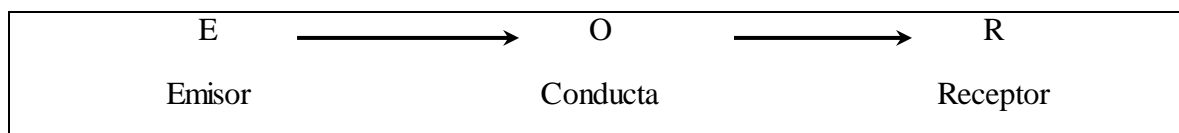
Fuente: Revista Geográfica Digital IGUNNE. Facultad de Humanidades, año.

#### 4.4) ¿Qué es el *Feedback*?

El *feedback* significa “retroalimentación”, el concepto fue introducido por Norbert Wiener en 1948, en el estudio de los sistemas de control y comunicación, en donde los datos de un sistema ayudan a cumplir la acción planificada. Este concepto se basa en la idea de interacción entre efecto y causa, porque todo sistema necesita un intercambio circular de información para mejor ayuda en el sistema, ya que sin ello no se puede tener un equilibrio. El *feedback* se refiere a la capacidad de reforzar un comportamiento positivo que se repita o señalar un comportamiento o conducta que se necesita modificar.

De acuerdo con Gige (1981) “*Los organismos, los sistemas elaborados por el hombre y los sistemas sociales, pueden estar comprendidos en el conjunto más amplio de sistemas ecológicos de los cuales no son sino parte componentes.*”

El *feedback* se traduce en comentarios verbales que se hacen a un emisor de conductas sobre la manera como la conducta afecta. Así como se muestra en el siguiente esquema:



Esquema. El emisor emite la conducta y el receptor los efectos de la conducta

Existen 4 tipos de *feedback* los cuales se mencionará a continuación:

- 1) Feedback positivo: Se transmite para reforzar el mensaje recibido al cumplir las expectativas esperadas, e incrementa lo deseado.
- 2) Feedback constructivo: Se trata de enseñar las diferencias entre el comportamiento deseado y el no deseado, al aclarar que se necesita hacer para tener un mejor comportamiento.
- 3) Feedback negativo: No se responde de manera adecuada para llevar a cabo su funcionalidad y resulta ser inútil y perjudicial.
- 4) Ausencia de feedback: Al tener una carencia de feedback puede provocar un incremento de un comportamiento no deseado.

#### 4.5) Aplicación en el ámbito geográfico

A lo largo de la historia la geografía se ha considerado como un arte, una disciplina educativa, y en algunos ámbitos una ciencia o una profesión, sin embargo dentro de este estudio se adjunta lo regional, ambiental, espacial y humanista, en donde cada cual tiene la percepción en el ámbito geográfico y los aportes en la ciencia.

La geografía analiza el espacio físico y social a partir de metodologías para el mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Espinosa (2009) *“la geografía se concibe como una ciencia de integración, una ciencia holística cuyos enfoques y disciplinas son capaces de responder a las interrogantes planteadas. De acuerdo con estos criterios, el desarrollo holístico de la disciplina se ha modificado de tal manera que en la actualidad del conocimiento específico de las relaciones se imperan en un espacio determinado, a partir de los procesos físicos y sociales determinantes”*.

Más aún en el ámbito de la geografía, es un compuesto de elementos físicos (relieve, clima, agua) y biológicos (vegetación y fauna). Estas relaciones se refieren a los procesos en los que interviene como lo es la pedología, ecología, geomorfología los cuales reflejan una transformación de materia y energía, en cada uno de las unidades territoriales al tener una gran influencia sistémica ya que la disciplina de la geografía se enfoca en el equilibrio y organización entre el paisaje y la sociedad.

Así, dentro de la relación en los elementos físicos y biológicos organizados en el espacio terrestre, tienen una cronología donde el tiempo es el factor principal en los sistemas ya sea temporal o permanente.

Es importante reconocer que en nuestro medio natural se puede notar un sistema tal es el caso de los “ecosistemas”, donde la interacción de materia y energía estimula las diferentes formas de vida en el medio natural, al ser empleados en la construcción de estructuras biológicas, reproducción y mantenimiento necesario, tiene como resultado el equilibrio entre los procesos que se desarrollan en el interior. Como se muestra en la Figura 1.3

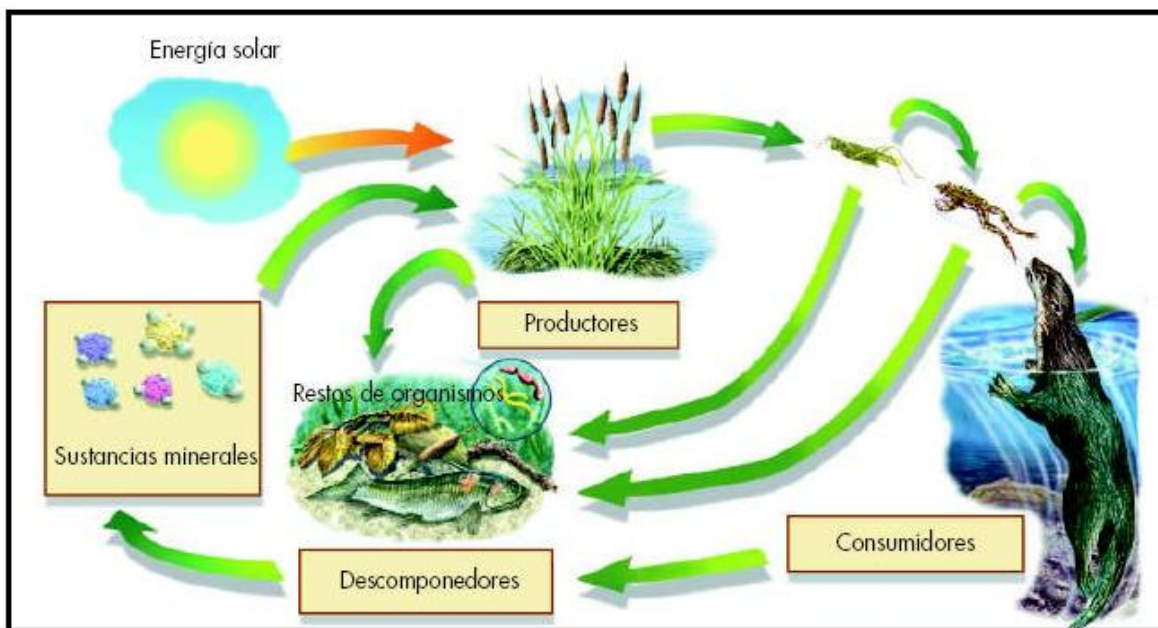


Figura 1.3. Esquema de flujos de un ecosistema

Donde las plantas construyen el factor primario, por que utilizan la luz solar y así poder producir el dióxido de carbono, y alimento que son la base fundamental de la cadena alimentaria, por consiguiente encontramos a los consumidores y se clasifican en primarios (serpientes, insectos, etcétera ), los secundarios (garzas, gorriones, musarañas, rascones y ána des reales, halcones y lechuzas, etcétera), y la transformación de la materia putrefacta compuesta por organismos microscópicos y bacterias.

De acuerdo con Stahler & Strahler (1978) “los ecosistemas tienen aportes de materia y energía que son empleados en la construcción de estructuras biológicas, reproducción y

*mantenimiento interno necesario a los niveles de energía. La materia y la energía también son exportadas desde el ecosistema. Un ecosistema tiende a conseguir un equilibrio entre los diferentes procesos y actividades que se desarrollan en el interior. Para la mayoría de estos equilibrios son sensibles y pueden ser con facilidad alterados o destruidos”*

Después de tener un análisis en el enfoque sistémico, el concepto y método se constituye un fundamento para integrar el espacio geográfico y ayudar a definir las situaciones concretas en los sistemas, como en la óptima utilización de los recursos naturales.

Para finalizar la evolución del medio señala que no existe una irreversibilidad del sistema al menos desde el punto de vista físico, porque la materia y la energía no son controladas, al buscar la forma o estado para reconstruirse que puede configurar un nuevo sistema.

## Geomorfología

La geomorfología ha tenido trascendencia en la investigación la cual desarrolla y da pauta a nuevas tendencias en la aplicación de métodos indirectos a procesos exógenos para el análisis de riesgos naturales.

El término geomorfología proviene del griego γῆ, ge, es decir, geos (Tierra), μορφή o morfé (forma) y λόγος, logos (estudio, conocimiento) Gutiérrez (2008) *“es la ciencia que estudia los fenómenos sobre y cerca de la superficie terrestre y se ocupa de las interacciones de varios tipos de materiales y procesos, que implica los sólidos, líquidos y gaseosos”*.

El origen de la geomorfología está ligado a Geología y la Geografía que estudia las formas de la superficie terrestre y los progresos que estas pueden generar. Y fue a finales del siglo XIX cuando el geólogo americano William Morris Davis (1850-1934), quien explica los procesos sobre la creación del relieve, a la que llamó *“Ciclo geográfico o ciclo de erosión”* que da a conocer las formas que tiene la superficie terrestre y el equilibrio dinámico, al evolucionar a través del tiempo como puede ser constructivo y destructivo.

El ciclo geográfico o ciclo de erosión explica las diferentes etapas del modelo del relieve a lo largo del tiempo y lo expuso en 3 partes: *“juventud, madurez y senectud”*, como se muestra en la Figura 1.4, la etapa juvenil es la orografía escasa como los valles poco definidos, y a

medida que pasa el tiempo se va a formar el relieve hasta llegar a la madurez, y por último la senectud es donde ha quedado el modelo hasta la penillanura.

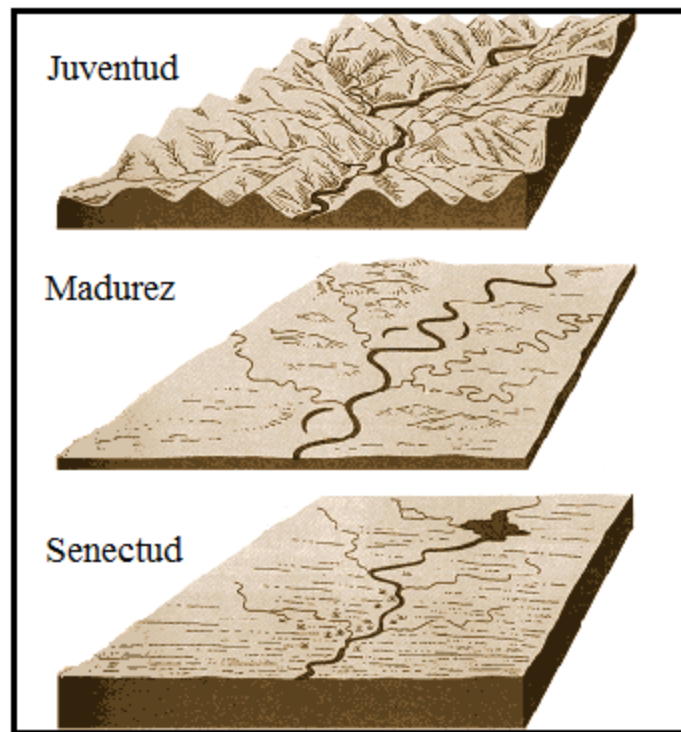


Figura1.4. Ciclo Geográfico del Davis 1899 “juventud, madurez y senectud”

Por su parte Pedraza (1996) *“El proceso evolutivo tiene lugar mediante la jerarquización hidrográfica y la ampliación de los valles, hasta reducir interfluvios y divisorias <casi una llanura>; la acción erosiva <modal> para desarrollar dicha penillanura, corresponde a ríos bien canalizados, con abundante caudal y permanencia. “*

Por tanto en cuanto a la relación entre la Teoría General de Sistema y la geomorfología muestra una capacidad de adaptación y respuesta a todos los cambios que se presenten, y no se impone al desorden, sino al contrario se reinicia para alcanzar una estabilidad diferente al anterior, al actuar los procesos internos (endógenos), que se presentan en el tiempo geológico, y a los procesos externos (exógenos), que es el intemperismo, erosión y acumulación, los cuales se le atribuye los modelados del relieve. Por otro lado King (1984) *“La complejidad del sistema natural se hará patente a partir de ejemplo de interacción: interacción entre las diferentes fases de la geografía e interacción en cada una de ellas. Los principios de*



*interacción, equilibrio y estabilidad son, todos muy importantes. El equilibrio sólo se mantendrá cuando las relaciones de interacción sean negativas, es decir, cuando los cambios conduzcan a la inestabilidad. Bajo condiciones de interacción positiva los cambios se autogeneran y llevan a una modificación e inestabilidad cada vez mayor.*

Además Espinosa (2001) *“Sin embargo la visión geo sistémica no se limita a explicar sólo las relaciones existentes entre los componentes de los sistemas y la dinámica en cuanto a la velocidad y ritmo de los cambios; esto es, que el análisis propuesto hasta el momento se encuentra incompleto, ya que no se ha considerado evaluar por parte las presiones e influencias en el hombre genera en los sistemas”*

Para finalizar, el conocer el comportamiento de los elementos de los ecosistemas, y la relación estrecha que tiene con la sociedad y los cambios que se hacen en el paisaje, ha ocasionado poco equilibrio entre el sistema natural y la sociedad, por ello se implica la evaluación del impacto ambiental para así tener un equilibrio entre ambas partes, además la transformación que tiene el ser humano dentro del territorio necesita ser regido por orden, y aplicación en el ordenamiento del territorio, es decir, adecuar el territorio una solución entre el ambiente y la sociedad.

## Cartografía Geomorfológica

La cartografía se produjo antes de la historia, los primeros mapas comenzaron ante la necesidad de obtener la dirección y la distancia entre un punto y otro, además de mejorar la comunicación.

En los pueblos menos revolucionados se trazaba sobre arena, placas de arcilla, pedazos de madera o de tela que fueron útiles y hostiles para los desplazamientos y conservación histórica. Alonso (1986) *“Durante la Edad Media, se produjeron mapas en gran cantidad desde el siglo VII hasta la mitad de XV, algunos de ellos con una riqueza de detalles de realidad deslumbradora; pero no apoyados en métodos matemáticos y siempre con gran cantidad de influencia de asuntos religiosos.*

Durante la Segunda Guerra Mundial se tuvo mayor influencia en el uso de la cartografía por medio de diferentes procedimientos para la elaboración, por ejemplo la recopilación de fotos aéreas, actividad censal y otros resultados de la sociedad organizada. Yoli (1982) *“El conjunto de estudios y operaciones científicas, artísticas y técnicas que intervienen, a partir de resultados de las observaciones directas o de la explotación de una documentación, en el establecimiento de mapas, planos y otras formas de expresión así como la utilización”*

Y con la finalidad de cumplir la necesidad del hombre de conocer el medio que lo rodea, comenzaron a crear y emplear aparatos para obtener, ordenar y representar toda la información recabada, entonces surgió la Cartografía y la Geodesia para representar la forma clara de los elementos propios de un mapa. Con el paso del tiempo el uso de los mapas comenzaron a cambiar, desde la localización, actividades socioeconómicas, hasta el análisis de un paisaje. Los mapas pueden clasificarse en generales, por su escala, y mapas especiales por el contenido.

En las aplicaciones de la geomorfología dentro de la cartografía son de diversa variedad que se intenta alcanzar un mapa geomorfológico aplicado, para la gama de posibilidades en la definición y explicación del relieve, en relación con factores genéticos y los sistemas de erosión, a fin de obtener un análisis sobre el paisaje, y para la elaboración del mapa se requiere de establecer la escala, que tipo de información se desea elaborar y el tipo de leyenda.

Entonces Peña (1997) lo define como *“Un sistema de cartografía geomorfológica”, puede definirse como la serie de elementos ordenados en una leyenda, establecida en forma previa regida por criterios metodológicos, y que son aplicados a la elaboración de un mapa geomorfológico”*

Mientras tanto Lugo (1992) *“Los mapas geomorfológicos muestran las formas del relieve, clasificadas de acuerdo con los procesos que le dieron origen. Otros mapas se representan por medio de valores numéricos determinas características del relieve, como las pendientes, la densidad de la red fluvial, y muchos otros. Hay mapas especializados para expresar un relieve fluvial o litoral; los ay aplicados a la explotación de yacimientos de placer, de petróleo o para recomendar el uso más adecuado del terreno”*

En los elementos metodológicos que se necesita elaborar en la cartografía geomorfológica se describen en la Tabla 1.2

Elementos metodológicos para elaborar cartografía geomorfológica	
Elemento	Características
Tipo de mapa	Debe elegirse en función a las necesidades de información básica (dedicada a la investigación geomorfológica), aplicada (dirigida hacia la resolución de un problema) o especial (para ser usado por otros especialistas no geomorfológicos)
Escala	Se determina según las características de los datos que se representan y del nivel aplicación deseado
Información básica	Reconoce la información cartográfica o documental existente sobre la región a cartografiar para definir el proceso definitivo de generalización necesario para alcanzar la escala deseada
Sistemas de cartografía geomorfológica	Analizar los diferentes sistemas de cartografía geomorfológica existentes en el mundo, y decidir el más idóneo para el tipo de mapa y la escala a la que se piensa trabajar
Leyenda	Se puede utilizar según la escala, la textura del relieve de la región que se estudia, el sistema de cartografía elegido y los fines concretos que se persiguen con la cartografía

Tabla 1.2 Elementos metodológicos que se deben considerar para elaborar cartografía geomorfológica, modificado por Peña (1997)

## Escala

La escala es la parte esencial de la cartografía la cual permite la observación detallada sobre el análisis que se quiere tener. Peña (1997) *“Para poder establecer la escala con la que se quiere trabajar se debe considerar la textura del relieve, la cual mediante la observación en fotografía aérea o sobre el terreno del ámbito geográfico que se va a cartografiar ofrece la primera impresión acerca de la escala necesaria para poder representar de la manera más adecuada cada uno de los distintos elementos que componen el paisaje geomorfológico”*.

En la siguiente Tabla 1.3 se muestra las escalas ideales para la cartografía geomorfológica y que es lo que se requiere obtener.

Escalas ideales de representación geomorfológica

Gran escala	Planos geomorfológicos	1: 10.000 y mayores
	Mapas geomorfológicos básicos	1:10.000/1:25.000
	Mapas geomorfológicos detallados	1:25.000/1:1000.000
Escala media	Mapas geomorfológicos sinópticos	1:1000.000/1:500.000
	Mapas geomorfológicos sinópticos de pequeña escala	1:500.000/1:1.000.000
Pequeña escala	Mapas geomorfológicos de países	1:1.000.000/1:5.000.000
	Mapas geomorfológicos de continentes	1:5.000.000/1:30.000.000
	Mapas geomorfológicos del mundo	1:30.000.000 y menores

Tabla 1.3. Caracterización de los productos cartográficos geomorfológicos de acuerdo con la escala y objetivo según Dumitrashko y Scholz (1978; cfr. Peña, 1997).

En México (Lugo, 1988) la escala del mapa puede manejarse con respecto a la percepción y la información a transmitir, como se muestra en el siguiente Tabla 1.4

Superficie aproximada de representación	Equidistancia entre curvas de nivel	Procesos representados	Tipos de Geo formas a representar	Escala de representación
Millones de km <sup>2</sup>	De 2500 m a 6500m y hasta 20 000 m	Movimientos de placas tectónicas, subducción, modelación cratónica y continental	Cratones, masas y plataformas continentales, así como cuencas oceánicas	1: 50 000 000

Tabla 1.4 Procesos y geo formas representados por escala. Modificado por Lugo (1988)

Superficie aproximada de representación	Equidistancia entre curvas de nivel	Procesos representados	Tipos de Geo formas a representar	Escala de representación
---	-------------------------------------	------------------------	-----------------------------------	--------------------------

Decenas y miles de km <sup>2</sup>	De 500 a 4000 y hasta 11 000m	Sedimentación en fondos marinos y subducción de placas	Altiplano, cordilleras orográficas y oceánicas, depresiones cratónicas y oceánicas	1: 10 000 00 1:1 000 000
Cientos y miles de Km <sup>2</sup>	De 200m a 2000m	Modelado de costas, regresiones marinas, sedimentación deltaica y de abanicos aluviales submarinos	Sistemas orográficos, montañas, grandes cuencas, trincheras y deltas	1:1 000 000 1:150 000
Superficie aproximada de representación	Equidistancia entre curvas de nivel	Procesos representados	Tipos de Geo formas a representar	Escala de representación
Cientos y miles de m <sup>2</sup>	De 10m a 500m	Erosión glaciár, eólica, marina, ascenso y descenso de bloques (graven y horts), acumulación aluvial, remoción en masa, subsidencia, colapsos	Colinas, terrazas, valles, volcanes, domos, coladas lávicas, fallas, dunas, arcos, abanicos aluviales y coluviales	1:150 000 1:50 000 1:10 000
Decenas de m <sup>2</sup> y cientos de m <sup>2</sup>	De 2 m a 50 m	Erosión hídrica, modelación eólica, ensanchamiento y profundización de valles, acumulación aluvial y coluvial, denudación	Bancos de cause, barrancos, morrenas, cráteres, fracturas, interfluvios, abanicos aluviales, coluviales	1:25 000 1:5 000

Tabla1.4. Procesos y geo formas representados por escala. Modificado por Lugo (1988).  
Continuación

Superficie aproximada de representación	Equidistancia entre curvas de nivel	Procesos representados	Tipos de Geo formas a representar	Escala de representación
m <sup>2</sup>	De 0.1m a 1-2m	Gelifracción, denudación areal, exfoliación y diaclasamiento de las rocas	Montículos, cárcavas y micro fracturación	1:5 000
cm <sup>2</sup> y m <sup>2</sup>	De cm a m	Micro fracturación, denudación, erosión vertical, efecto splash	Cúmulos y estrias	1:1

Tabla 1.4. Procesos y geo formas representados por escala. Modificado por Lugo (1988). Continuación

Después de tener la propuesta sobre la escala en la cartografía, esta posee una relación entre el documento base y las posibles escalas para representar los rasgos ya sean generales o particulares del relieve.

### Leyenda

En todo tipo de mapa el tratamiento de la información puede resultar complejo, y para los mapas geomorfológicos que da la importancia de las formas relevantes del relieve, al dar la cantidad que debe representarse, es donde existe la selección del contenido, en función de una determinada escala de trabajo y de los objetivos a conseguir.

Entonces Peña (1997) *“La elaboración de la leyenda constituye una de las tareas básica en la construcción de un mapa geomorfológico. Existe una leyenda para mapas geomorfológicos a detalle, propuesta por la UGI, ha sido traducida en diferentes lengua. “*

Por ello a nivel internacional surgen los sistemas de cartografía geomorfológica que genera la propia forma única de representación de la información como en los países de Francia,

Alemania y España donde se ha tendido un avance significativo de carácter local y regional, pero al mismo tiempo no ha tenido una leyenda nacional para aplicarse a nivel mundial.

Después se fundaron convenciones internacionales promovidas por la Unión Geográfica Internacional (UGI) para buscar una leyenda internacional como la francesa, holandesa y polaca. Como se muestra en la siguiente Tabla 1.5

Leyenda	Escala	Características
Rusa	1:250, 000 y 1:50, 000	Es de las más complicadas incluye más de 500 símbolos divididos en dos grupos: los grupos de formas y las formas individuales, las formas se representan con simbología de acuerdo al proceso y se le atribuye un color según la edad geológica. La escuela rusa centra el desarrollo de la cartografía en el origen y la edad de las formas, y desecha el aspecto descriptivo del relieve.
Checoslovaca	1:25, 000 y 1:50, 000	La leyenda se basa en una clasificación genética de acuerdo con el origen estructural, erosión- denudación, acumulación y antropogénico. Se utiliza color de acuerdo al origen y la edad geológica, en este caso la geología se representa con puntos achurados o líneas punteadas.
Polaca	1:50, 000	Hecho por Tricart (1962), los mapas polacos son considerados como los mejores por la presentación y por la lectura. Esta leyenda puede distinguir tres periodos geológicos (Neógeno, Pleistoceno y Holoceno): tres valores de pendiente (<4, 4-20, >20) y también los procesos, con base en el color excluye la litología y con especifica la edad de los depósitos.
Francesa	1:25, 000 y 1:50, 000	Se compone de 565 símbolos, la litología se representa con color, las formas del relieve se representan por símbolos de acuerdo con el procesos formador, al símbolo se le aplica color para indicar la edad. La simbología enfatiza en la litología, la génesis y la edad, es una de las más legibles, muestra claridad e interpretación, pero no incluye valores de pendiente.
Belga	No se precisa	Desarrolla por el profesor F. Gullentops (1964) le da mayor importancia a la pendiente y está representada por achurados de acuerdo al valor de la densidad, los procesos son identificados por símbolos (líneas y puntos) y se les aplica color según la edad.
Canadiense	No se precisa	Esta se basa en la escuela Belga, enfatiza en la representación de la pendiente del terreno, aunque con la modificación, el grado de pendiente se relaciona con el grueso de la línea. El origen y la forma del relieve se representa por símbolos y la litología se excluye del mapa principal (se incluye en un mapa de escala menor).
Española	1:25, 000 a 1:1, 000,000	Destacan los trabajos de carácter regional en las diferentes provincias como la de Zaragoza en la cual se elaboran mapas geomorfológicos aplicados, temáticos y de riesgo, al ser estos últimos los que contienen una base teórica y práctica.

Tabla 1.5 Características generales de leyendas geomorfológicas en el mundo.

Fuente: Modificado de Martínez (2004).

Después de mencionar lo anterior las leyendas geomorfológicas son diversas, con variación en los objetivos que intentan alcanzar para elaborar un mapa geomorfológico aplicado, por ello Pedraza (1996) *“la imposibilidad para progresar hacia una leyenda unificada, como al decaimiento de los estudios regionales ante un exceso de especialización, dadas estas circunstancias, las leyendas geomorfológicas existentes son numerosas, casi tantas como organismos y equipos de trabajo.”*

Ahora en la Figura 1.5 se muestra un ejemplo de leyenda geomorfológica de la escuela Sevillana de Geomorfología la cual muestra cual es la forma sugerida para la representación geomorfológica.

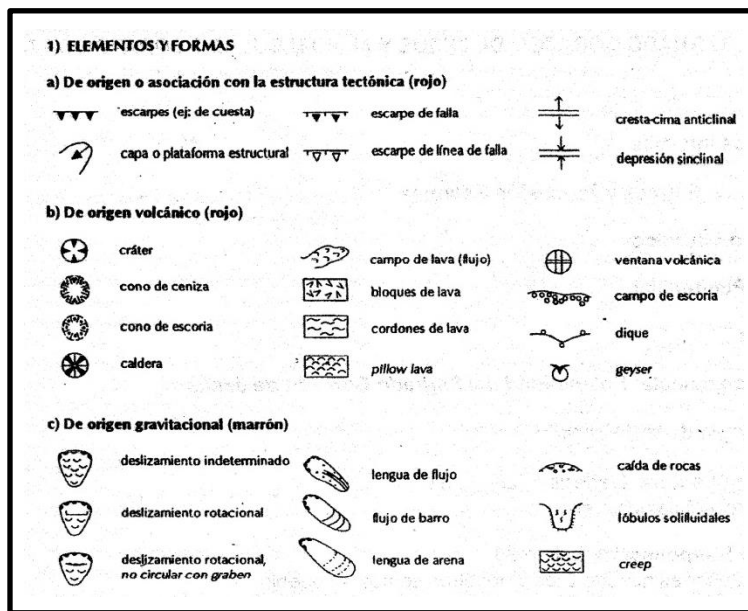


Figura 1.5. Leyenda geomorfológica de la escuela española de Geomorfología (tomado de Pedraza, 1996)

La cartografía geomorfológica en la actualidad se ha convertido en una herramienta para la determinación de unidades del paisaje y para la determinación de zonas susceptibles a riesgo.

*“En geomorfología, como en otras ciencias de la Tierra, la Cartografía es imprescindible para dejar clara y concreta la distribución y configuración espacial que presentan sobre el terreno y los elementos más significativos que definen el relieve. Ese vehículo de expresión gráfica es el mapa geomorfológico”.* (Peña, 1997)



Para finalizar después mencionar cuales son las leyendas geomorfológicas, se puede decir que en nuestro país no existe una estandarización en el uso y aplicación de las mismas, a menos que se aplique de acuerdo a las necesidades de aplicación conforme a una escala en particular.

## Ejemplos de aplicación

Después de mencionar lo anterior, la aplicación de la geomorfología con relación que tiene con la Teoría General de Sistema, y el especial interés que este representa sobre el territorio, se mostrará esquemas sobre la aplicación de la dinámica que tiene.

Strahler ha tenido un aporte importante sobre el análisis de la red de drenaje, donde tomó como referencia primordial a Horton de 1945, sobre la relación de los procesos hidrológicos y la erosión que se presenta.

De acuerdo con Romero & López (1987) *“La forma y la dinámica de las redes fluviales son el resultado de las características ambientales del conjunto del territorio y constituyen sistemas de transferencia de energía y materia en el territorio de sus perspectivas cuentas.”*

Entonces Strahler distingue ciertos aspectos de los sistemas del cauce, los cuales son aspectos superficiales de la cuenca de drenaje y aspectos del relieve, aplicado a un espacio geográfico concreto. Todas las variables del relieve, son de importancia, de tal modo que la pendiente tiene influencia directa en el tipo de drenaje al formar los canales, de modo que la velocidad y la escorrentía hacen un potencial erosivo o de carga de corrientes, forman el modelado resultante, donde la infiltración y el depósito en los lechos, son aspectos en el sistema de la cuenca de drenaje, como se muestra en la Figura 1.6

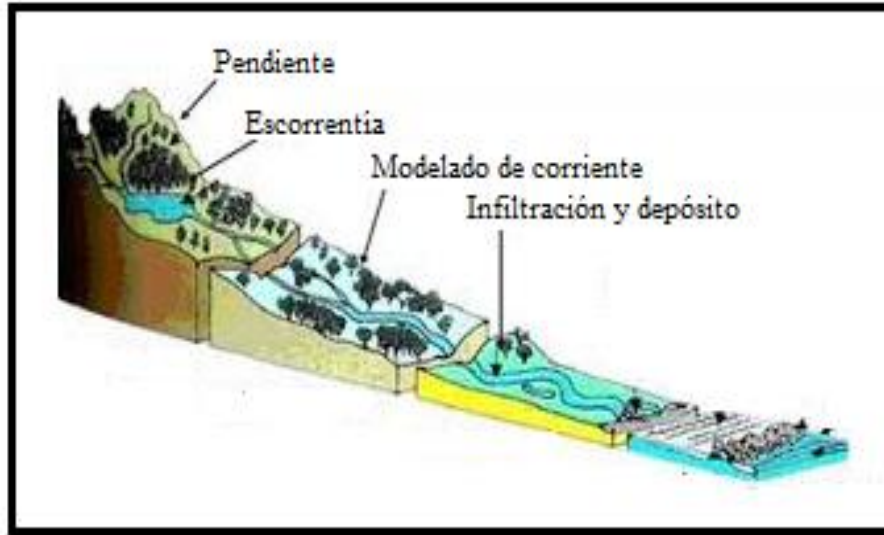


Figura 1.6. Aspectos del sistema del cauce

Después de mencionar lo anterior Horton expresa que toda red fluvial tiene una longitud que a medida de los cursos se incrementa 2 y 3 veces al aumentar el número de orden, mientras que la sinuosidad refleja la forma del canal conforme a la longitud del valle. Romero & López (1987) *“La forma de la cuenca es un elemento muy importante que depende de su tamaño, perímetro, longitud y anchura. Estos son los parámetros que se estudian para definir, a partir de ellos, varios índices que caractericen de algún modo la forma de la cuenca.”*

Así mediante la magnitud de la cuenca, la intensidad fluvial es definida mediante: la densidad de drenaje, frecuencia, torrencialidad y el flujo de escorrentía superficial. Según Horton (1945) *“Existe una distancia crítica a partir de la cual el volumen de escorrentía permite la excavación y el encauzamiento; esta distancia crítica es la considerada longitud del flujo de escorrentía superficial”*

Por ello la pendiente del cauce principal es un parámetro del relieve básico para relacionar la distancia-velocidad, y puede considerarse como representación el tiempo de flujo de escorrentía. Y la importancia que radica en la información para aportar el tamaño, forma y estructura de la cuenca. Entonces los criterios que se deben adoptar para tener la fuente de información son: mapas a diferentes escalas, fotografías aéreas o trabajos de campo.

En cuanto a la densidad de drenaje se ha demostrado que está ligada con la precipitación en cuanto a la intensidad con la que se produce, además de la densidad que depende de la

litología, y las características que el suelo posea (la importancia de capacidad de infiltración) y de la cubierta vegetal existente.

Así como se mencionó en los párrafos anteriores King también muestra esquemas de aplicación sobre la dinámica en el territorio, al hacer énfasis en la meteorología, King (1984) *“la influencia del relieve en numerosos aspectos del tiempo atmosférico ofrece oportunidades valiosas para el trabajo de campo y datos que, si son relacionables con otros aspectos de geografía física, como la asimetría de las laderas de un valle, permiten el estudio de interacciones”*.

Por ello King considera que los aspectos del tiempo atmosférico tiene una estrecha relación entre la vegetación, suelo y uso del suelo, que introduce al elemento humano, por ejemplo el clima urbano que un ámbito de estudio, ya que las grandes ciudades modifican considerablemente el tiempo de sus alrededores. Así como esas relaciones también se muestra entre las rocas, suelo, vegetación y el clima, que explican la función del ciclo hidrológico, que se puede representar a diferentes escalas, como se muestra en la Figura. 1.7.

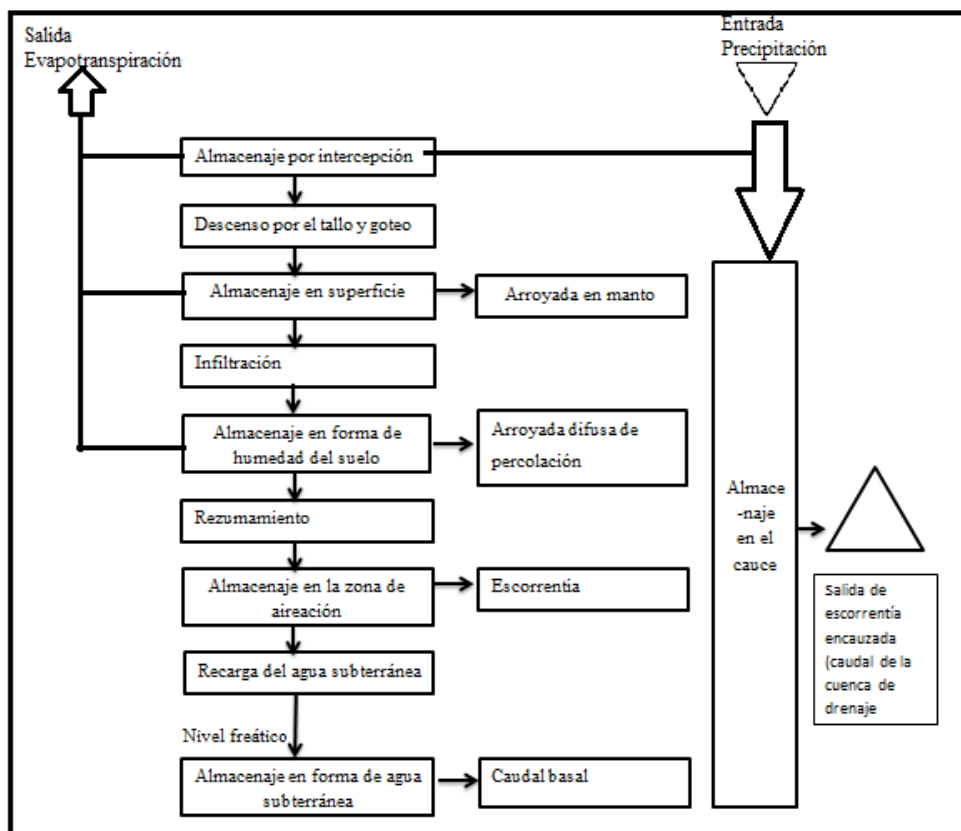


Figura 1.7 Diagrama que ilustra el ciclo hidrológico en una cuenca de drenaje.

De acuerdo con King (1984) *“las rocas y el material superficial determinan si la lluvia o la nieve pueden penetrar en el suelo, mientras que la naturaleza del suelo depende mucho del agua disponible la cual a su vez es función del tiempo y del clima. El modelo de pluviosidad está estrechamente vinculado al relieve; por consiguiente, en estas interrelaciones hay implicadas importantes interacciones: el relieve afecta a la pluviosidad, la cual, a su vez, afecta al relieve a través de la erosión”*

## CAPÍTULO 2:

# MARCO FÍSICO GEOGRÁFICO

## Caracterización geográfica general de la zona de estudio

Se presentará en el desarrollo de esta investigación la ubicación geográfica (Estado de Tlaxcala), de forma general una temática de elementos físicos (clima, orografía, edafología, geología).

## Localización

El Estado de Tlaxcala cuenta con una superficie de 4.016 km<sup>2</sup> de todo el país, es el segundo más pequeño después de la Ciudad de México. Los límites son el Estado Puebla que lo rodea al norte, al sur y al este, por el oeste limita con el Estado de México y al noroeste con el Estado de Hidalgo, al norte 19° 44', al sur 19°06' de latitud norte, al este 97° 38', y 98° 43' de longitud oeste INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), y una altitud de 2,

230 m.s.n.m., el cual cuenta con 60 municipios como se muestra en el mapa siguiente Figura 2.1.

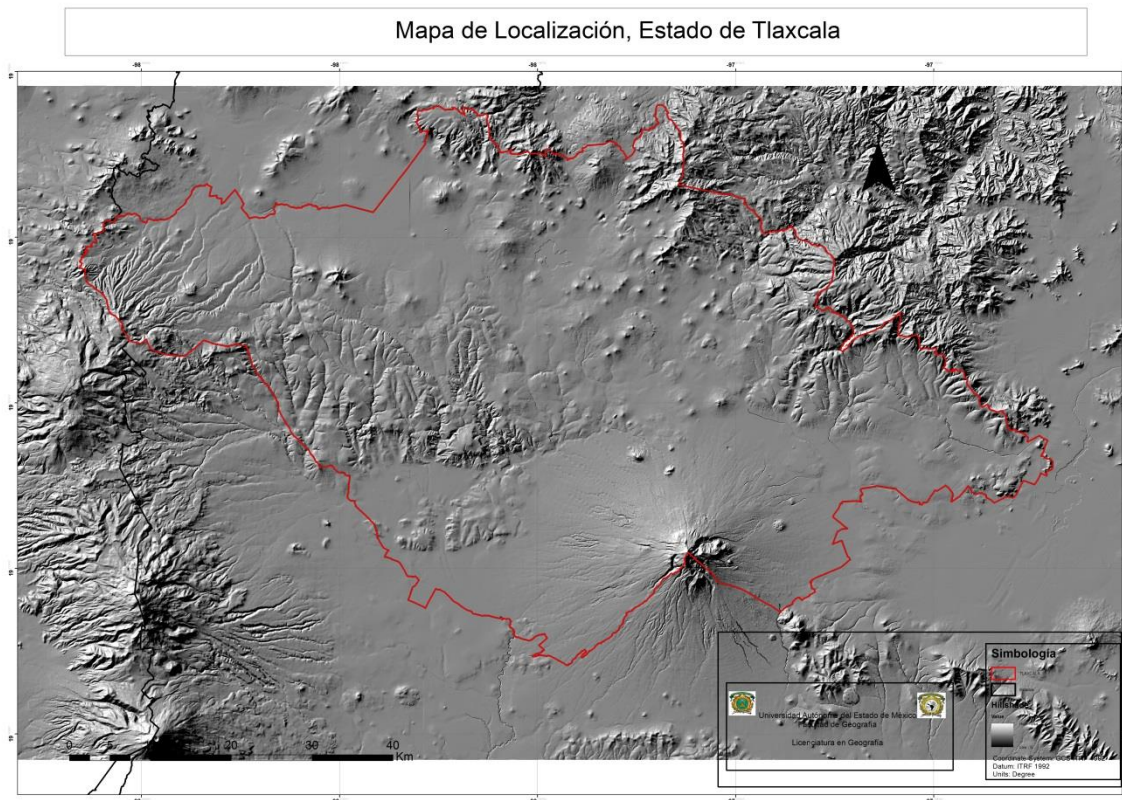


Figura 2.1 Localización del Estado de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia

## Clima

En Tlaxcala se caracteriza por tener climas de templado, subhúmedo, semiárido, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. Como se muestra en la Figura 2.2

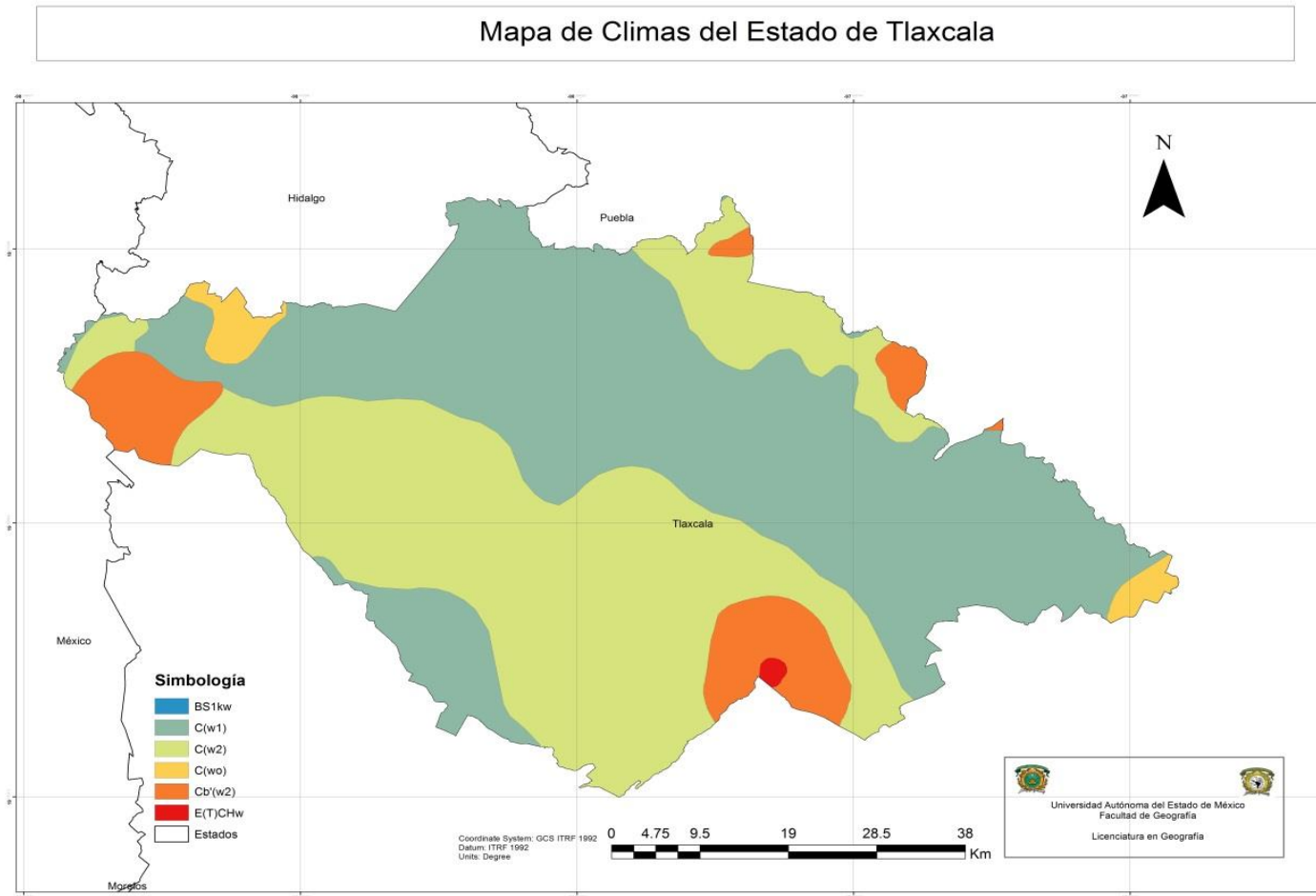


Figura 2.2 Mapa de distribución de los climas en el Estado de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia

En la descripción de los climas de México se emplea el sistema de Köppen con una modificación por García.

Clave	Características
BS1kw	Semiárido, templado, temperatura media anual ente 12°C y 18° C, temperatura del mes más frío ente -3 °C y 18°C, temperatura del mes más calientes menor de 22 °C. Lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernial del 5% al 10.2 % del total anual.
C (w1)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual ente 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío ente -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice entre 43.2 y 55 porcentaje de lluvia invernial del 5% al 10.2 % del total anual.
C (w2)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual ente 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío ente -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernial del 5 al 10.2% del total anual.
C (wo)	Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernial del 5% al 10.2 % de total anual.
Cb'(w2)	Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual en ter 5 °C y 12 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia del 5 al 10.2% del total anual.

Tabla 2.1 Clima que predominan en el Estado de Tlaxcala  
Fuente: CONABIO, 2010



## Edafología

Los suelos de la zona de estudio (Estado de Tlaxcala), es el resultado compuesto por minerales, materia orgánica, que se ha formado a través del tiempo, con la desintegración de rocas superficiales por la acción del agua que son idóneas para la cobertura vegetal. Al dar como resultado los tipos de suelo en la zona de estudio, como se muestra en la Figura 2.7

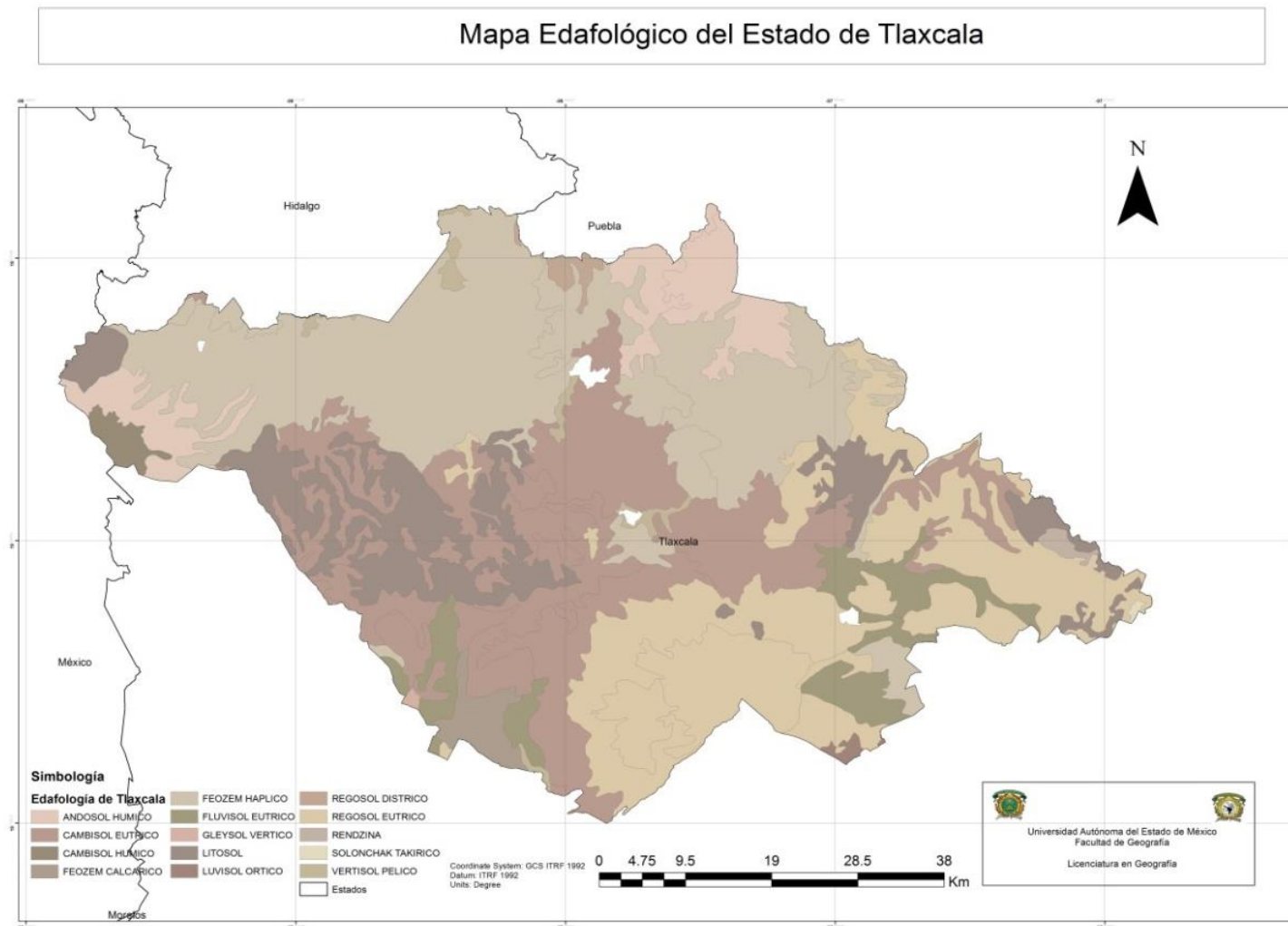


Figura 2.7 Edafología del Estado de Tlaxcala  
Fuente: CONABIO, 2010

A continuación en la siguiente Tabla. Las características principales de los suelos que tiene la zona de estudio, que muestra CONABIO 2010, y están ordenados por existencia areal.

Tipo de suelo	Características
Andosol Húmico	Se desarrollan a partir de depósitos volcánicos y se localizan en distintos climas, las principales características son la presencia de epipedon metálico en altos contenidos de vidrio volcánico, su estratos bien definidos y su baja densidad aparente
Cambisol Eutrico	Se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de rocas, se caracteriza por una débil a moderada alteración por la ausencia de arcillas, materia orgánica
Feozem Haplico	Se encuentra en diferentes condiciones climáticas, como puede ser zonas semiáridas, templadas o tropicales muy lluviosas y en diferentes tipos de pendientes de terreno, ya sea plano o montañoso. Se caracteriza por una capa superior oscura, suave, rica en materia orgánica y nutriente.
Fluvisol Eutrico	Se localizan a lo largo de los valles de los principales ríos, así como en deltas y estuarios, sobre materiales de base de diferentes orígenes.
Gleysol Vertico	Son suelos de áreas que encuentra congeladas (permafrost) a lo largo del año. Las bajas temperaturas impiden el desarrollo de los horizontes de diagnóstico de estos suelos.
Litosol	Son suelos jóvenes con una profundidad menor a 10 cm. Al depender del material formador puede ser fértil o no, arenoso o arcilloso. Su susceptibilidad a erosionarse depende de la pendiente donde se encuentra. La vegetación natural que lo cubre tiene limitantes de desarrollo por su poco espesor, y son muy parecidos al material parental que les da origen. Se le caracteriza para el pastoreo de ganado bovino y caprino; la vegetación principal consiste en matorral y en las cimas de las montañas hay bosque.
Luvisol Ortico	Se distinguen por su composición, textura y naturaleza de la roca madre, asentándose sobre materiales sueltos derivados de pizarras y cuarzo dioritas en relieves ondulados.
Rendzina	Suelo oscuro rico en humus, es poco profundo, en regiones húmedas de climas templados, desarrollado sobre la roca caliza.
Solonchak Takirico	Se presentan propiedades gleicas en los 100 cm superiores, en las desembocaduras, sobre depósitos aluviales de diferente composición.
Vertisol Pelico	Son suelos que tienen un importante contenido de arcillas expandibles (>40%) y que en alguna época del año presenta grietas de más de 1 cm. (Tienen una época de humeada y otra de sequía durante el año)

Tabla 2.2 Tipos de suelo que se encuentran en el Estado de Tlaxcala.

Fuente: CONABIO, 2010

## Hidrología

El Estado de Tlaxcala se ubica dentro de tres regiones hidrográficas las cuales son: Balsas, Pánuco y Tuxpan- Nautla.

La cuenca del Balsas tiene una extensión de 117 637.78 km<sup>2</sup>· tiene el nacimiento en el Estado de Puebla con el nombre de “Río Atoyac”, al destacar los ríos afluentes que son el Mixteco y Tepalcatepec. La cuenca Pánuco tiene una extensión de 117 637.78 km<sup>2</sup>· se considera que está cuenca nace en la cuenca de México, en el gran canal de desagüe de la Ciudad de México. Y el río Cuatitlán también nace en la cuenca de México, y es uno de los formadores del río Pánuco; a través de él llegan embarcaciones.

## Características del Eje Neovolcánico Transmexicano (Orografía)

En América Central, en lo que refiere a México, ocupa una posición excepcional en el mundo al tener una complejidad en las formas del relieve, y la actividad de los procesos en el tiempo geológico en cuanto a la litología y las estructuras predominantes en estructura joven, también es conformada por conjuntos de unidades del relieve que se desarrollaron durante el Neógeno-Cuaternario y muchas de ellas con evidente actividad actual.

El relieve mexicano está compuesto por provincias fisiográficas las cuales son Península de Baja California, Provincia de Sonora o Llanura Sonorense, Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte, Sierra Madre Oriental, Planicie del Noreste de México, Planicie Costera del Pacífico, Mesa Central (Altiplano), Planicie Costera del Golfo de México, Sistema Neovolcánico Transmexicano, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas, Sierras de Chiapas y Península de Yucatán, como se muestra en la Figura 2.3

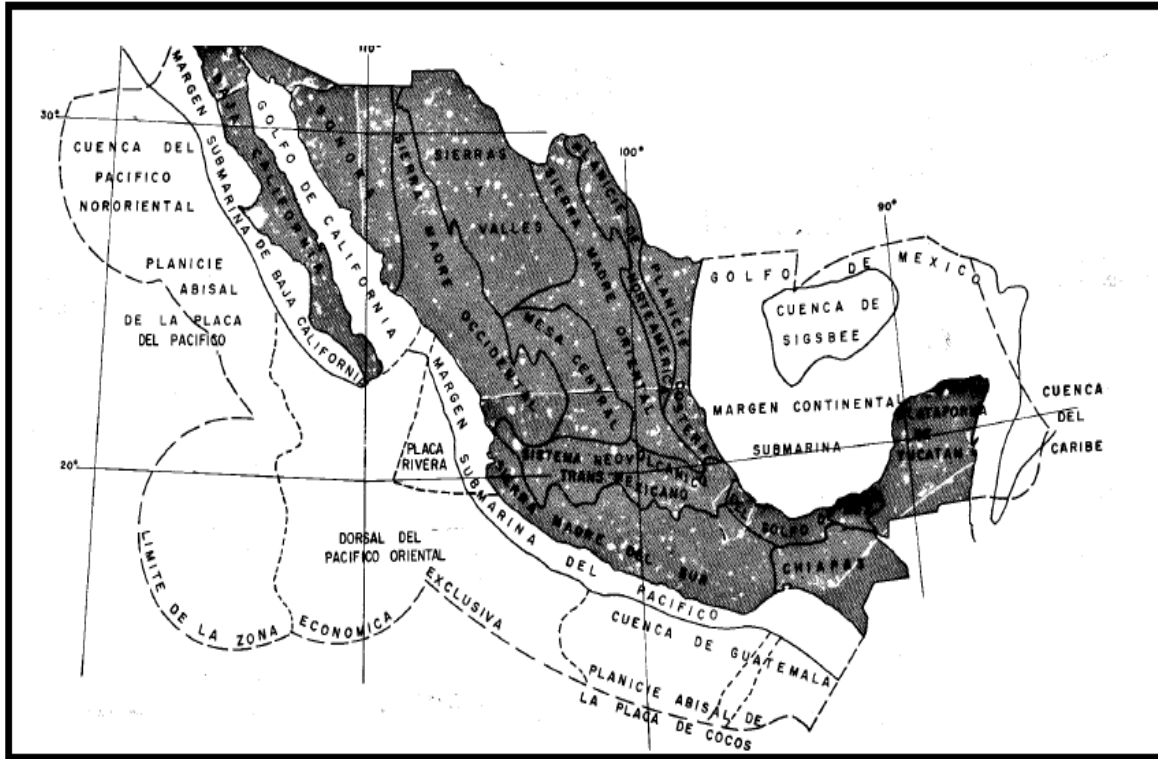


Figura 2.3 Provincias fisiográficas de la República Mexicana

Fuente: Morán-Zenteno, 1982 citado por Lugo Hubp

En el área de estudio (Estado de Tlaxcala) se encuentra dentro del Eje Neovolcánico Transmexicano de acuerdo con (López Ramos, 1983) “Esta provincia ha recibido diferentes nombres propuestos por varios de los investigadores, como “Zona Eruptiva” por Ordoñez 1896, “La Sierra de los Volcanes” por Garfías y Chapi 1949, “Faja Volcánica Transmexicana” por Mooser y M. Maldonado 1967, “Eje Neovolcánico” por López Ramos y Otros 1974 y “Eje Neovolcánico Transmexicano” por Demant y otros 1976”.

La aparición del Eje Neovolcánico es por el movimiento de las placas tectónicas como la Placa de América del Norte; del Pacífico, Rivera, de Cocos, y la del Caribe, las cuales forman las Fosas principales como la del Golfo de California, Trinchera Mesoamericana, Trinchera Cayman o Bartlett, que ocasiona la actividad volcánica y sísmica, como se muestra en la Figura 2.4.

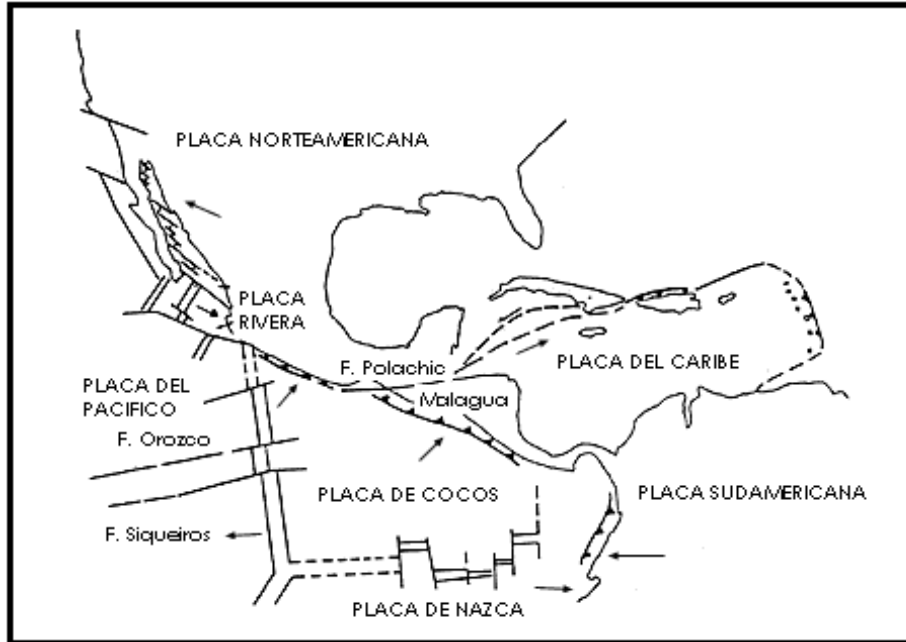


Figura 2.4. Placas litosféricas que influyen en el territorio mexicano  
Fuente: Campa 1985, citado por Lugo (1990)

Por ello de acuerdo con (Lugo, 1990) *“Entre las diversas teorías expuestas, la más aceptada en la actualidad es la de la subducción de la Placa de Cocos bajo el continente, con diversos ángulos lo que explicará la no coincidencia entre la orientación de la Trinchera Mesoamericana y el Sistema Volcánico.”*

Esta dinámica se desarrolló en el Cuaternario y en especial en el Pleistoceno tardío Holoceno, en donde la actividad endógena se manifestó en grandes superficies. Lugo (1990) *“El relieve del Sistema Neovolcánico Transversal consiste en una serie de planicies escalonadas que se extienden desde cerca de las costas de Colima y Nayarit hasta la región de los volcanes Pico de Orizaba y Cofre de Perote, en el Estado de Veracruz, aunque la estructura geológica se extiende hasta las costas del Golfo de México.”* que origina mangas andesíticas, que atraviesa por los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México, Morelos, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Colima, Nayarit, y la Ciudad de México como se muestra en la Figura 2.5



Figura 2.5 Mapa de localización del Eje Neovolcanico Transmexicano  
Fuente: Demant, 1978

Dentro de la extensión del Eje Neovolcanico hacia la costa se define por estrato-volcanes donde predominan los depósitos de acumulación volcánica y de remoción exógena, por tanto se constituyen las cimas más elevadas del país, al considerarse la imagen clásica de los volcanes de México. Demant (1978) *“Cada uno de los estratovolcanes representa un volumen total de material de más de 100 km<sup>3</sup>. Las lavas que los constituyen presentan características muy semejantes; rocas en general porfídicas, de composición dacítica, en las cuales abundan los fenocristales de plagioclasa y de hornblenda.”*

Más aún el Eje Neovolcanico de acuerdo con (Demant, 1978) *“La mayoría de la actividad volcánica se produjo durante los últimos 2 millones de años, el Eje Neovolcanico en el plio-cuaternario, las rocas oligo-miocenas representan la prolongación meridional del Sistema Volcánico de la Sierra Madre Occidental”*

Estas manifestaciones del vulcanismo se diferencian al seguir un patrón común, donde las primeras lavas emitidas son derrames gruesos de dacitas con anfíbolas, durante esta fase son

frecuentes las emisiones de nubes ardientes que generan a su vez lahares y depósitos aluviales, de esta manera obtienen altitud, por la acumulación de lava, y se extienden de manera lateral con pendientes suaves, por los depósitos de material proveniente de las fases explosivas, y para finalizar esta primera etapa, el volcán tiene un tamaño importante.

Y así dentro de la cadena de estrato-volcanes Mooser (1975) distingue en dos partes, una parte occidental al este de Chapala y la otra al oriente; por otra parte Demant (1976) lo divide en cinco partes, las principales características vulcanológicas con orientación son:

- 1) Fosa tectónica de Tepic-Chapala, con orientación NW-SE, los volcanes que lo conforman: San Juan, Sangangüey, Ceboruco y Tequila
- 2) Fosa tectónica de Colima, con orientación N-S, los volcanes que lo conforman: Nevado de Colima y el Volcán de Colima
- 3) En Michoacán, con fracturas de NE-SW, donde mayor abundan los volcanes cuaternarios en México, la cual se extiende al norte hasta el Bajío y está limitada al este por el anticlinorio Tzitzio y las fallas de San Miguel de Allende-Taxco
- 4) Al oriente de estas fallas se ubican los valles de Toluca, México y Puebla, caracterizado por la presencia de cuatro de los siete estrato-volcanes principales separados por zonas lacustres, y está formada por una serie de pequeños volcanes con orientación NE-SW
- 5) Más allá de Puebla, el Eje Neovolcanico termina con la parte oriental, de rumbo N-S, limitada al este por la cadena Pico de Orizaba- Cofre de Perote

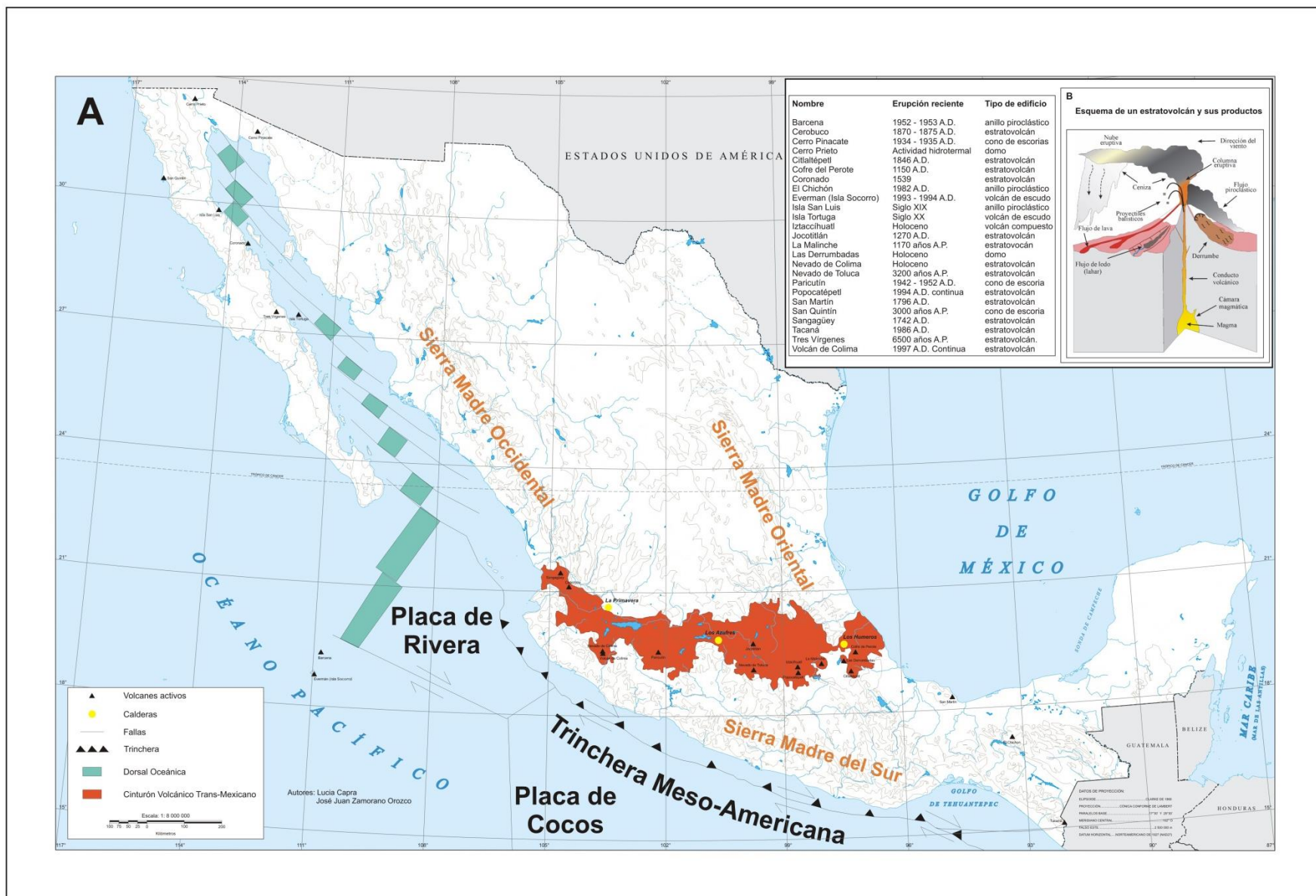


Figura 2.6 Volcanes activos de México

Fuente: Instituto de Geografía, UNAM, 2007



## Geología y estratigrafía regional

En la zona de estudio (Estado de Tlaxcala) tiene una presencia de los tres tipos de rocas: ígneas, sedimentarias y metamórficas, cuyas edades de formación comprenden desde el Precámbrico al Cuaternario, aunque algunos períodos sólo están representados en forma parcial.

Para entender la formación de la geología en la zona de estudio, se utilizará la escala del tiempo geológico, al ser necesario para situar una medida absoluta, dentro de un tiempo determinado, y conocer los tipos de organismos y su desarrollo, así como la aparición o desaparición de la especies, o los cambios del clima y los diversos factores que afectan a la Tierra.

La escala de tiempo geológico, dada su enormidad, se divide en unidades más manejables que fragmentan la historia de la Tierra en eones, eras, períodos, épocas y otras subdivisiones menores como se muestra en la siguiente Figura. Esta escala se ha establecido mediante convenio internacional entre los geólogos y peletonólogos, basada en las evidencias de las rocas.

Eones		Era	Millones de años
Pareozoico	Cenozoico		65
	Mesozoico		248
	Paleozoico		540
Precámbrico	Proterozoico	Antigua	900
		Intermedia	1600
		Reciente	2500
		Arcaico	3000
	Arcaico	Intermedia	3400
		Reciente	3800
	Hádico		4500

Era	Periodo	Epoca	Millones de años
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0.01
		Pleistoceno	1.8
	Terciario	Plioceno	5.3
		Mioceno	23.8
		Oligoceno	33.7
		Eoceno	54.8
Paleoceno	65.0		
Mesozoico	Cretácico		144
	Jurásico		206
	Triásico		248
Paleozoico	Pérmico		290
	Carboníferos	Pensilvaniense	323
		Mississippiense	254
	Devónico		417
	Ordóvico		490
	Cámbrico		540
Precámbrico			

Figura. Escala de tiempo geológico

Fuente: TARBUCK, E. y F. LUTGES. (1999). "Ciencias de la Tierra". Una introducción a la Geología Física. Ediciones Prentice Hall, Madrid.

Como se ha **mencionado** con anterioridad la zona de estudio se encuentra situada dentro del Eje Neovolcanico Transmexicano, de acuerdo con Demant y Robin (1975); *los principales eventos magmáticos en México durante el Cretácico, Eoceno-Oligoceno, Mioceno y Plioceno-Cuaternario se relacionan con la tectónica global de esos periodos.*

Entonces para conocer los eventos geológicos se dividirá en seis regiones de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo (2013), las cuales son *Norte (Tlaxco), Oriente (Huamantla), Poniente (Calpulalpan), Centro-Norte (Apizaco), Centro-Sur (Tlaxcala) y Sur (Zacatelco).*

## Bibliografía

- Alonso, Lerch Federico, (1986), “Apuntes de Cartografía”, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México.
- Arroyo, López Karla, (2008), “Geomorfología: Teoría y Pensamiento”, Tesis para optar por el grado de Licenciado en Geografía. Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Balderas, Carreto y Monroy, (2009), “Fundamentación teórico-metodológica del Cuerpo Académico Análisis Geográfico Regional”, Ed. Dirección de Difusión y Promoción de la Investigación y los Estudios Avanzados, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Batalla Ramón, Salas María, (1999), “Teoría y Métodos en Geografía Física”, Universidad Autónoma de Madrid
- Bertalanffy Ludwig, (1989), “ Teoría General de Sistemas (Fundamentos, desarrollos, aplicaciones)”, Fondo de Cultura Económica, México
- Comínguez G.A.H, Del Castillo G.L., González, M.T., y Lejsec, R.J., (1978) “Interacción del Golfo de México y el Eje Neovolcánico”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.
- Demant, A. & C. Robin, (1985), “Las fases del vulcanismo en México; una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico”, Revista del Instituto de Geología, UNAM, núm. 1, pp. 66-79.
- Demant, Alan, (1978), “Características del Eje Neo volcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación”, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología
- Espinosa Rodríguez, Arroyo López, (2011), “Geomorfología en México. Una visión histórica, metodológica y aplicada (Modelos, fundamentos, historia, métodos, técnicas y aplicaciones), Ed. Academia Española, España
- Espinosa, Rodríguez, (2001), “Geomorfología del Noreste del Nevado de Toluca, México”, Tesis para optar el grado de Maestro en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México

- Etter A., (1991), “Introducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos, rurales”, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia
- F. J. Monkhouse y H. R. Wikinson, (1968), “Mapas y Diagramas (Técnica de elaboración y trazado)”, Ed. Oikos-tau, Barcelona, España
- García Arizaga Ma. Tereza y Lugo Hubp José, (2003), “El relieve mexicano en mapas topográficos”, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México
- García, E. CONABIO., “Climas (Clasificación Köeppen, modificado por García) escala 1:1000, 00” PDF, México, 1998
- González de Vallejo, (1977), “ Aplicación de los mapas geomorfológicos a la planificación urbana como un ejemplo de Tenerife”, Boletín Geológico y Minero
- Guadarrama, Gerson, (2011), “Elaboración e interpretación de la carta geomorfológica escala 1:50 000 de la hoja Tenango del Valle”, Tesis para optar por el grado de la Licenciatura en Geografía, Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México
- Gutiérrez , Mateo, (2008), “Geomorfología”, España, Pearson
- ILSE (Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, Organismo Internacional), (2005), [Consultada:] el 25 de Mayo de 2015, Disponible en Internet <http://www.ilce.edu.mx/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), (2005), “*México en cifras*”, [Consultada:] el 25 de Mayo de 2015. Disponible en internet <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=29>
- Instituto de Geografía de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), “Atlas Nacional de México (1990-1992)”, [Consultado] el 20 de Agosto de 2015. Disponible en internet [http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/tomo\\_2/naturaleza.php](http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/tomo_2/naturaleza.php).
- J. Edward y K. Frederick (2010), “Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física”, Ed. UNED-Pearson, Madrid España
- King, Cuchlaine, A.M. (1984), “Geografía Física”, Ed. Oikos-tau, Barcelona
- López Blanco Jorge, Tapia Varela Guadalupe, (2001), “Mapeo Geomorfológico analítico de la porción central de Cuenca de México: unidades morfo genéticas a escala 1:100, 000”, Instituto de Geografía, UNAM

- Luca Ferrari, Arturo Gómez, Orozco Ma. Teresa, (2005), “Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana”, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, UNAM
- Luca, Ferrari, (2014), “Tectónica y volcanismo en el Cinturón Volcánico Transmexicano”, Instituto de Geología, UNAM
- Lugo Hubp, José, (1988), “Elementos de Geomorfología aplicada (Métodos cartográficos)”, Instituto de Geografía, UNAM
- Lugo Hubp, José, (1990), “ El relieve de la República Mexicana”, Instituto de Geología, UNAM
- Lugo Hubp, José, (1992), “La superficie de la Tierra, (Procesos catastróficos, mapas, el relieve mexicano), Fondo de Cultura Económica, México
- Lugo Hubp, José, (2011), “Diccionario Geomorfológico”, Instituto de Geografía, UNAM
- Mantero, José María, (1974), “Cartografía General”, Barcelona, España
- Max Eckert-Greifendorff, (1961), “Cartografía, México, D. F., Hispanoamericano
- Miranda, Miguel, (2006), “Caracterización Geomorfológica de la Carta E14A28 Villa del Carbón, Estado de México”, Tesis para optar por el grado de Licenciado en Geografía, Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México
- Monkhouse, F.J., (1978), “Diccionario de Términos Geográficos”, Oikos-tau Ed. Barcelona, 560 pp
- Observador Tlaxcalteca [Consultada:] el 30 de Septiembre de 2015. Disponible en Internet: <http://www.observadortlaxcalteca.com/porta/noticias/estado-de-tlaxcala-debe-urgentemente-actualizar-su-atlas-de-riesgos-santiago-sesin-maldonado>
- Ortiz, Mario, (1990), “Perfiles geomorfológicos complejos (Significado y aplicación en la interpretación morfo tectónica), Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Palacios David, De Marcos Javier, (1996), “La elaboración de la Cartografía de riesgos geomorfológicos y su aplicación en áreas de alta montaña”, Serie Geográfica, vol. 6
- Passamai, Víctor José, (2009), “Termodinámica Básica”, Universidad Nacional de Salta

- Pedraza, Gilsanz, (1996), “Geomorfología (Principios, Métodos y Aplicaciones), Ed. Rueda, Madrid.
- Pellicer, Francisco, (1993), “El color del Lenguaje Cartográfico”, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza
- Peña Monné, Jose Luis, (1997), “Cartografía Geomorfológica básica y aplicada”, Ed. Geoformas, España.
- Pérez, Rufino, (2003), “Propuesta de normalización para a representación cartográfica de internet. Aplicación a los mapas geomorfológicos”. Tesis Doctoral en Ingeniero en Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid
- Petrovna, Jorge, (1974), “Geografía Física General”, Universitaria de Buenos Aires
- Pozo Manuel, González Javier, Giner Jorge, (2011), “Geología practica (Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas”, Universidad Autónoma de Madrid, España
- Rojas, Vilches Octavio, (2008), “Tiempo Geológico”, Facultad de Arquitectura- Urbanismo- Geografía, Unidad de Concepción, Chile
- Romero Díaz, López Bermúdez, (1987), “Morfometría de redes fluviales: revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir”, Papeles de Geografía (física)
- Sala María, “Geomorfología actual: guía conceptual temática y bibliográfica”, [Consultada:] el 19 de Mayo de 2015. Disponible en Internet <http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/45984/56810>
- Santillan Gerardo, (2013), “Todo Tlaxcala en alto riesgo ante fenómenos naturales”, [Consultada:] el 27 de Septiembre de 2015. Disponible en Internet <http://e-tlaxcala.mx/nota/2013-10-16/seguridad/todo-tlaxcala-en-alto-riesgo-ante-fen%C3%B3menos-naturalesg>
- Solares, Héctor, (2015), “Concepción e implementación de un módulo geomático para la generación de Cartas Morfo métricas”, Tesis para optar el grado de Maestro en Análisis Espacial y Geo informática, Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México
- Strahler A. y Strahler A., (1978), “Geografía física”, Ed. Omega, Barcelona
- Terradez Manuel, (2008), “Análisis de Componentes Principales”, Ed., UOC, México

- TY-JOURTI, Los volcanes del Sistema Volcánico Transversal, Investigaciones Geográficas (Mx) VL, [Consultada:] el 22 de Noviembre. Disponible en Internet [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)
- Van Gigh J. (1981), “Teoría General de Sistemas Aplicada”, Trillas, México
- Viers, Georges, (1973), “Geomorfología”, Barcelona, España
- Vilchis Luz del Carmen, “El holismo: uno más de los sustentos metodológicos del diseño”, Revista Digital Universitaria [en línea], 1 de Agosto de 2013. Vol. 14, No8 [Consultada:] el 9 de mayo de 2016, Disponible en Internet <http://www.revista.unam.mx/vol.14/num8/art25/index.html>
- Yoli, Fernand, (1982), “La Cartografía”, Ariel, España