



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

“Análisis Cartográfico Geomorfológico del Centro-Oriente del estado de Guerrero”.

Tesis

Que para obtener el título de:
Licenciada en Geografía

Presenta
Adriana López Boyer

Director de Tesis:
Dr. José Inocente Lugo Hubp



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Quiero agradecer en primer lugar al Doctor José Lugo Hubp por todo su apoyo, paciencia y confianza en mí. Sin eso nunca hubiera podido acabar mi tesis. El mejor maestro que he conocido. Gracias querido doctor Lugo.

A Rogelio, mi papá, que gracias a nuestro trato tuve el ánimo y la energía para poder terminar. Gracias por todo papito. Te amo.

A Ivonne mi mamá por ser la mejor mami del mundo y David, mi adorado hermano por su apoyo incondicional. Los amo.

A la doctora Georgina Calderón por sus consejos, siempre atenta a los estudiantes.

A Pedro Montes Cruz por su tiempo, excelente trabajo y consejos.
Al doctor José López García. Al doctor Lorenzo Vázquez Selem.

A Verónica Ochoa Tejeda y a Jean Francois Parrot por todo su apoyo, energía, conocimiento y sobre todo por su tiempo dedicado a mi trabajo.

A Marilú y Manolo, los culpables del tema de mi tesis.

A mi queridísima Norma Blázquez, gracias por todo tu apoyo y cariño, por ser como mi hada madrina, siempre guiándome. A Javier Flores y a Diana. Los quiero muchísimo a los tres.

A mis amigas bellas y queridas: Isabel Guitián, Alezandra y Bibiana Robledo, Citlali Tuero, Deva Baumbach, Natta Haotzima, Amaranta Jácome, Guilián López, Prabhu Atma Valuet, Lucy Damián, Eugenia Highland, a Moni Flores, Alhelí Pérez y Renata Wimer. Gracias por ser mis amigas.

A Melba Gutiérrez.

A mis aluminitas lindas Elsa Guevara, Margarita Favela, Olga Bustos, Itzel Dressler, Olivia Tena, Mara Ríos, Maricarmen Legorreta y Hanako Takayanaqui. He aprendido mucho de todas ustedes, gracias.

A todas y todos mis maestros y maestras, gracias por su generosidad.

A la UNAM, mi casa de estudios académicos por su invaluable generosidad que nos permite adquirir conocimientos y otra opción de vida a miles de mexicanas y mexicanos.

A la preciada Triple Joya, lo máspreciado y maravilloso que he encontrado en mi vida. Espero que el esfuerzo de este trabajo sirva para que todos los seres puedan ser felices y puedan dejar de sufrir y puedan encontrarse con la Triple Joya.

GEOMORFOLOGÍA PRELIMINAR DEL NORESTE DEL ESTADO DE GUERRERO

INDICE

Introducción	2
I.La cartografía geomorfológica	5
Morfología	8
Génesis	8
Edad del relieve	9
Historia Evolutiva	9
Dinámica actual	10
II. Generalidades	13
Clima	14
Hidrología	17
Suelos	20
Vegetación	28
Fauna	31
Actividad Económica	32
I.Geología	32
Paleozoico	36
Mesozoico	37
Jurásico	37
Cretácico	38
Terciario	39
Evolución geológica	41
II.Geomorfología	43
Red Fluvial	47
Cartografía geomorfológica	48
Morfometría	48
Mapa Altimétrico o hipsométrico	49
Modelo digital de elevación	52
Mapa de Pendientes	53
Mapa de energía del relieve	56
Mapa de profundidad de disección	58
Mapa de densidad de disección	59
Mapa Geomorfológico	63
Relación entre relieve y geología	70
V. Consideraciones finales y conclusiones	75
Bibliografía	78

INTRODUCCIÓN

El grupo de estudios ambientales (GEA) es una asociación civil que hace varios años se ocupa de problemas en comunidades indígenas, relacionados con los productos transgénicos, la actividad agrícola y otros temas. Un caso particular es el de una zona del norte del estado de Guerrero, conocida como La Montaña, donde la organización mencionada lleva a cabo el proyecto de trabajo Manejo Campesino de Recursos Naturales (MACARENA), en los municipios de Chilapa (Chilapan, del vocablo náhuatl Chilar, *en el agua*; otra versión, *en el río rojo*). Zitlala (*cerca de las estrellas u hormigas*), Mártir de Cuilapa (*río de la inmundicia*) y Ahuacotzingo, en conjunto con la Sociedad de Solidaridad Social *Sanquesan Tirene* (seguimos estando juntos, en náhuatl).

El proyecto MACARENA tiene como fin crear estrategias y actividades para que los campesinos puedan aprovechar los recursos y simultáneamente conservarlos: conocer procesos como la infiltración del agua, los tipos de suelos y su relación con la vegetación y cultivos, con la erosión de los mismos, incluyendo su vulnerabilidad, el relieve y otros factores del medio físico. Por esta razón es conveniente un estudio geomorfológico preliminar, como un primer acercamiento al tema de estudio.

El objetivo principal de este trabajo consiste en un análisis del relieve, mismo que se acompaña de la elaboración de una serie de mapas geomorfológicos que

pueden ser útiles para el conocimiento básico de la zona, y su aplicación en los temas antes mencionados.

La zona objeto de estudio queda comprendida en una porción de cinco cartas topográficas escala 1:50,000 del INEGI: Zicapa E14C19, Chilapa de Álvarez E14C29, Quechultenango E14C39, Ahuacotzingo E14D21 y Olinalá E14D11. Ante la dificultad de elaborar un mapa geomorfológico en la escala mencionada, por el factor tiempo, además que es una tarea que excede los propósitos de una tesis de licenciatura, se decidió realizar una serie de mapas en escala media 1:250,000, mismos que de acuerdo con los principios básicos de la cartografía general, y en particular de la geomorfológica, tiene como fin sintetizar la información temática de un amplio territorio para conocer las unidades delimitadas como tales y la relación que guardan. En lo que se refiere a las formas del relieve se delimitan aquellas de dimensión mayor a 6 km² o sea un cm² en el mapa, como mínimo.

Los diversos mapas elaborados fundamentalmente a partir de la interpretación de mapas topográficos y geológicos proporcionan una información útil para el usuario, tanto en lo que se refiere al conocimiento de la zona en estudio, como en la aplicación en el uso del suelo y otros aspectos ambientales. Al mismo tiempo el estudio realizado representa sólo una primera etapa, la de interpretación en gabinete, misma que se debe continuar con el trabajo de campo. Posteriormente se pueden realizar estudios complementarios de mayor especialidad y en escalas más grandes.

La tesis se divide en 4 capítulos. El primero trata de aspectos generales de la geomorfología y la cartografía geomorfológica y tiene como fin fundamentar la metodología aplicada. El segundo capítulo es una explicación general del medio físico, indispensable en el análisis del relieve por la relación estrecha con éste. Incluye el clima, el agua de escurrimiento superficial, el suelo, la vegetación, la fauna y el más importante, la geología.

El tercer capítulo trata el tema central de la tesis, la geomorfología, el análisis del relieve por medio de mapas topográficos y geológicos, incluyendo métodos digitales. De esto resultaron mapas morfométricos, el modelo digital de elevación y el mapa geomorfológico. El cuarto y último capítulo es el de las consideraciones finales y conclusiones.

Se incluyen algunos significados de nombres de origen náhuatl, de acuerdo con la interpretación de Romero (1987), Cabrera (1994) y Jaso (1997).

I. LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

La representación gráfica del relieve terrestre ha sido tradicionalmente uno de los temas fundamentales de la Geomorfología. Esto radica en la complejidad que significa el representar formas del relieve desde las diminutas de centímetros a las globales, tema que ha sido tratado por varios autores, como Engeln (1942), Tricart y Cailleux (1965), y Piotrowsky (en Lugo, 2004), entre los principales.

Un problema inicial a resolver en el estudio geomorfológico de una superficie determinada, consiste en definir sus dimensiones y la escala de representación cartográfica. En la medida que ésta se hace más grande o más pequeña cambian las formas del relieve, así, los mapas correspondientes representan formas diferentes para una misma región. De manera convencional la escala se clasifica en muy grande, grande, mediana, pequeña y muy pequeña (cuadro 1).

La escala más pequeña es la que representa en su totalidad al planeta Tierra y en un tamaño estándar es aproximadamente 1:50,000,000. Al contrario, la escala más grande se aplica a localidades pequeñas donde se requiere una representación a detalle, lo que generalmente tiene fines prácticos inmediatos, como un valle fluvial donde se proyecta y construye una presa, una obra minera, un deslizamiento de tierras u otras. La reducción del objeto estudiado del orden de hasta 1:50,000 se considera escala grande. Es favorable porque el mapa estándar cubre una superficie aproximada de 1,000 kilómetros cuadrados. Lo que permite representar formas del relieve de por lo menos 150 metros de longitud.

La escala media, hasta el medio millón, permite la representación del relieve conjugando formas exógenas (fluviales, eólicas, marinas, etc), con las tectónicas y estructurales.

Las formas más pequeñas en escala millonaria son por lo general estructuras endógenas mayores, o conjuntos de formas exógenas que dominan en un amplio territorio (formas eólicas, periglaciares, etc).

Cuadro 1. Clasificación de los mapas geomorfológicos, de acuerdo con la escala, (Dumitrashko y Scholz, en Vázquez Cerón, 2001).

GRAN ESCALA	Planos geomorfológicos	1:10 000 y mayores
	Mapas geomorfológicos básicos	1:10 000/1:25 000
	Mapas geomorfológicos detallados	1:25 000/1:100 000
ESCALA MEDIANA	Mapas geomorfológicos sinópticos de escala media	1:100 000/1:500 000
	Mapas geomorfológicos sinópticos de pequeña escala	1:500 000/1:1000 000
PEQUEÑA ESCALA	Mapas geomorfológico de países	1:1 000 000/1:5 000 000
	Mapas geomorfológicos de continentes	1:1 000 000/1:30 000 000
	Mapas geomorfológicos del mundo	1:30 000 000 y menores

En relación con esta clasificación, el mapa geomorfológico elaborado pertenece a la categoría de los mapas en escala media, 1:250,000, aunque se hizo a partir de la interpretación de mapas topográficos a 1:50,000.

La clasificación de los mapas en función de la escala se relaciona con formas del relieve de dimensiones determinadas (cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de las formas del relieve terrestre (Piotrowsky, 1977, en Lugo, 2004).

MAGNITUD (orden)	SUPERFICIE	DIF. ALTURAS (metros)	EJEMPLOS	ESCALA DE REPRESENTACIÓN
I	Millones de km ²	Hasta 20 000, 2500-6500 prom.	Continentes, cuencas oceánicas	1:50 000 000
II	Decenas y miles de km ²	Max. 11 000 m 500-4000 m prom.	Altiplanos, sistemas montañosos continentales y oceánicos, depressiones cratónicas y oceánicas.	1: 10 000 000 1: 1 000 000
III	Cientos y miles de km ²	200-2000	Montañas, grandes cuencas, algunas trincheras.	1: 1 000 000 1: 100 000
IV	Cientos y miles de m ²	200-300	Colinas, terrazas, poljes, barrancos	1: 50 000 1: 10 000
V	m ² y cientos de m ²	Metros y decenas de m.	Bancos de cauce, barrancos, dolinas	1: 25 000 1:5000
VI	dm ² y m	0.1 a 1-2	Montículos, cárcavas	1:5000
VII	cm y dm	cm ² y dm ² a m ²	Cúmulos, estrías	-----

Morfología

Al describir las formas del relieve en lo cualitativo y cuantitativo se realiza un acercamiento a la comprensión general de la superficie terrestre. Para el caso de la zona de estudio se elaboraron mapas especiales, como el altimétrico que facilita la lectura del relieve; el mapa de relieve sombreado con base en el modelo digital de elevación que expresa el relieve en tercera dimensión; los mapas morfométricos que cuantifican la longitud de la red fluvial por unidad de superficie, la profundidad de disección, la energía del relieve, la pendiente del terreno y la disección total.

En lo cualitativo el relieve se clasifica en las formas elementales de planicie, montañas, elevaciones menores, lomeríos y piedemonte. En otra jerarquía de más detalle, se considera el elemento ladera, en lugar de montañas y lomeríos.

Génesis

La clasificación general aceptada de las formas del relieve terrestre en cuanto a su origen es en endógenas y exógenas. Las primeras se deben a los procesos internos de la Tierra, y se relacionan con la actividad tectónica de movimientos horizontales y verticales, incluyendo los orogénicos, en otro grupo se considera las formas debidas al volcanismo.

Las formas originales del relieve son las endógenas y los procesos modeladores condicionados por la fuerza de la gravedad y el clima dan origen a las exógenas,

las que a su vez se clasifican en formas erosivas y acumulativas. Los procesos principales que modifican el relieve terrestre están condicionados por el agua de escurrimiento superficial, el agua subterránea, la gravedad, el viento, el mar, el hielo, organismos y el ser humano (cuadro 3).

Edad del relieve

Este ha sido tradicionalmente uno de los temas mas controvertidos de la Geomorfología. Se acepta que la edad de las formas del relieve debe explicarse en términos geológicos utilizando la terminología correspondiente. El problema principal es definir la edad de las formas, ya que su presencia en la superficie terrestre, aunque en la mayoría de los casos es del Cuaternario, o sea los dos últimos millones de años, en muchos casos están presentes desde el Plioceno o Mioceno, por lo menos, pero evidentemente a lo largo del tiempo han sufrido modificaciones sustanciales.

Historia evolutiva

Con base en lo anterior, la evolución del relieve se interpreta con fundamento en los estudios geológicos, lo que en la zona en estudio se aplica con precisión por el conocimiento de la edad de los procesos orogénicos y en general, por la columna estratigráfica, cuya edad varía del Paleozoico al Cuaternario.

Dinámica actual

Ya que el relieve terrestre se encuentra en una transformación permanente por los procesos endógenos y exógenos, es necesario identificarlos por lo menos en lo cualitativo, aunque lo ideal es considerar las velocidades de transformación del mismo.

Cuadro 3. Los procesos exógenos (Lugo, 1988).

AGENTES	PROCESOS	FORMAS
Energía solar, agua, cambios de temperatura organismos.	Intemperismo	Costra de intemperismo, suelo
Agua en la superficie	Erosión y acumulación fluvial. Acumulación diluvial y proluvial	Valles, planicie aluvial. Mantos de piedemonte, conos de eyecciones
Agua subterránea y superficial, nieve, gravedad	Remoción en masa (gravitacionales: erosión o denudación). Acumulación coluvial.	Circos de erosión, escarpes; manto coluvial, cono dendrítico.
Agua subterránea	Carso (karst) o carsificación	Lapiaz, dolinas, poljes, uvaes, grutas.
Hielo	Erosión glaciárica (exaración) y acumulación.	Circos, valles, morrenas.
Viento	Erosión eólica (deflación y acumulación).	Hoyas de deflación; barjanes, dunas
Mar (olas, mareas, corrientes)	Erosión (abrasión) acumulación marina	Cantiles, nichos; playas, bancos, barras
Hielo-agua en el subsuelo	Criógenos (termokarst)	Hidrolacolitos, suelos estructurales
Agua subterránea y hielo Agua superficial-mar	Fluvioglaciáricos Fluviomarinos	Manto fluvioglaciáricos eskers. Planicie deltaica
Ser humano	Erosión (excavación) y acumulación (relleno)	Minas a cielo abierto, canteras; jales, basureros.

De acuerdo con lo anterior, el trabajo geomorfológico, motivo de esta tesis, consiste en la elaboración de un mapa geomorfológico a escala 1:250,000, por lo que se ajusta a la definición de la escala mediana, en donde se representan

fundamentalmente formas del relieve de tercer orden. Por lo mismo, resulta una relación estrecha entre relieve y estructura geológica.

No todas las unidades o formaciones geomorfológicas tienen una clara expresión en el relieve, esto ocurre en aquellas que afloran en grandes superficies, lo que refleja que no fueron cubiertas por otras unidades geológicas más jóvenes en gran medida, o bien que transcurrió un tiempo considerable para que la erosión removiera capas de rocas menos resistentes que las actuales. Otro tema de interés, tratándose de un sistema montañoso joven y con actividad en el Neógeno-Cuaternario, es el relieve que expresa la interacción de movimientos de levantamiento al tiempo que la erosión se encarga de la nivelación. Por esta razón se incluye en el mapa geomorfológico una clasificación altitudinal de las unidades geológico-geomorfológicas principales, como una expresión de los movimientos de levantamiento diferencial.

El mapa geomorfológico elaborado permite a través de formas del relieve como los valles fluviales, los escarpes regionales, la orientación y pendiente de las laderas montañosas y de las líneas divisoras de aguas, el reconocimiento de lineamientos debidos a factores estructurales (el rumbo de las capas, de los ejes de los pliegues y de las fallas y fracturas), lo que a su vez se relaciona con movimientos tectónicos modernos.

Los mapas en escala mediana cumplen también con otro objetivo que es el de tener una información básica de una región amplia, para que se puedan continuar los estudios de manera selectiva elaborando mapas geomorfológicos en escala más grande, en este caso la de 1:250,000 resultaría muy conveniente para representar otras formas del relieve de cuarto y quinto orden (cuadro 2). La cartografía geomorfológica se ha guiado por dos criterios. Primero, el estudio general del relieve cubriendo gradualmente territorios determinados y aplicando una de las metodologías de aceptación general. El segundo criterio se relaciona con la cartografía dirigida a la solución de problemas determinados, como planificación del uso del suelo, peligros por fenómenos naturales, búsqueda de yacimientos minerales, geotecnia y otras. En este caso los estudios se realizan en áreas seleccionadas, lo que se puede hacer con mejor precisión a partir del análisis de los mapas en escala menor.

II. GENERALIDADES

La zona de estudio se localiza en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, en el estado de Guerrero al norte de la ciudad capital Chilpancingo; aproximadamente de los $17^{\circ} 15''$ a los 18° de latitud Norte y entre los $98^{\circ} 45''$ y 99° de longitud Oeste (Fig. 1). Corresponde a las subprovincias fisiográficas de la Cordillera del Sur y Sierras y Valles Guerrerenses (INEGI 1988). El relieve es de elevaciones de 500 a 3200 msnm, en donde predominan

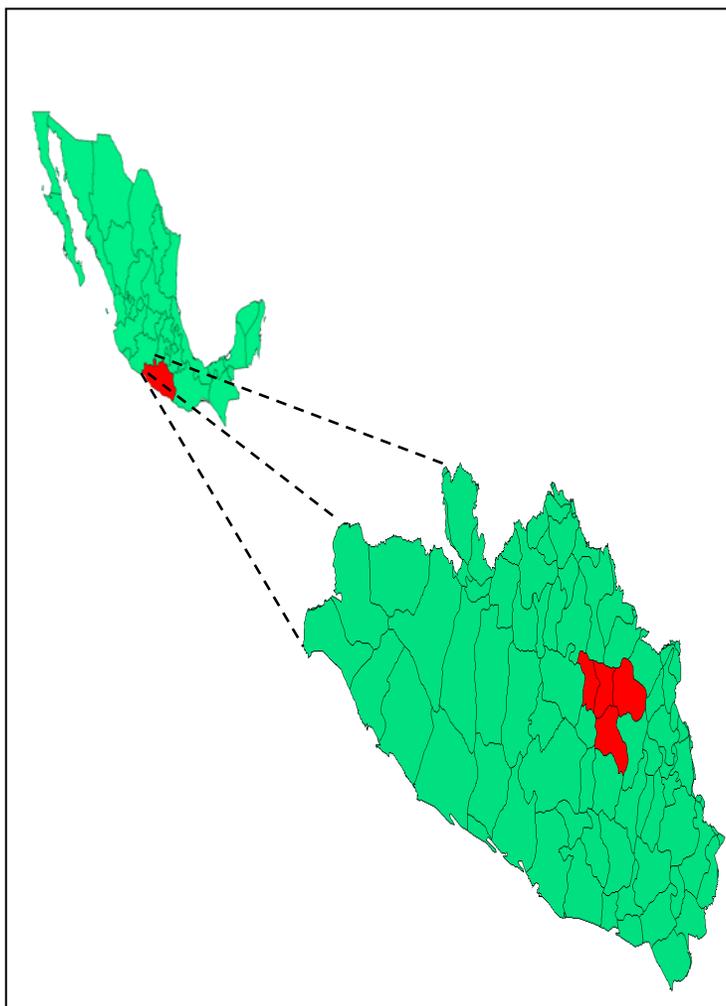


Figura 1. Localización de la zona en estudio en la República Mexicana y el estado de Guerrero.

las mesas, conjuntos de montañas, elevaciones menores, lomeríos y valles intermontanos. En esta zona las poblaciones más importantes son Chilapa de Álvarez, Olinalá (*donde abunda el agua en movimiento*), Ahuocotzingo, Quechultenango y Zitlala. En general está poco poblada y con escasas comunicaciones terrestres.

Clima

La información relacionada con el clima que se presenta a continuación está basada en García Amaro (2004). En general, en toda la zona de estudio predomina el clima *Aw* (cálido subhúmedo con lluvias en verano), cálido, semicálido y templado subhúmedo. La época de lluvias comprende los meses de junio a septiembre; julio es el mes más lluvioso. La precipitación media anual es de 1100 milímetros. La temporada más calurosa se presenta en verano. La temperatura media anual varía de 20 a 22° C.

En la República Mexicana los lugares con clima *Aw* se extienden a lo largo de la vertiente del Pacífico, desde el paralelo 24° N hacia el sur y abarcan desde el nivel del mar hasta una altitud de 800-1000 m; por el lado del Golfo de México se les encuentra al sur del paralelo 23° N, en algunas de las porciones más bajas de la llanura costera, y también en la mayor parte de la península de Yucatán, así como en algunas zonas interiores, como la Cuenca del Balsas y la Depresión Central de Chiapas.

Los climas *Aw*, se dividen en tres tipos: el *Awo*, el más seco de los subhúmedos; el *Aw1*, el intermedio entre el *Awo* y el *Aw2*, y el *Aw2*, que es el más húmedo de los subhúmedos. En el siguiente cuadro podemos apreciar los datos de cuatro estaciones de la zona y vemos que predomina el *Aw1* a excepción de la estación Huayacantenango que es *Aw2*

Cuadro 4. Temperatura y precipitación pluvial.

Estación	Temp. máxima	Temp. mínima	Precip. máxima	Precip. mínima	Temp. media anual	Precip. media anual	Clima
Huayacant enango 2083 msnm	21.3°C en abril y mayo	19.7°C en enero	326.3 en julio	2.0 en marzo	20.°C	1515.2	A@w2(w)ig
Nanzintla 980 msnm	26.3°C en mayo	23.3°C en enero	295.9 en septiembre	3.8 en marzo	24.8°C	1363.4	Aw1(w)(i) gw''
Olinalá 1 1450 msnm	25.5° C en el mes de mayo	18.5° C en diciembre	218 mm en agosto	4.7 en diciembre	22° C	1021.4 mm	A@w1(w)i' g
Olinalá 2 1400 msnm	25.8° C en el mes de mayo	19.4 en enero y diciembre	206.2 mm en junio	3.4 en diciembre	22.4° C	987.1	Aw1(w)i'g w''
Colotlipa 840 msnm	26.3° C en mayo	22.7° C en enero			24.4° C	1219.4	Aw1(w)ig
Chilapa 1450 msnm	21.6° C en mayo y junio	16.3° C en enero	195.8 en septiembre	2.6 en enero	19.3° C	989.9	(A)Cb(w1)(wi')gw''

La precipitación media anual más baja se registra en Olinalá, a 1400 msnm, llueve prácticamente todos los meses del año, aunque de noviembre a abril los valores son en promedio de 14 mm. En mayo y octubre los valores ascienden de 72 a 78 mm en cada uno y los 4 meses restantes de junio a septiembre la precipitación es considerable con un máximo de 206 mm en junio y mínimo de 190 en julio.

En Chilapa (1450 msnm) los datos de precipitación son semejantes a los de Olinalá, con 989.9 mm anuales en promedio, con lluvias muy escasas en febrero y marzo de menos de 4 mm. De 12 a 24 mm en noviembre, diciembre, enero y abril. En mayo sube a 61 mm y los meses del verano de junio a septiembre es de 172 a 196 mm. La precipitación es homogénea de julio a septiembre y desciende a 89 mm en octubre.

Los valores más altos de precipitación corresponden a la estación Huayacatenango, lo que se relaciona con un cambio importante de altitud. La estación está a 2083 msnm, casi 760 metros más alto que Olinalá. La precipitación es escasa en febrero y marzo, mayor a 4 mm de 14 a 19 mm en enero, abril y diciembre. Los valores intermedios se presentan en mayo con 68.2 mm y 43 mm en noviembre. De junio a septiembre la precipitación varía de 242.9 mm en junio a 326.3 en julio. Valores aproximados ocurren en agosto y septiembre.

La estación Nanzintla (*al pie de la madre*) se encuentra en la menor altitud, a 980 msnm. Registra una precipitación media anual de 1363.4 mm. Los valores mínimos inferiores a 12 se presentan de enero a abril y en diciembre. Ligeramente más alto, 18.5, corresponde a noviembre y 53.1 a mayo. Aumentan considerablemente en junio con 241.7 con el máximo en septiembre con 295.9 mm.

Los datos de precipitación mencionados reflejan que en los meses de verano hay un escurrimiento considerable e infiltración en las zonas que la litología favorece este proceso. Además de la importancia que tiene esto con la capa de suelo-vegetación y utilización del recurso agua, se reconoce una fuerte actividad de los procesos erosivos-fluviales. Esto se alterna con la etapa contrastante de casi ausencia de lluvia de 4 a 6 meses en el año.

En Ahuacotzingo los climas que se presentan son el cálido subhúmedo, el semicálido subhúmedo y el semiseco.

En Chilapa son el cálido subhúmedo, el templado húmedo, el semicálido subhúmedo, y en menor proporción el semicálido subhúmedo. La temperatura anual es de 28°C. En abril y mayo se presentan las temperaturas más altas, de hasta 35°C. Las lluvias ocurren de mayo a septiembre con más de 1400 mm. En la época más seca la lluvia es de menos de 900 mm.

La dirección del viento en primavera es de este a oeste, y en verano de norte a sur. Los vientos predominantes son de sur a norte y de este a oeste.

Hidrología

La zona de estudio pertenece a dos cuencas hidrográficas del Océano Pacífico, de los ríos Balsas y Papagayo (Fig. 2). Entre los principales ríos que se unen al Balsas por la ribera norte se encuentran el Tepecoacuilco (*en el cerro del que anota las cabezas*), Cocula (*entre el cocolín –planta comestible*) o Iguala, Amacuzac (*río de los amates*), Polutla y Cutzamala (*donde abundan las comadreas*). Las corrientes que recibe el Balsas por la ribera sur son los ríos Tlapaneco (*lugar donde lavan*), Mitlán (*infierno*), Huacapa (*en lo alto*), Huautla (*donde abunda el blede*) o Tetela (pedregal), Ajuchitlán, Amuzgo, Tarétaro, Placeres del Oro y Guayameo (Meza y López 1996).

La región forma parte de la región hidrológica 18, conocida como cuenca del Balsas, la cual se divide en tres zonas, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH, 1986): 1) Cuenca del Amacuzac, 2) Cuencas del Atoyac y el Mixteco (alto Balsas) y 3) Cuenca del medio y bajo Balsas. En Ahuacotzingo hay tres ríos principales: el Mitalcingo, Petatlán y Pochoapa. Hay arroyos de caudal permanente como el Berros, que se encuentra en la cabecera municipal, el Duraznal y el Ahuehuetes; en época de lluvias surgen otros caudales. En Chilapa los ríos principales son el Xiloxuchicán-San Ángel; y los que escurren por la vertiente interna del Balsas; su principal corriente es el río Atzacualco-

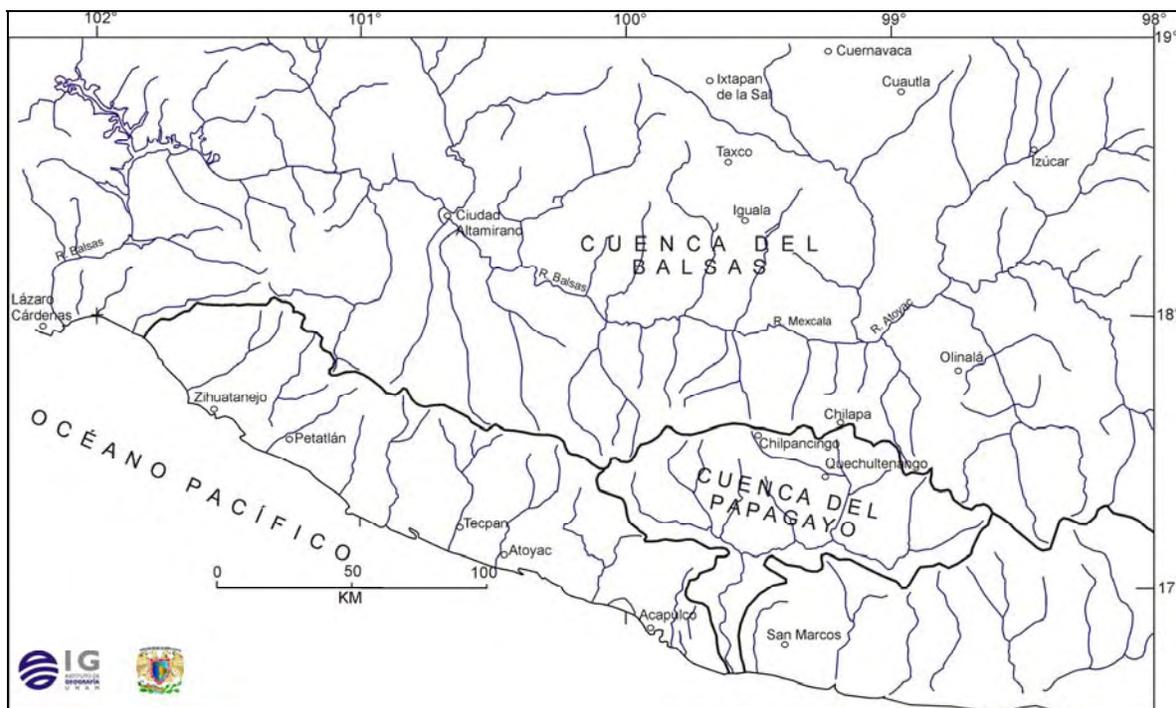


Figura 2. Cuencas hidrológicas en el plano regional.

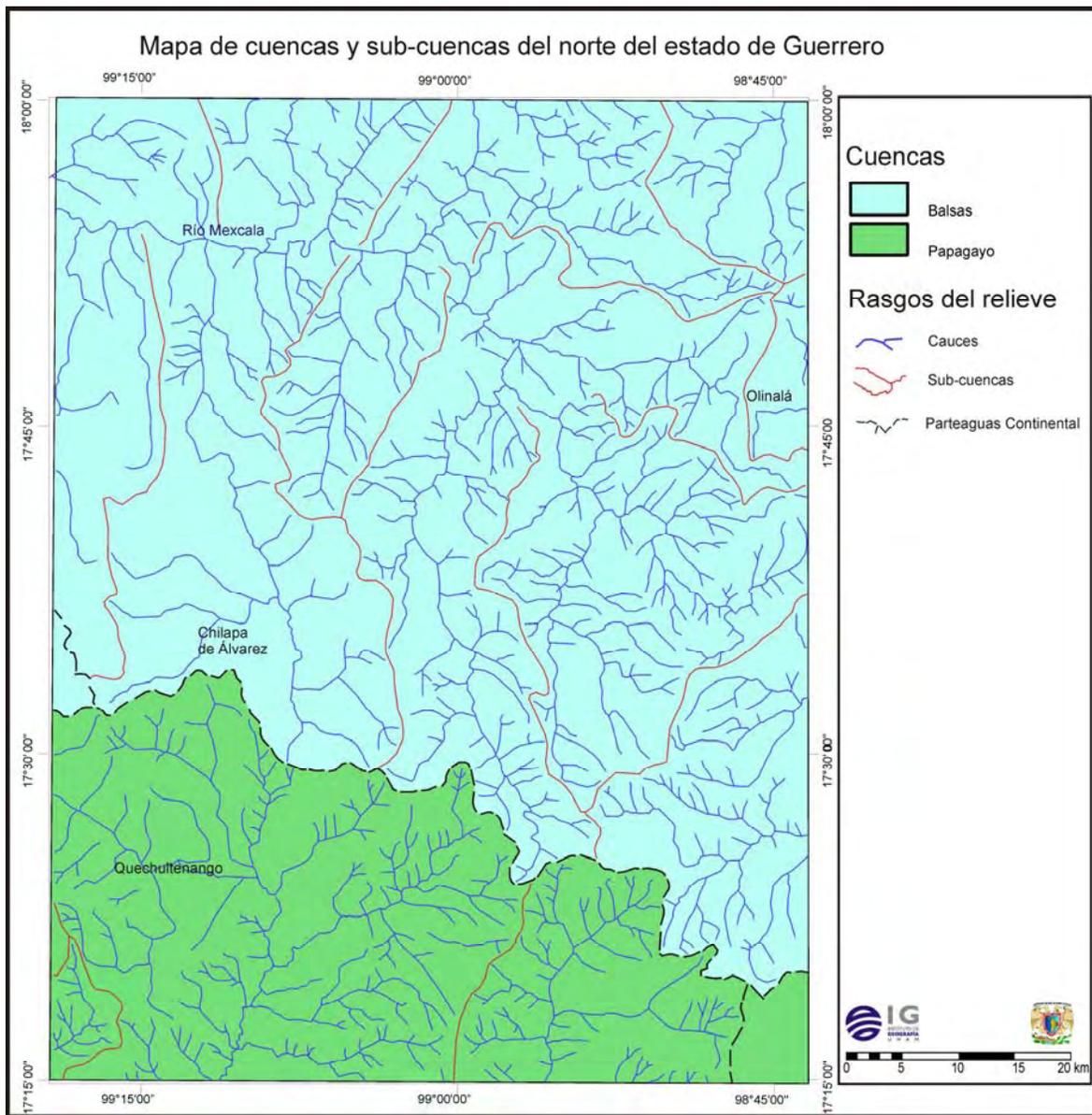


Figura 3. Corrientes fluviales principales en el estado de Guerrero y contiguos.

Acatlán. A partir del parteaguas de la zona central, de la vertiente norte de la Sierra de la Madre del Sur, las corrientes se encuentran divididas en dos.

El río Petatlán beneficia a las comunidades Aguazarca, Trapiche viejo y Petatlán, del municipio de Zitlala, y el río Pochoapa a parte de Ahuacotzingo. Además, existen otros arroyos que benefician a otras comunidades.

El municipio de Chilapa tiene como corrientes principales al río Atzacaloya que es permanente, y el Ajolotero y el Atempa que son temporales. Mártir de Cuilapa se beneficia por las cuencas de la Esperanza y Totolzintla y el municipio de Zitlala se beneficia por los ríos Balsas y Atempa (INEGI, 1997).

Hay dos presas en la región, una se localiza en Zitlala y otra en Chilapa. La primera se encuentra en la comunidad de Topiltepec, y la segunda presa está en Pantitlán; tiene una superficie de 8 Ha y su función es únicamente servir como abrevadero y cría de peces (Desaint en INEGI, 1995)

En la región se aprovechan los mantos acuíferos mediante la construcción de pozos a distintas profundidades, para uso doméstico en su mayoría.

Suelos

El suelo es un recurso natural y en México no se le ha dado la atención necesaria, cuando dependemos de él para la alimentación y en la actualidad no se tiene una cartografía a escala semidetallada (1:50, 000) de la distribución de suelos en el país. La República Mexicana está cubierta por 2300 cartas (INEGI) en esta escala, pero no hay edafológicos para todo el sureste del país. Los mapas a escala media,

1:250,000 del territorio mexicano son 122, de los cuales sólo 68 están impresos con el tema de los suelos, lo que no incluye a la zona objeto de estudio. Por esta razón se elaboró un mapa a partir de la interpretación de otros del INEGI (topográfico y geológico 1997 y 1991), así como del geomorfológico y altimétrico que forman parte de esta tesis. Las unidades generales de suelos se resumen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Tipos de suelos de la zona del norte de Guerrero. Elaborado por José López García.

UNIDADES DE SUELOS	CLAVE	Km2
Regosol Calcárico+Acrisol ortico+Litosol	Rc+Ao+l	1482.4
Regosol Crómico+Cambisol Crómico+Litosol	Rc+Bc+l	1051.7
Cambisol Crómico+Regosol Calcárico	Bc+Rc	513.2
Regosol Calcárico+ Cambiso Crómico	Rc+Bc	125.4
Rendzina+Cambisol Crómico	E+Bc	971.8
Rendzina+Luvisol Crómico	E+Lc	139.4
Luvisol Crómico+Rendzina	Lc+E	335.8
Vertisol Crómico+Luvisol Crómico	Vc+Lc	243.2
Acrisol Ortico	Ao	106.5
Luvisol Crómico	Lc	285.7
Regosol Calcárico	Rc	105.7
Total		5360.7

El estudio de los suelos en la zona en estudio es escaso. Los mapas temáticos del INEGI sobre suelos son en escala a la millonésima, insuficiente para ser utilizada en este trabajo. El problema se resolvió con la asesoría del doctor José López García, quien ha trabajado en la región y elaboró un mapa de suelos a escala 1:250,000 (Fig. 4). A continuación se presenta la explicación de los suelos que dominan en la zona

Asociación de suelos

La asociación de suelos agrupa a dos o más unidades de suelos, similares o diferentes, que se encuentran en la misma unidad geomorfológica o que se encuentran asociados genéticamente. Cuando se trata de tres suelos, el que se presenta en primer lugar es el dominante con un 60%, el segundo tiene un 25% y el tercero un 15% (FAO modificado por CETENAL, 1971). En el caso de asociación de dos suelos, la proporción del primero es del 60% y el segundo el 40% restante (Fig. 4). La descripción de las asociaciones de suelos resulta de la interpretación en forma conjunta de los mapas geomorfológicos y edafológico, para obtener una descripción integrada de las unidades de suelos.

Regosol Cálculo + Acrisol Órtico + Litosol (Rc+Ao+I)

Estos suelos se han desarrollado sobre mesas, lomeríos y montañas del complejo metamórfico paleozoico, con dominio del tipo Regosol, poco desarrollados que se caracterizan por su formación a partir de la regolita, en general son delgados con poca diferenciación de horizontes, se originan en pendiente desde ligera, con alta

pedregosidad, hasta fuerte con gran cantidad de afloramientos rocosos. Por otro lado, en áreas de depósitos antiguos se han desarrollado suelos con mucho mayor grado de evolución y en condiciones mas húmedas que las actuales, por lo que se originan suelos lavados, profundos, del tipo Acrisol, ácidos, de color amarillo. Por último en las áreas con menor desarrollo de suelos están los Litosoles, mismos que se forman sobre la superficie de roca sólida continua, entre los afloramientos.

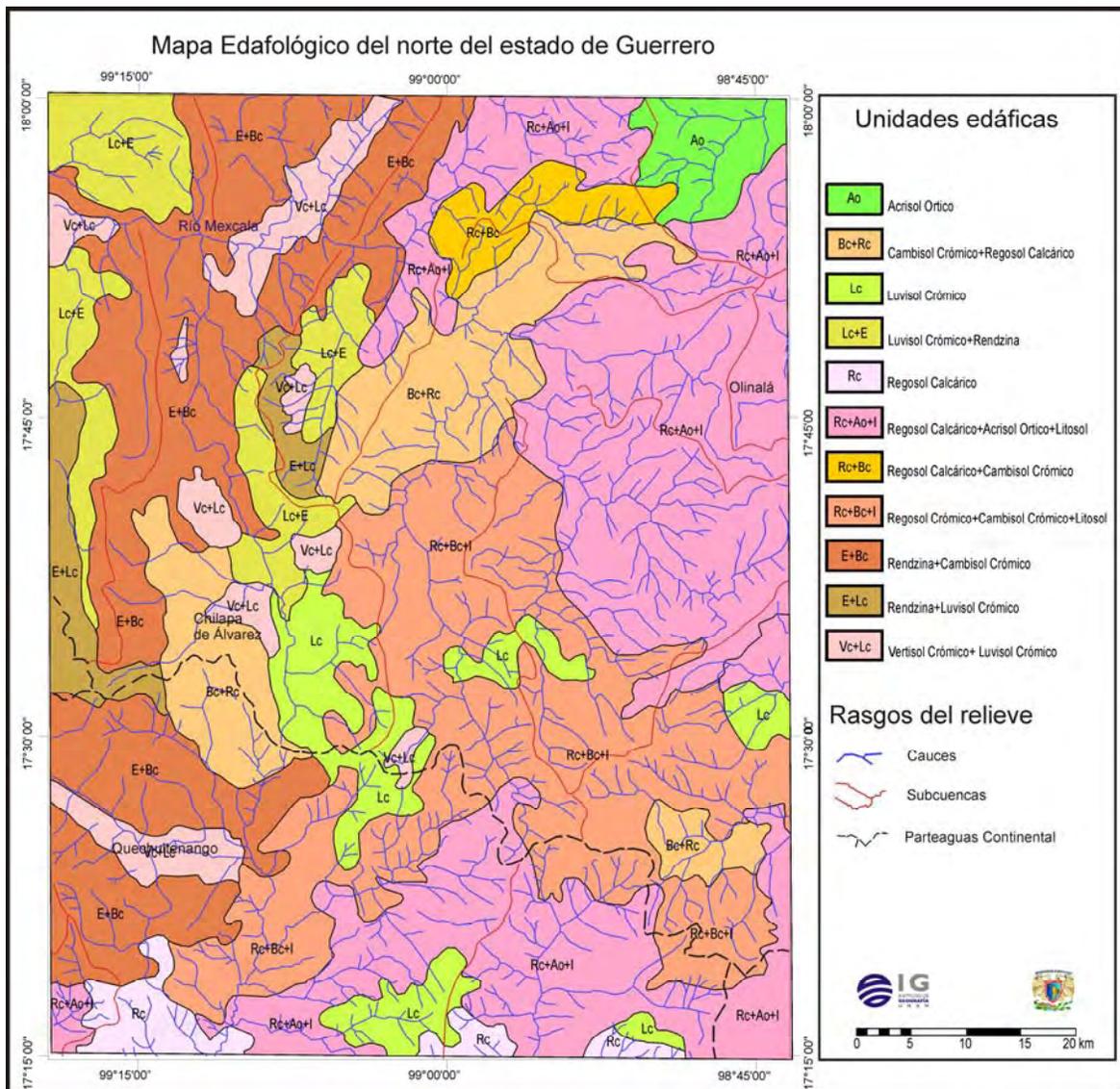


Figura 4. Mapa de suelos.

Regosol Cálxico + Cambisol Crómico + Litosol (*Rc+Bc+I*).

Esta unidad está representada por la asociación de Regosoles, suelos incipientes sobre lomeríos y mesas de conglomerado continental. En función del relieve abrupto en que se desarrollan se asocian con los Cambisoles, los cuales se localizan en áreas con mayor evolución del suelo, pero aún incipientes, los cuales

en muchos casos son utilizados en la agricultura de temporal. Por último están los Litosoles, de escaso desarrollo y asociados a zonas montañosas.

Cambisol Crómico + Regosol Cálcico y Regosol Cálcico + Cambisol Crómico
(*Bc+Rc* y *Rc +Bc*)

Asociación de Regosoles y Cambisoles, en donde la dominancia está dada por el primer suelo. Se localizan en relieve volcánico o en superficies con influencia volcánica. Son suelos asociados geomorfológicamente, en donde los regosoles con menor desarrollo, se ubican en zonas con mayor pendiente y en pequeñas depresiones. Por otro lado los cambisoles se encuentran en las áreas con menor pendiente y acumulación de sedimentos.

Rendzina + Cambisol Crómico (*E+Bc*)

Esta unidad está representada por la asociación de Rendzinas y Cambisol Crómico. El primero se desarrolla a partir de materiales calcáreos, de los cuales hereda el alto contenido de calcio y la acumulación de arcillas producto de la descalcificación de la roca. El segundo presenta un mayor desarrollo, pero también con una presencia de calcio importante. Se caracteriza por un horizonte cámbico bajo un horizonte ócrico. Son suelos que pueden intergradar hacia otros al intensificarse los procesos pedogenéticos que les dieron origen.

Rendzina + Luvisol Crómico y Luvisol Crómico + Rendzina ($E+Lc$ y $Lc + E$)

Es una asociación de suelos tipo Rendzina y Luvisol. Los Rendzinas son derivados de roca caliza u otros materiales ricas en calcio; son delgados, con una capa abundante en humus que los hace muy fértiles; son arcillosos y por lo tanto tienen una alta capacidad de retener agua. Son muy susceptibles a la erosión si son desmontados. Por otro lado los Luvisoles son suelos rojizos o amarillos en el subsuelo, con acumulación de arcilla en horizontes subsuperficiales, pH ácido. Son muy susceptibles a la erosión si son desmontados.

Vertisol Crómico+ Luvisol Crómico ($Vc+Lc$)

Esta asociación de suelos se localiza en depresiones y planicies aluviales con alto contenido de arcilla, producto de la descalcificación de la caliza, son ligeramente rojizos a rojos, debido a la presencia de óxidos de hierro. Los Vertisoles son los más aptos para la agricultura, bajo buen manejo ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presentan problemas de inundación y drenaje lento. Son de color pardo o rojizo, se localizan en clima semiseco, lo que se manifiesta en agrietamientos severos. Por otro lado los Luvisoles por lo general se encuentran hidratados, por lo que predomina el color amarillo.

Consociación de suelos.

Se refiere a la presencia de unidades de suelo individuales, que generalmente se localizan en superficies homogéneas y con procesos que determinan la formación de suelos. Se caracterizan por presentar un material parental homogéneo.

Acrisol órtico (Ao)

Son suelos lavados, amarillentos o rojizos, con alto contenido de arcilla en el horizonte subsuperficial; son profundos y formados en esta región bajo condiciones más húmedas que las actuales. Se localizan en el extremo noreste de la zona en estudio. Tienen un pH más ácido que los Luvisoles, por lo que su potencialidad agrícola es menor que en éstos.

Luvisol crómico (Lc)

Se localizan en áreas volcánicas sobre mesas y lomeríos cortados por valles erosivos. Son rojizos, ligeramente ácidos, con acumulación de arcillas en el subsuelo, formando un horizonte argílico debajo de un horizonte ócrico.

Regosol calcárico (Rc)

Suelos que se caracterizan por la ausencia de una no definición de capas u horizontes, por lo que son incipientes, sobre materiales calcáreos o bien con una contaminación con estos. Son delgados y se desarrollan sobre relieves accidentados y con afloramientos rocosos. Son poco susceptibles a la erosión, pero no tienen un mejor uso que el forestal.

Relación suelos-geomorfología

El relieve y el tipo de roca son los factores que condicionan la formación de suelos, por lo que los suelos resultantes ostentan una composición calcárea y acumulación de arcillas provenientes de la descalcificación de rocas calcáreas. El

clima seco actual hace que los suelos no puedan evolucionar hacia otros potencialmente aptos para la agricultura. El factor que limita la explotación agrícola es la pendiente del terreno, por lo que los mejores suelos son los ubicados en las planicies, vegas de los ríos y depresiones cársticas.

Vegetación

El estudio de la vegetación en la zona es escaso. Son realmente pocos los estudios climáticos que se han hecho para el estado de Guerrero, la mayoría son descripciones generales para toda la República Mexicana (Meza y López, 1996).

El estado de Guerrero cuenta con tres regiones hidrológicas con diferente clima y vegetación: Costa Grande, Costa Chica y la Depresión del Balsas. Esta última se divide, según el trabajo de Meza y López (*op.cit.*) en dos: la sierra Madre del Sur hacia el Río Balsas y la vertiente sur de la Sierra de Taxco hacia el mismo río. La zona de estudio se localiza en la Depresión del Balsas y la cuenca alta del Papagayo.

La vegetación predominante es bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, bosque de Quercus, bosque de Quercus–Pinus, y bosque de Pinus.

Los bosques tropicales caducifolios se localizan en lugares de menor humedad que el bosque tropical subcaducifolio en la cuenca del Balsas, donde alcanza su mayor desarrollo en los alrededores de Chilpancingo y en las partes bajas de la

sierra de Taxco, sureste de Ixcateopan y Taxco. En este tipo de vegetación existe un alto número de asociaciones y variantes que presentan una distribución sumamente compleja formando mosaicos (según V. Toledo; en Meza y López, 1996).

El bosque de *Quercus* se desarrolla en sitios que difieren ampliamente en condiciones ambientales, desde los 450 hasta los 2800 msnm. Existen principalmente dos tipos de encinares: de zonas húmedas y de zonas secas (Según V. Toledo, en Meza y López *op.cit.*). El bosque de *Pinus* se encuentra desde 850 hasta 3500 msnm

El matorral xerófilo se desarrolla en las áreas más secas de la Depresión del Balsas, donde las cactáceas columnares pasan a predominar sobre los árboles del bosque tropical caducifolio.

En la zona de estudio la vegetación que predomina es la de selva baja caducifolia. Ésta constituye el límite térmico e hídrico de los tipos de vegetación de las zonas cálido-húmedas. Se presenta en zonas con promedio de temperatura anual superior a 20° y precipitación anual de 1200 mm como máximo, aunque por lo común son del orden de 800 mm, con una temporada seca que puede durar hasta 7 u 8 meses y es muy severa (Pennington y Sarukhán, 1998).

Estas selvas suelen localizarse en sitios desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 1700 msnm. Especialmente se desarrolla en laderas, en terrenos pedregosos con suelos someros arenosos y arcillosos con buen drenaje superficial.

Las plantas arbóreas normalmente son de altura de 4 a 10 metros y en ocasiones alcanzan los 15 metros. Pierden sus hojas (caducifolias) en la época de secas y es muy notorio el cambio que se presenta durante las lluvias. Existen especies como el copal, pepelillos, cuajilote, gigante, órgano, uñas de gato, etc. En las riberas de los ríos hay ahuehuetes y sauces.

Otro tipo de vegetación que se encuentra en la zona, aunque en menor proporción, son los bosques de pino y encino (principalmente en la carta Chilapa). En la zona norte, de este a oeste, la palma de zoyacahuite y en la parte baja de la vertiente del Balsas; leguminosas (arbórea y arbustivas). En las lomas y laderas es pradera y pastos pobres.

Fauna

El tipo de fauna existente en la región es variado. De mamíferos podemos encontrar: musarañas (*Notiosorex gigas*), zorrillo (*Melphitis macroura*), comadreja, tejón, tlacuache, mapache, liebre, venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), zorra gris, coyote (*Canis latrans*), conejo, etc. De reptiles la coralillo, la víbora de cascabel, iguana y otras culebras. Hay animales que debido a que están en peligro de desaparecer en la región, están protegidos: la tuza, el tigre (*Felis onca*), el ocelote o tigrillo, la onza y la musaraña de cola corta (*Cryptotis magna*).

De aves podemos encontrar el zopilote, el gavilán y aves que se encuentran en peligro de extinción son el cojolite (*Penélope purpurascens*), la chachalaca, la codorniz (*Philortyx leucoprys*), la codorniz listada, el tecolotito de Tomlín, el Chichicuilotte, codorniz coluda o gallina de monte, la huilota (*Zenaidura macroura*), la paloma, el pájaro bobo (*Momotus mexicanus*), el carpintero real, el gorrión (*Curpodacus mexicanus*), el vireo de manglar (*vireo pallens*). zopilote, gavilán y otros. (Portal oficial del estado de Guerrero, www.guerrero.gob.mx/)

III. GEOLOGÍA

Las publicaciones sobre la geología de la zona en estudio son escasas. Las principales se refieren a grandes territorios del estado de Guerrero y los vecinos de Puebla y Oaxaca. Entre las contribuciones importantes están los trabajos de Salas (1949), Guzmán (1950), Erben (1956), Fries (1960), Cserna Z. De (1965), López Ramos (1979), Campa (1974, 1979), Ortega (1978, 1981), Flores de Dios y Buitrón (1982, 1986), Campa y Coney (1983), Corona (1985), INEGI (1991), Campa *et al.* (1998), Campa (2001)

La estructura geológica regional la explican Campa y sus colaboradores (1998), a partir de un basamento alóctono que constituye tres terrenos tectonoestratigráficos principales en Guerrero: Mixteco, Xolapa y Teloloapan. Sólo el primero de ellos se presenta en la zona cartografiada, en el que domina la unidad conocida como Complejo Acatlán (Fig. 5: 7). El terreno Xolapa se reconoce hacia el sur, fuera de los límites del mapa geomorfológico elaborado (Fig.5: 8).

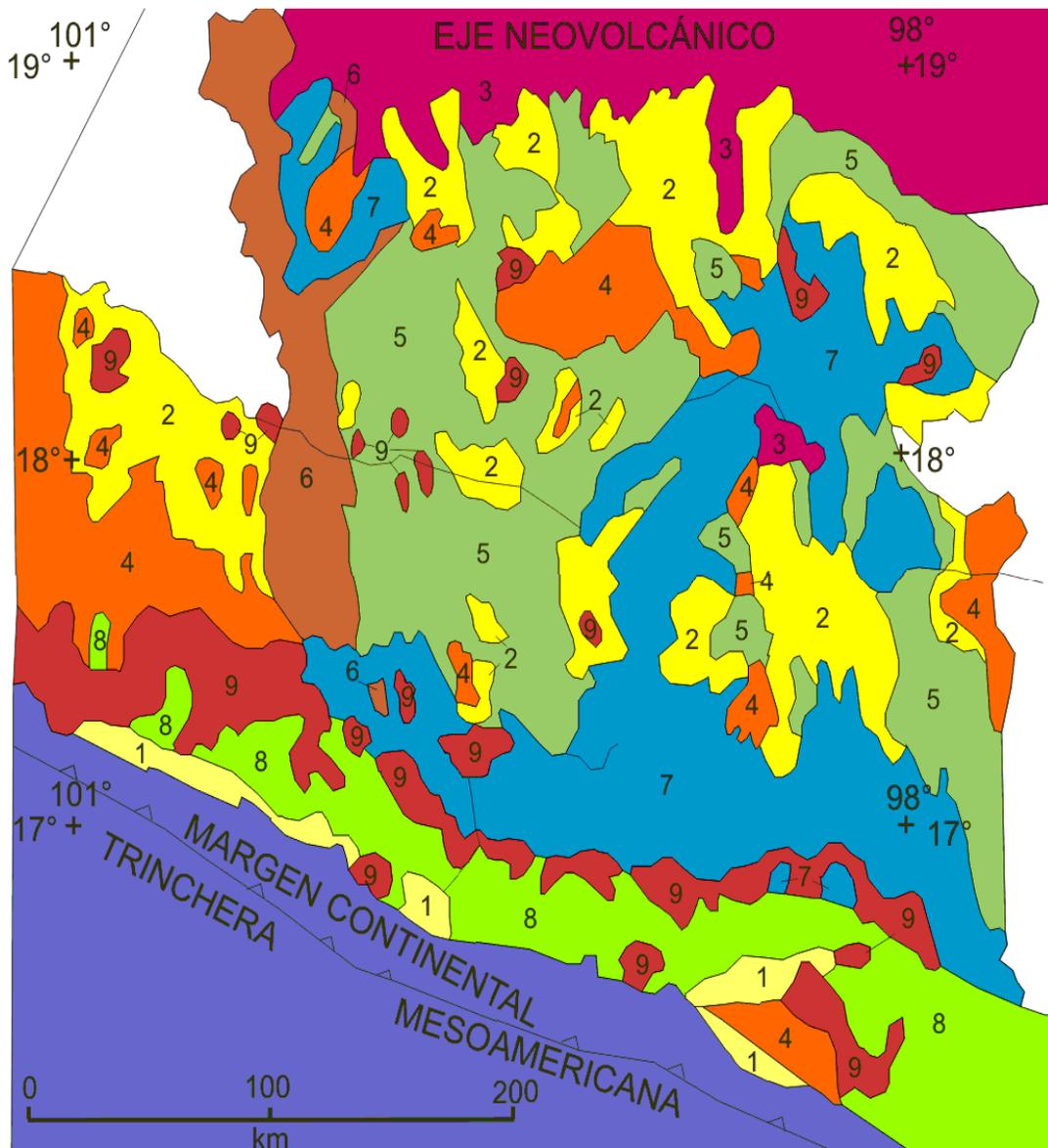


Figura 5. Esquema regional de unidades geológicas (con base en De Cserna, 1992). 1. Depósitos aluviales y marinos del Cuaternario, 2. Depósitos clásticos continentales del Cretácico al Cenozoico, 3. Rocas volcánicas del Plioceno-Cuaternario, 4. Rocas volcánicas continentales del Cretácico Tardío al Cenozoico, 5. Rocas carbonatadas y clásticas marinas y continentales del Mesozoico al Paleoceno, 6. Rocas volcánicas marinas, lentes de rocas carbonatadas del Mesozoico, afectadas por metamorfismo regional, 7. Rocas sedimentarias y volcánicas marinas del Neoproterozoico al Paleozoico afectadas por metamorfismo regional, 8. Rocas metamórficas del Precámbrico al Terciario, 9. Rocas intrusivas del Paleozoico al Cenozoico.

La geología de la zona de estudio es de una gran complejidad, característica de la Sierra Madre del Sur (figura 5). Se trata de un relieve montañoso donde predomina una estructura de esquistos paleozoicos, misma que se extiende de sur a norte, delimitada al poniente y oriente principalmente por rocas sedimentarias plegadas (calizas) del Cretácico inferior. Al sur, una estructura de rocas del tipo del granito intrusiva a los esquistos. Asimismo, estos también están parcialmente cubiertos por rocas sedimentarias del Terciario inferior (Paleógeno) consistentes en arenisca y conglomerados, así como otras volcánicas del Terciario superior (Neógeno). Al norte, lutitas, areniscas y conglomerados del Jurásico se sobreponen a los esquistos paleozoicos (INEGI, 1991; Campa *et al.* 1998, 2001).

En las rocas sedimentarias meso-cenozoicas las estructuras de pliegues y fallas tienen una orientación de sur a norte en la porción occidental del mapa elaborado. Al oriente del mismo pasan a una orientación noreste, igual en una porción de las rocas mencionadas y las del complejo Acatlán. Son numerosas las fallas normales de 5 a más de 20 km de longitud, así como los ejes de anticlinales simétricos y recostados al este y sureste. Los mapas geológicos del INEGI (1991) y de Campa *et al.* (1998) muestran una relación entre pliegues y fallas, donde ambos definen elevaciones de pliegue-bloque, como crestas anticlinales delimitadas en sus flancos por fallas normales (horst o pilar).

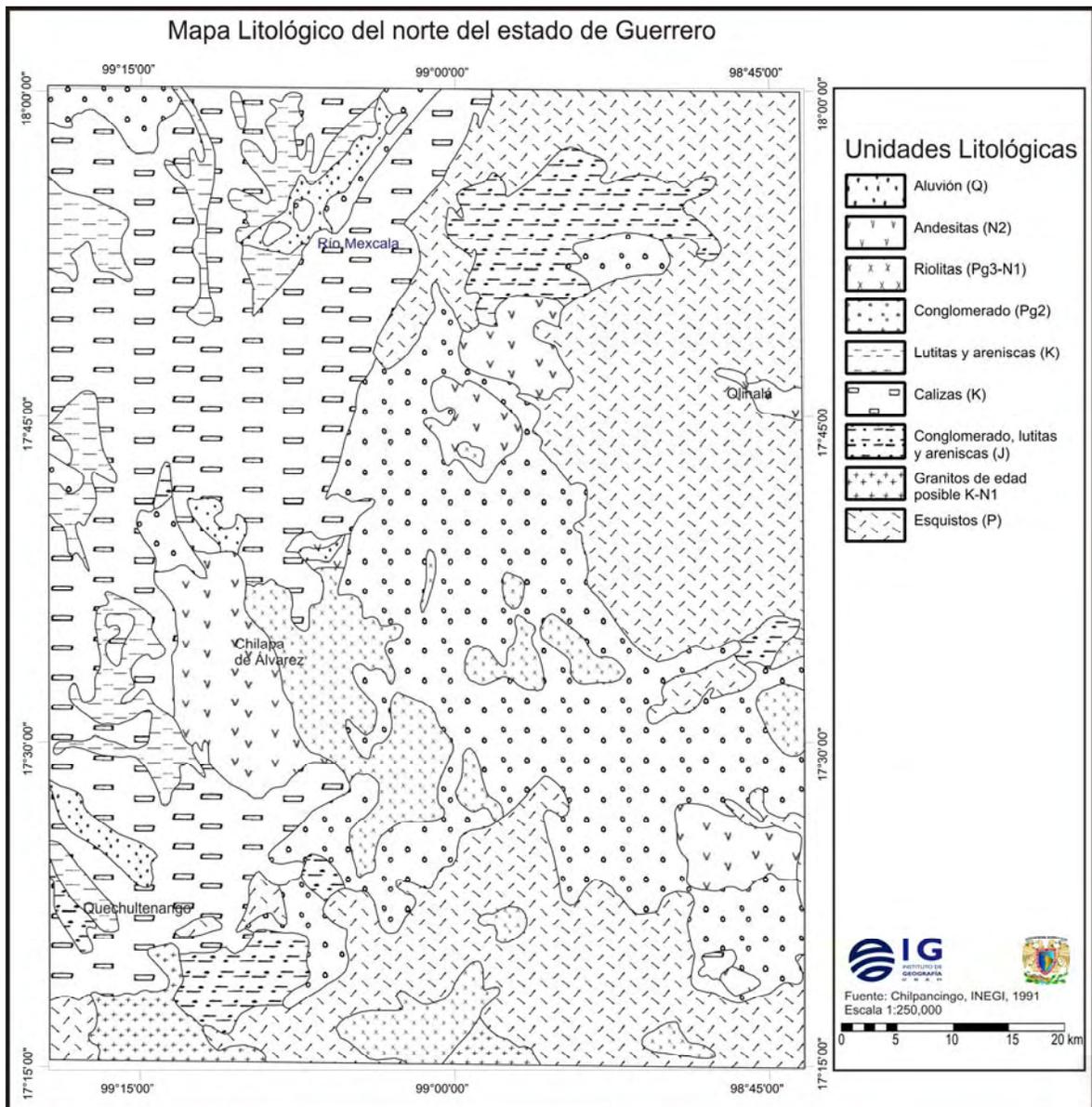


Figura 6. Mapa litológico general, resumen del geológico.

Unidades estratigráficas

Paleozoico

Las rocas más antiguas son los esquistos que representan la mayor parte de la zona cartografiada, una estructura geológica que ocupa un territorio mayor al extenderse hacia los estados de Oaxaca y Puebla. Se le atribuye una edad del Paleozoico temprano, a partir de los estudios de Salas (1949) y Fries (1965), de acuerdo con López Ramos (1979). A estas rocas metamórficas se le llama actualmente Complejo Acatlán (Ortega, 1979). Son de una amplia variedad que incluye filita, pizarra, milonita y roca metavolcánica. Es el basamento de la región conocida como Terreno Mixteco (op. cit.).

Los esquistos paleozoicos cabalgan sobre calizas cretácicas y rocas sedimentarias jurásicas incluso sobre un conglomerado paleogénico (INEGI, 1991).

De acuerdo con el mapa geológico del INEGI (1991), en la zona estudiada se reconocen dos tipos de rocas metamórficas paleozoicas. El primero corresponde a la porción contigua a las rocas sedimentarias calizas, constituido de cuarcita y filita de edad paleozoico. En el relieve forma elevaciones montañosas.

Al oriente continua una amplia superficie de esquistos paleozoicos en un relieve de elevaciones menores, lomeríos y mesas.

Mesozoico

La explicación de la geología se basa principalmente en los mapas geológicos y textos, de INEGI (1991) y de Campa *et.al.* (1998).

Rocas del inicio de esta era, el periodo Triásico, no aparecen en la cartografía de la región en estudio comprendida en la hoja Chilpancingo, 1:250,000 (INEGI, 1991). Las rocas sedimentarias más antiguas son del Jurásico medio y consisten en las siguientes unidades:

Jurásico

1- Conglomerado de color gris claro y blanco de guijarros de cuarzo con intercalaciones de arenisca, contenidos en una matriz de cuarzo, en estratos graduados y masivos; pertenece a la Formación Cualac de acuerdo con Erben (1956) y Alencaster (1963)

2- Una lutita-arenisca, arcosa de color café verdoso y pardo de grano fino a medio, de cuarzo-plagioclasa, moscovita, sericita, cuarcita, hematita, con fragmentos de pedernal. La lutita es calcárea de color gris oscuro, la estratificación es delgada y tiene origen en un ambiente de transición marino-continental. Pertenece a la Formación Tecocoyunca (Erben, *op. cit.*); descansa sobre el conglomerado Cualac y subyace con discordancia conglomerados del Cretácico.

3- Arenisca arcósica de grano fino a grueso, compacta, de color gris claro, en estratos medios y gruesos. Descansa sobre rocas metamórficas paleozoicas.

4- Arenisca-conglomerado, consiste en lechos rojos del grupo Tecocoyunca y contiene arenisca y conglomerado de cuarzo, limolita y lutita carbonosa interestratificada. Sobreyace en discordancia angular al esquisto del Complejo Acatlán y subyace de igual manera a depósitos sedimentarios del Terciario.

5- Limolita-arenisca de origen continental y marino del Grupo Tecocoyunca. La limolita es de color gris oscuro con concreciones de carbonatos y hematita, la arenisca es de grano fino color café, se presenta en estratos delgados.

Otros conjuntos rocosos jurásicos incluyen gneis jurásico que subyace a granitos y calizas. Se presenta en el suroccidente, fuera de la zona cartografiada, lo mismo que un gneis compuesto por esquisto de biotita, migmatita y cuerpos intrusivos, parte del Complejo Xolapa; está cortado por diques de composición intermedia y básica, y subyace a un esquisto de biotita (Campa *et.al.* 1998). No hay un acuerdo sobre la edad de estas rocas, pero como los intrusivos que la afectan son del Jurásico, se le ha considerado de esta edad. Por encima yacen en discordancia filitas y cuarcitas. Se les considera también del Complejo Xolapa (*op.cit*).

Cretácico

Una de las unidades geológicas con mejor expresión es la caliza del Cretácico inferior que consiste en diversas unidades, una de ellas es la Caliza Teposcolula,

de textura *mudstone*, de ambiente cercano a la costa o transicional; se encuentra sobre rocas metamórficas paleozoicas y subyace a rocas volcánicas terciarias.

La segunda unidad corresponde a la Formación Morelos (Fries, 1960) asociada con dolomía; es de color gris claro y se presenta en estratos gruesos de más de 20 cm, aunque en gran parte es de estructura masiva. La dolomía es de color gris a negro en estratos masivos y se encuentra en la base. Es de un grosor considerable, incluso del orden de 1,300 m. Descansa sobre roca sedimentaria del Cretácico inferior o sobre el complejo Acatlán. Se encuentra también intrusionada por granitos y granodioritas, se correlaciona también con la Formación Orizaba (Veracruz).

Terciario

Las rocas sedimentarias terciarias están representadas por arenisca, conglomerado y limolita depositadas en un ambiente continental. El conglomerado es de cantos de 4 a 15 centímetros en una matriz limo arenosa, con carbonato de calcio; son de color rojo, estratificación gruesa y masiva, con inclinación de 20 a 30°. Se asocian a rocas volcánicas intermedias, yacen sobre calizas del Cretácico y se le considera perteneciente a la Formación Balsas (Fries, 1960). Hacia el oriente predominan las rocas volcánicas.

Entre estas hay una unidad de tobas de color gris pardo, de estructura piroclástica con cuarzo plagioclasa y micas, y dacita de color gris con tono pardo; yace sobre

rocas sedimentarias terciarias y otras más antiguas, y subyace a andesitas; se le considera de la Formación Tilzapotla (Fries, *op. cit*), del Oligoceno y Mioceno. Afloran también riolitas y toba ácida de colores rosa, rojo y gris claro, con estructura compacta y fluidal, textura afanítica y porfídica. Descansa sobre el Grupo Balsas y la Formación Mexcala y subyace a las rocas volcánicas del Terciario Superior. Se reconoce al norte de Tixtla y oriente de Chilapa.

Un extenso conjunto de rocas graníticas (granito-granodiorita en el mapa geológico de INEGI, 1991) representa el límite meridional de la zona en estudio. Es de colores gris y blanco con tonos rosa y gris verdoso, forma una estructura orientada de occidente a oriente, con un sistema de fractura dominante al noreste y este-oeste. Intrusiona rocas jurásicas y cretácicas, en el mapa de INEGI se le define como de edad Terciario.

Un conjunto de rocas volcánicas del Terciario Superior consiste en tobas y brechas de composición intermedia, compuestas por plagioclasa sódica, cuarzo, biotita y otros minerales; son de color gris con tono guinda, la estructura es compacta y la textura afanítica, porfídica y piroclástica. Yace sobre riolitas del Oligoceno-Mioceno y en contacto con el Grupo Balsas.

Semejante a la anterior es una toba intermedia de color pardo y tonos verde y rojo. En la región de Olinalá presenta pseudoestratos y vetas de yeso. Yace con

discordancia sobre rocas metamórficas, y se le puede correlacionar con el grupo Buenavista (Guerrero), definido por Fries (1960).

Se reconocen también pequeños afloramientos de andesita del Oligoceno, de color verde y gris oscuro, compacta, de textura afanítica y porfídica, intrusionada por diques de diorita. Descansa sobre rocas metamórficas jurásicas y subyacen a tobas andesíticas.

Evolución geológica

De acuerdo con el INEGI (1991), posterior al Complejo Acatlán hubo tres periodos independientes de depósito.

1-Del Paleozoico tardío, formado por lutitas con las que se asocian areniscas y calizas.

2-Durante el Jurásico medio se produjeron depósitos de conglomerado, al que sigue en contacto normal un conjunto de lutitas y margas.

3-Durante el Cretácico temprano hubo depósitos de arenisca y anhidrita, a lo que siguieron calizas de plataforma de las formaciones Morelos y Acahuizotla.

En el Jurásico ocurrieron intrusiones de granito, que a su vez fue afectado por otras intrusiones en el Cretácico y Terciario.

Tomando en cuenta la disposición de las formaciones geológicas descritas y los estudios que se han hecho en otras partes del país, donde se presentan éstas,

como en los límites de Guerrero y Morelos (Fries, 1960), podemos decir que el proceso de formación de las montañas actuales inicia en el Cretácico tardío con el levantamiento del fondo oceánico, que expone en la superficie las lutitas y areniscas de la Formación Mexcala y las calizas masivas de la Formación Morelos además de otras formaciones sedimentarias marinas del Cretácico y Jurásico tardío, menos expuestas; es el fenómeno geológico conocido como Orogenia Laramide. La formación de montañas se produce durante el Paleoceno-Eoceno y se acompaña de intrusión de estructuras graníticas y granodioríticas. Testigo de la orogenia son los sedimentos, principalmente aluviales, de la Formación Balsas, a la que siguió un volcanismo riolítico que constituye la formación Tilzapotla y otra posterior de composición andesítica, conocida como Buenavista. Durante el Mioceno y Plioceno (Neógeno) continúa la actividad volcánica asociada al Eje Neovolcánico.

El relieve actual adquiere su configuración principalmente en el Neógeno-Cuaternario por una actividad que debe continuar hoy día, debido a la influencia de la zona de subducción del Pacífico en la Trinchera Mesoamericana, y de esto son testigo la sismicidad, el volcanismo del Plioceno-Cuaternario y los rasgos del relieve, condicionados por la estructura geológica y movimientos neotectónicos.

Las unidades geológicas principales reconocidas en la zona tienen un tipo particular de expresión en el relieve, lo que permite diferenciarlas. Sobre este tema se detallará más adelante en otros capítulos.

IV. GEOMORFOLOGÍA

La zona en estudio está limitada al norte por el Río Poblano, mismo que en su escurrimiento al occidente cambia al nombre de Balsas a partir de la localidad donde recibe al Río Amacuzac. Es el nivel base, con menos de 600 msnm. El límite occidental lo constituye el Río Tlapehuala con dirección sur a norte, mismo que desemboca en el Balsas. La depresión rectangular que forman ambos ríos representa un rasgo de interés geomorfológico por la fuerte energía o amplitud del relieve. Así, la mayor altitud reconocida en el Cerro Grande a 2,050 msnm se encuentra a 5 km de la cota de 800 m.

En el relieve dominan las formas montañosas de 1000 a 1800 msnm. Un rasgo geomorfológico estructural de interés especial es una ladera escarpada con orientación noreste de incluso más de 700 m de altura, inclinada al sureste, de extensión considerable, más allá de la zona en estudio. La red fluvial es de mayor densidad al oriente de este escarpe que al occidente, lo que refleja procesos erosivos más intensos. En el relieve las montañas culminan con formas cónicas, generalmente del orden de los 100 metros de altura. Las divisorias están bien definidas, predominan los relieves de pendiente menor a los 10°, en algunos casos con escarpes transversales. El escarpe antes mencionado se puede interpretar como una falla geológica que delimita dos bloques. Lo mismo el cauce del Río Poblano que en la zona donde coincide con el escarpe a ambos lados, el cauce se estrecha de manera notable.

En términos generales podemos decir que el relieve de esta zona tiene una notable influencia de la estructura geológica y la actividad tectónica, lo que se reconoce en laderas escarpadas, valles erosivos de laderas empinadas y fondo estrecho, cambios bruscos (90°) en la dirección de los cauces, fuerte energía del relieve y otros.

El extremo occidental de la zona en estudio corresponde a la carta Chilapa de Álvarez, al sur de la carta Zicapa y al norte la de Quechultenango. El relieve es montañoso, con altitud mínima de 1,200 m en el noroccidente y 1,000 metros en el nororiente, y se reconocen dos tipos principales: en una zona, hacia el occidente de laderas de incluso más de 1,000 metros de altura, con pendientes que varían de escarpadas a fuertes (más de 20°), y media (menos de 15°), con divisorias amplias, donde se forman mesetas de diversas dimensiones, resultado de un amplio desarrollo kárstico. La red fluvial se presenta con una disección débil, formando barrancos estrechos de profundidad dominante de 40 a 200 m. Al oriente contrasta con un relieve montañoso, con numerosas cimas de más de 2,000 msnm. Las laderas, a diferencia de la zona anterior, están modeladas en mayor grado por la erosión fluvial. Las divisorias son estrechas y la energía del relieve es de valores más altos, debido a laderas escarpadas y disección vertical, que es común de 100 a 300 metros. Se aprecia una ladera escarpada al occidente del Río Petatlán, con orientación sur a norte, de incluso más de 800 metros de altura en lo que es uno de los rasgos geomorfológico estructurales más interesantes de esta zona.

La zona suroccidental del área de estudio corresponde a la carta Quechultenango, como continuación de la carta Chilapa. Representa una zona de relieve montañoso con las características de las rocas calizas con desarrollo kárstico en las divisorias.

El relieve aumenta en altitud hacia el centro y oriente de la zona, con menos de 1,100 msnm en el occidente, y gradualmente asciende hasta más de 2,000 metros.

La mayor parte de la zona es de un relieve complejo de lomeríos y elevaciones montañosas que se disponen predominantemente entre los 600 y 1,000 msnm, con la característica principal de una extraordinaria disección del relieve, sobre todo en cuanto a densidad y profundidad, misma que varía de los 20 a los 300 metros. El gran desarrollo que tienen las corrientes de primer orden y circos de erosión, desde incipientes a más de 1 kilómetro de diámetro, son testigo de una poderosa erosión por procesos fluviales y gravitacionales, favorecida por la estructura geológica.

Rasgos de interés geomorfológico son escarpes de 200 a más de 400 metros de altura, con dirección dominante al noreste, así como cauces fluviales de orden

mayor, casi rectilíneos, con diversas orientaciones, especialmente el NE, NS y NW.

El relieve de la zona nororiental corresponde a la carta Olinalá. Se aprecia una asociación de rasgos propios de las rocas calizas, incluyendo el karst, y de otras estructuras geológicas que originan lomeríos en unos casos y elevaciones montañosas a los alrededores.

El nivel de base es en apariencia una depresión endorreica contigua a la población de Mitlalingo, a 700 msnm. Los lomeríos consisten en elevaciones de menos de 200 metros de altura y pendiente media a suave.

Al oriente predominan las montañas de más de 1,500 msnm de pendiente media y cortadas por barrancos, principalmente de 100 a 200 metros de profundidad. Son comunes los rasgos alineados al noreste consistentes, en escarpe, cauces rectos, laderas de valles erosivos, etcétera.

En el extremo suroriental (carta Ahuacotzingo) el relieve es fundamentalmente montañoso, con el nivel de base aparente en el extremo noroccidental, a menos de 1,000 msnm. En esta porción predomina un relieve de lomeríos y mesas, con una disección del relieve media y cortes de erosión de los 20 a los 100 metros.

En el resto, el relieve montañoso es de mayor contraste, con laderas de pendiente media a fuerte, con frecuencia escarpadas y con disección intensa en planta y en perfil. En este segundo caso los cortes más profundos y estrechos tienen un claro control geológico, con dirección noreste principalmente.

Red fluvial

La red fluvial es de interés por su complejidad. Pertenece a dos grandes cuencas hidrológicas, en el norte a la del Balsas y en el sur a la del Papagayo, ambos ríos desembocan en el Pacífico (Fig. 2). La cuenca del Balsas es una de las más importantes del país por sus dimensiones y por el volumen de agua de escurrimiento. La del Papagayo, de menor magnitud, pero con una buena alimentación hídrica producto de precipitaciones elevadas.

El río principal es el Mexcala (aguas abajo cambia de nombre a Balsas) con escurrimiento general de oriente a occidente, y en esta región a una altitud de menos de 600 metros.

Los afluentes principales se extienden hacia el norte y sur, en esta última dirección las cabeceras de los mismos llegan a la divisoria principal de la cuenca del Papagayo. La configuración de la red fluvial no se ajusta en lo general a los esquemas establecidos, son comunes los tipos rectangular y localmente anular, plumiforme y dendrítica. Define lineamientos controlados por la litología y la estructura geológica. Otro rasgo de la red fluvial son cambios bruscos de las 0

Cartografía geomorfológica

Las formas del relieve terrestre se pueden definir por su semejanza con modelos geométricos (morfografía), y a partir de una cuantificación de determinados elementos del relieve (morfometría) (Lugo, 1989).

Para realizar el presente mapa geomorfológico se tuvieron que realizar mapas morfométricos previos, que nos permiten un primer conocimiento geomorfológico de la zona de estudio. Finalmente se realizó un mapa morfogenético.

Morfometría.

En geomorfología el relieve terrestre también se estudia a partir de la morfometría, análisis que contribuye a su conocimiento a través de la cuantificación de elementos lineales, puntuales y areales; éstos incluyen la longitud, superficie, volumen, altura absoluta y relativa, pendiente, orientación, densidad y frecuencia, cuyas variaciones se relacionan entre sí. Su aplicación facilita la interpretación de la génesis, la edad relativa, la dinámica actual y en algunos casos, la relación entre las formas del relieve (Lugo, 1989).

Se realizó:

- un mapa hipsométrico o altimétrico
- un mapa de pendientes
- un mapa de energía del relieve
- un mapa de profundidad de disección

- y un mapa de densidad de disección.

Mapa altimétrico o hipsométrico

El mapa altimétrico o hipsométrico es el inicial y uno de los más importantes, a pesar de la simplicidad con que se elabora (Lugo, 1988). Consiste en definir, a partir de alturas máximas y mínimas del mapa topográfico en que se está trabajando, distintos intervalos de valores que se diferencian con colores. Así se puede apreciar de manera sencilla el relieve (Fig. 7).

Para hacer el mapa altimétrico se observaron las curvas de nivel en los mapas topográficos escala 1:50,000 de la zona de estudio, determinando las de menor y mayor altitud. El valor más bajo corresponde a 600 msnm (en la carta Zicapa) y algunos superan los 2,600 msnm en el sur y sureste. Se establecieron 5 rangos amplios: 1) <1,000, 2) 1,000-1,500. 3) 1,500-2,000, 4) 2,000-2,500, 5) >2,500. A cada uno de los rangos se asignó un color, de acuerdo con un método universal que consiste en aplicar en secuencia los colores fríos a los de menor altitud y los cálidos a la de mayor. No se dio mayor detalle porque se complementa el mapa con información litológica, con el fin de apreciar la relación entre ésta y el relieve en cuanto a su altitud.

Se puede apreciar que los relieves más elevados corresponde con dos tipos de litología: primero con las calizas, lo cual es común, ya que son rocas muy resistentes a la erosión; segundo, con los esquistos, que aunque son las rocas

más antiguas forman elevaciones considerables. Esto es reflejo de la actividad neotectónica, por lo menos del Neógeno-Cuaternario, lo cual también es aplicable a las calizas.

Los relieve más bajos se presentan en todas la litologías, pero son más notables en las rocas sedimentarias de capas delgadas y constituidas de conglomerados, areniscas, lutitas y calizas. Son estructuras más erosionadas, en lo que influye, además de la litología, la fractura de la roca y posiblemente movimientos tectónicos que han condicionado un relieve de fuerte contraste con un escalonamiento.

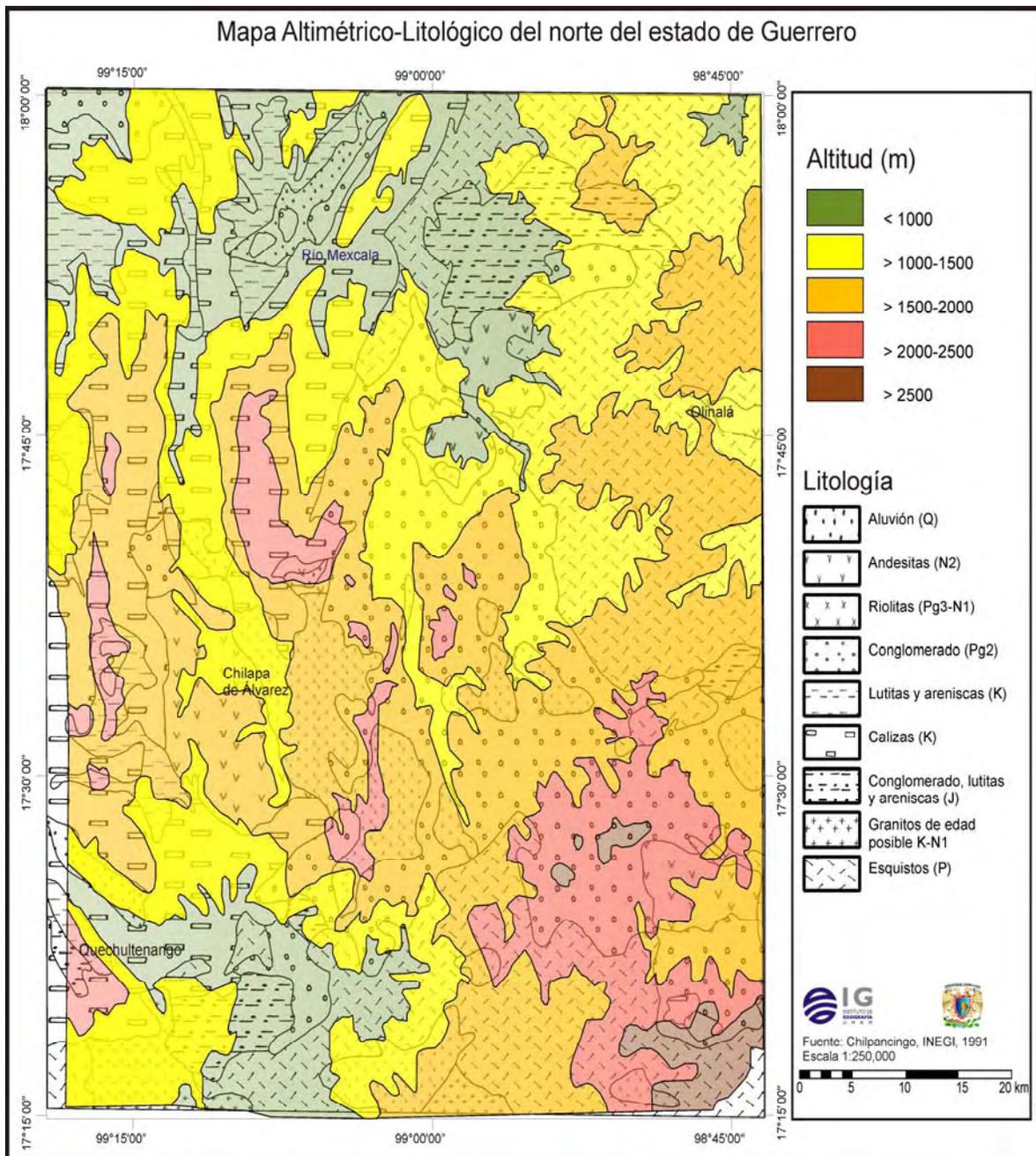


Figura 7. Mapa Altimétrico-Litológico del norte del estado de Guerrero

En los valores intermedios de 1,000-2,000 m encontramos todos los tipos de litología reconocida. Ocupan una superficie considerable los esquistos, así como los conglomerados, las calizas y las rocas volcánicas.

Modelo digital de elevación

Como una variante del mapa altimétrico se presenta un mapa elaborado a partir de un modelo digital del terreno y preparado con base en la cartografía digital del INEGI y procesado por un método desarrollado por el investigador J. F Parrot. El mapa tiene la particularidad de clasificar el relieve de acuerdo con su altitud a partir de un análisis general, de lo que resultan valores atípicos en doce categorías y se agregan algunos rasgos del relieve como mesas en este caso de origen kárstico, corrientes fluviales, laderas y cortes erosivos (barrancos y valles). (Fig. 8). Los valores expuestos son resultado del procesamiento por programas de cómputo, por lo que son sólo aproximados a la realidad. Por otro lado, el mapa muestra un buen detalle sobre la altimetría, *dibujando* formas del relieve como elevaciones montañosas, lomeríos, planicies y otras.

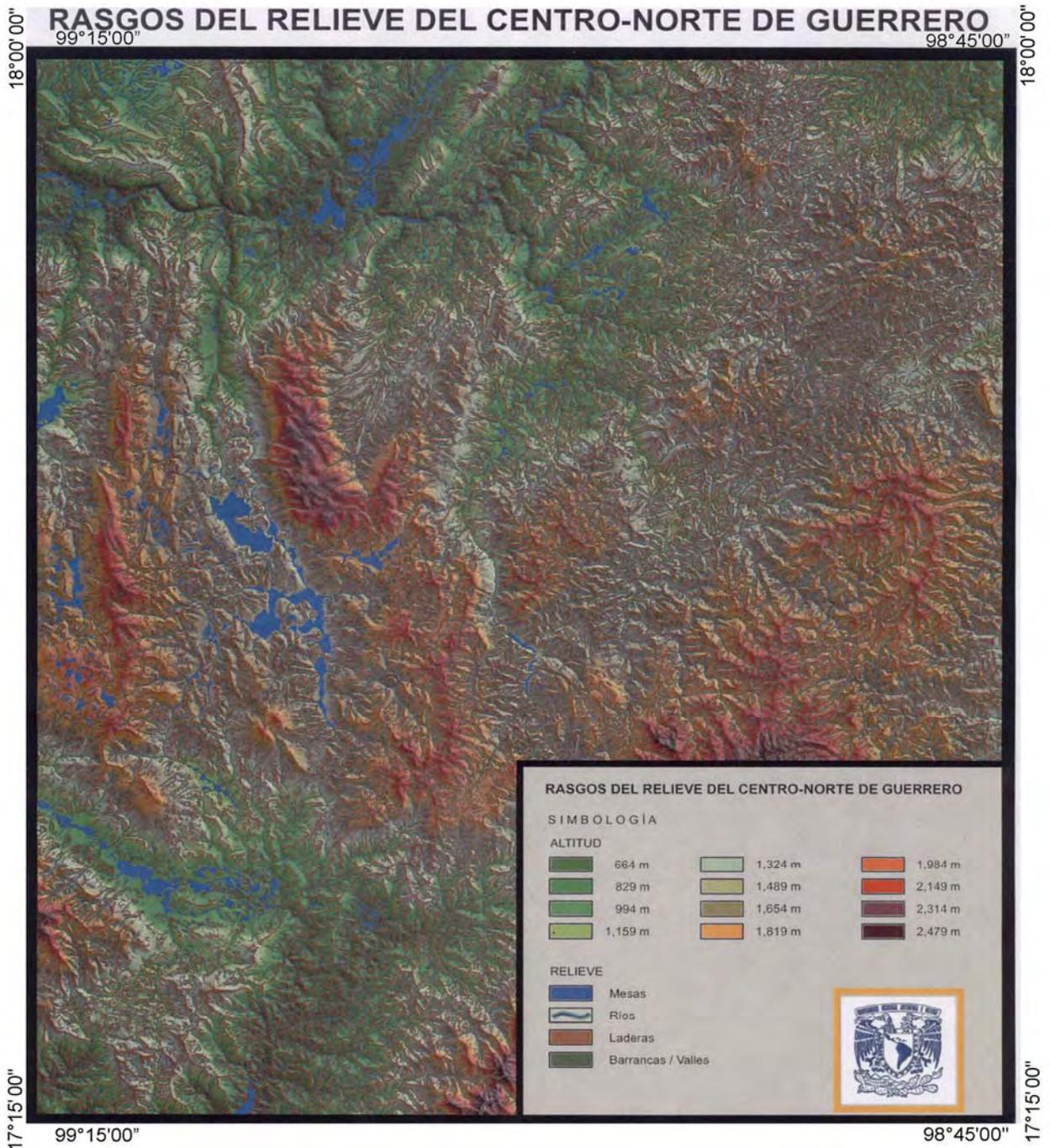


Figura 8. Rasgos del relieve del centro-norte de Guerrero (modelo digital). Los valores de altitud no se cerraron con números redondos para representar con fidelidad el método aplicado.

Mapa de pendientes

Uno de los mapas altimétricos más importantes para la representación del relieve es el de pendientes. Reúne dos características: la sencillez para su elaboración, resultado de dividir altura entre distancia horizontal en infinidad de líneas trazadas transversalmente a dos o más curvas de nivel, y segundo, el trabajo laborioso en extremo que representa esto. Los métodos digitales no sólo facilitan el trabajo, sino que proporcionan un detalle mucho mayor

Prácticamente todo mapa de pendientes refleja formas del relieve, lo cual es comprensible porque por lo general, los límites de las formas coincide con cambios bruscos de pendiente. El mapa elaborado con base en el método *Versant* desarrollado por J.-F. Parrot (inédito, 2003), y se clasificó el relieve de la zona en estudio en seis rangos de pendiente: dos categorías para las pendientes menores (0 a 3 y 4 a grados), correspondiente a planicies, y para el relieve montañoso, de 7 a 15, 16-32, 33-45 y mayor de 45 grados. El proceso se basa en las cartas topográficas digitales del INEGI

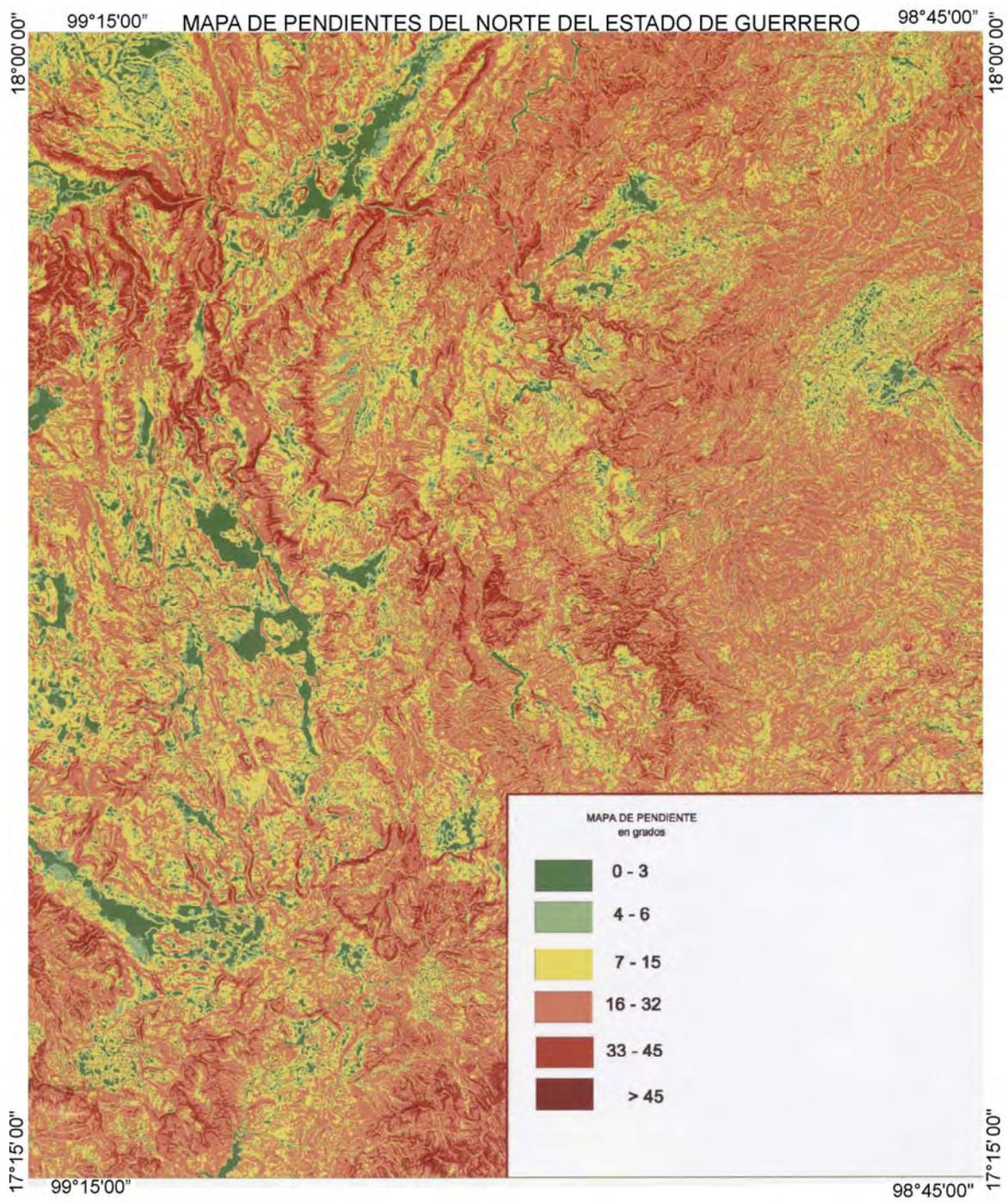


Figura 9. Mapa de pendientes

Los rasgos más notables que se aprecien en este mapa son los escarpes, en tonos rojos, mismos que coinciden con laderas montañosas, y los cortes erosivos correspondientes. Se complementan con los valores menores, en tonos verde, que en general marcan un paralelismo con los primeros, corresponden al piso de los valles montañosos, depresiones kársticas, base de las elevaciones y otras.

Mapa de energía del relieve.

Se conoce a este mapa también como de amplitud del relieve. Expresa la relación de la intensidad relativa de la actividad endógena con la exógena (Lugo, 1991). Se considera como energía del relieve a la diferencia máxima de altura (en metros) en una superficie determinada del terreno.

Para realizar este mapa se dividieron los mapas topográficos (Zicapa, Chilapa, Quechultenango, Ahuacotzingo y Olinalá) escala 1:50,000, en cuadrantes equivalentes a 20 km². Posteriormente se determinaron las curvas de nivel con mayor y menor valor de cada cuadrante (sólo en el área de estudio) y se restó una a otra. El valor resultante se anotó en cada cuadrante. Se consideró conveniente establecer 7 rangos (Fig. 10). La energía del relieve también expresa las zonas de mayor actividad tectónica y las zonas más estables. Cuando los valores son muy altos corresponden a la primera y si son bajos a la segunda, así podemos inferir cómo es la relación de la actividad exógena y endógena. Aunque hay que aclarar que es sólo un mapa complementario que requiere del apoyo de otros estudios.

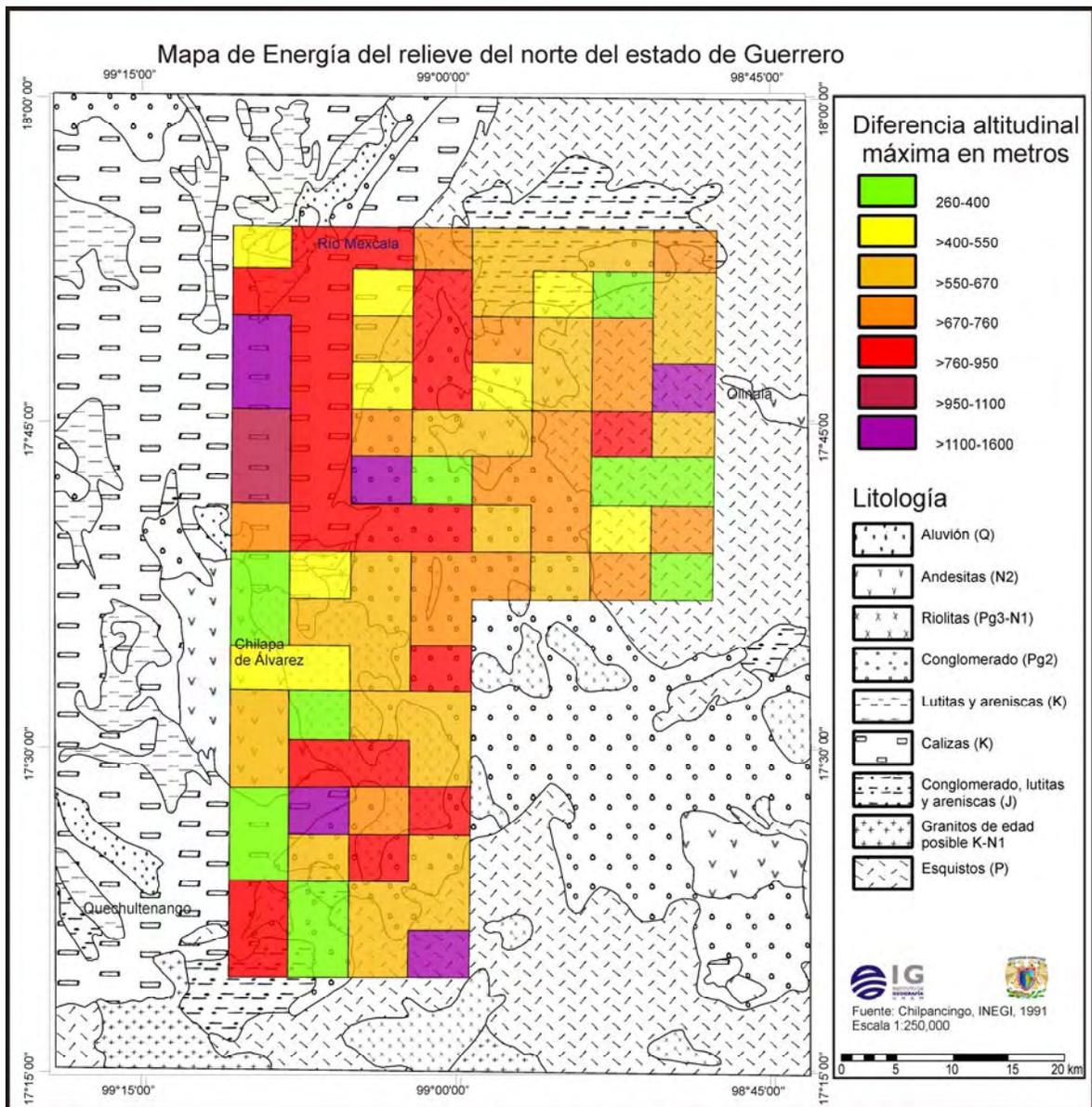


Figura 10. Mapa de energía del relieve

La información numérica del relieve, sobrepuesta a la litología, permite apreciar los valores más elevados, superior a 900 m, asociados principalmente a rocas calizas, lo que se debe al contraste de las elevaciones montañosas con la base de las mismas y los cortes erosivos, mismos que se manifiestan también en localidades de esquistos y conglomerados.

Mapa de profundidad de disección

La profundidad de erosión o disección es un reflejo de un conjunto de procesos en un tiempo determinado, con mayor intensidad en unas zonas que en otras, en función de las condiciones litológicas, estructurales, de actividad tectónica y climáticas, principalmente (Lugo, *op. cit*). En este mapa se puede apreciar el proceso de erosión fluvial, en sentido vertical, así como una idea sobre la evolución del relieve. Tiene aplicación en problemas de erosión del suelo, recursos hídricos, y en geotecnia. A mayor profundidad de disección mayor erosión y por tanto menor formación de suelos, esto es, los procesos de degradación son mayores que la formación de suelos, lo que significa que la mayor profundidad de disección limita el desarrollo de los suelos al haber mayor erosión.

Para realizar este mapa se trazaron todas las corrientes fluviales y sus divisorias, y se dividió en cuadrantes equivalentes a 20 km², para obtener el valor máximo de profundidad de erosión en cada uno (Fig. 11).

Los valores más altos, en este caso de más de 400 m son de interés ya que reflejan las zonas donde la erosión ha actuado con mayor intensidad en sentido vertical. Es un proceso diferencial o selectivo, condicionado por la litología y la estructura, principalmente, aunque pueden influir movimientos tectónicos. Estas anomalías se reconocen en el norte, en el Río Balsas, y del centro-occidente hacia el sur, en rocas sedimentarias y conglomerados.

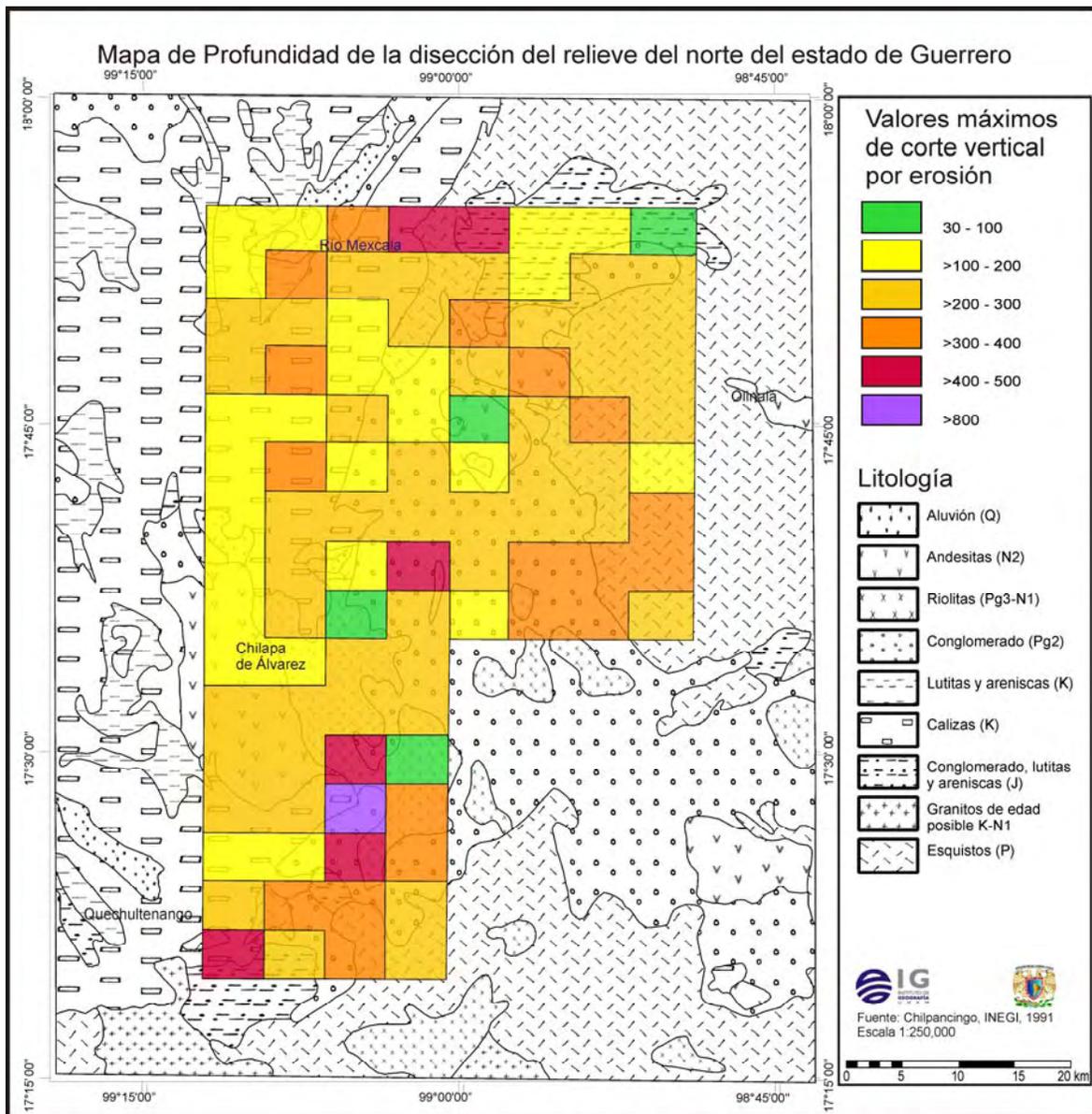


Figura 11 Mapa de profundidad de la disección.

Mapa de densidad de disección

Este término es equivalente a densidad de corrientes fluviales, pero se diferencia de ésta porque su objetivo principal es analizar la red fluvial desde el punto de

vista geomorfológico, como un resultado de la erosión que produce el agua de escurrimiento a través del tiempo (Lugo, 1991).

La densidad de disección o densidad de la red fluvial resulta de la suma de todas las longitudes de los cauces fluviales o *talwegs*, de una porción de la superficie terrestre, dividida entre el área de la misma. El valor se da en km/km² y depende de varios factores: estructura geológica, relieve, clima, cubierta de suelo vegetación, permeabilidad, etc. La vegetación y suelo es la que menos influencia tiene en la densidad de disección, pero influye en la velocidad de degradación del paisaje una vez que inician los procesos erosivos en superficies sin protección del suelo por la vegetación.

El método de análisis de la densidad de la red fluvial, originalmente ideado para cuencas hidrológicas, tiene amplia aplicación en los estudios del relieve y se realiza a partir de cartas topográficas en escala grande. La medición se hace en áreas pequeñas de la carta, en figuras geométricas, los valores se anotan en el centro de cada una de éstas; posteriormente, por interpolación se obtienen valores complementarios que permiten realizar una configuración para obtener la carta de densidad de la disección del relieve (Lugo, 1989)

Para realizar este mapa (Fig. 12) se utilizaron las cartas topográficas digitales escala 1:50,000 del INEGI. Se aplicó el método digital elaborado por J.F. Parrot, consistente en los programas inéditos *Dendis* (2000), *Río4* (2002), *Disec* (2003),

Broad4 (2004) y *Miel4* (2004), explicados en la tesis profesional de Ramírez (2007).

El mapa muestra con una cuadrícula pequeña las diferencias de la densidad de los cauces fluviales con variaciones de ausente a 3 km/km² en una clara zonificación. A manera de una franja diagonal los valores mayores a 2 se extienden del suroccidente al nororiente, dejando una forma triangular en el noroccidente del mapa, con valores donde dominan los menores a 1.6. En cuanto a la relación con la litología se aprecia una reducción en la disección correspondiente en las calizas por sus propiedades físicas que favorecen la más la disección en sentido vertical que horizontal, mientras que los esquistos por su disyunción y los conglomerados por su escasa resistencia a la erosión, muestran los valores más elevados.

Algunas consideraciones sobre los mapas morfométricos

Los mapas expuestos no son uniformes en cuanto a la superficie cubierta, lo que obedece a los métodos aplicados. Los elaborados por el procedimiento manual (Figs. 10 y 11) se ajustan a la superficie objeto de la tesis. Los realizados por medio de tecnología digital (Figs. 8, 10 y 12) cubren una superficie mayor, resultado de los mapas topográficos digitales correspondientes utilizados.

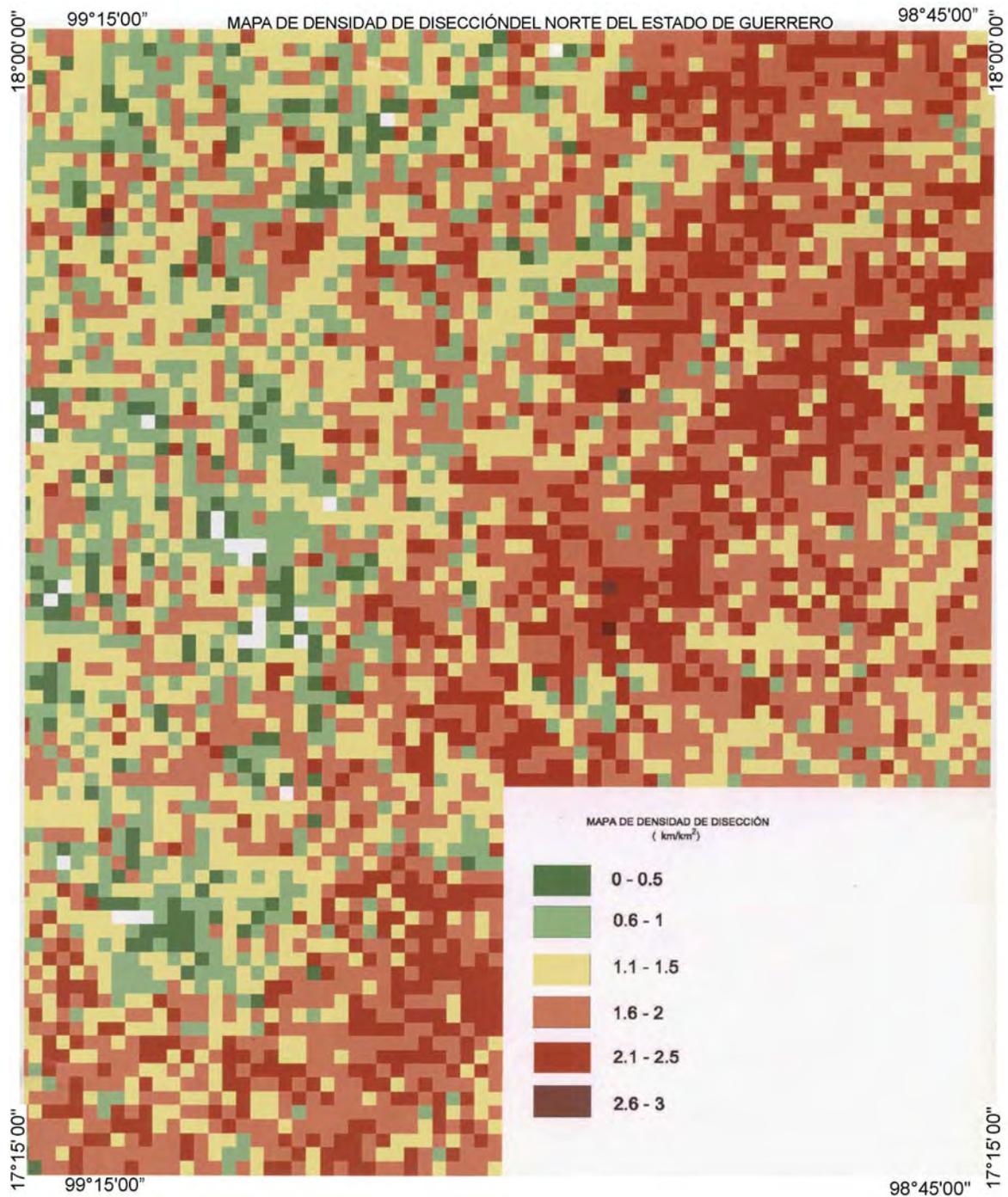


Figura 12. Mapa de densidad de disección.

La interpretación que se ha hecho de los mapas es breve, procurando incidir en los aspectos principales. Como todo mapa temático contiene una abundante información *oculta* que encuentra el usuario y de acuerdo con su interés (procesos actuales, evolución del relieve, aplicaciones y muchas más). Esto, lo mismo en cada uno de los mapas que en las combinaciones que se pueden realizar entre dos o más mapas.

Por lo anterior, los mapas anteriores pueden ser considerados como una herramienta útil para el conocimiento de la zona en cuestión, así como la metodología aplicada.

Mapa geomorfológico

La cartografía geomorfológica no tiene reglas de aceptación universal, aunque se han difundido los métodos elaborados por una comisión internacional de la Unión Geográfica Internacional (Bashenina *et. al.* 1972) y otros propuestos por Tricart (1972) y van Zuidam y Verstappen (1984). En el caso de las escalas medianas, entre 1:200,000 y 1:1,000,000. La diversidad de métodos para representar el relieve terrestre en mapas, se debe a la necesidad de incluir información como formas, génesis, estructura geológica, dinámica actual, edad del relieve, y en algunos casos, aplicaciones prácticas. También hay que considerar el objetivo del mapa que se elabora, puesto que con frecuencia está dirigido a conocer o solucionar un problema determinado, además de la escala, ya que al modificarse a mayor o menor, son distintas las formas a cartografiar.

El mapa se elaboró, primero a partir del análisis de mapas topográficos (cinco) en escala 1:50,000, analizando las propiedades cuantitativas del relieve (morfometría) para el análisis cualitativo. Este consistió en delimitar las formas principales, empezando por los valles fluviales y sus laderas, las laderas montañosas, las divisorias de aguas y otras unidades como mesetas, escarpes, cimas y otras. Toda esta información se conjugó con el mapa geológico escala 1:250,000 (INEGI, 1991; Campa *et. al* 1998), de lo que resultó una información importante debido a la clara expresión que tienen cada una de las unidades geológicas principales en el relieve. Esto es, cada gran estructura como el complejo metamórfico paleozoico, los depósitos de molassa y las rocas calizas cretácicas, corresponden con determinados rasgos morfológicos que definen la diferencia con otras unidades, lo mismo los valores resultantes del análisis morfométrico.

No todas las unidades o formaciones geomorfológicas tienen una clara expresión, esto ocurre en aquellas que afloran en grandes superficies, lo que refleja que no fueron cubiertas por otras unidades geológicas más jóvenes en gran medida, o bien que transcurrió un tiempo considerable para que la erosión removiera capas de roca menos resistente que las actuales como en el caso del conglomerado Balsas y de las calizas de la formación Morelos. Hay otro tema de interés, tratándose de un sistema montañoso joven y con actividad en el Neógeno-Cuaternario, el relieve expresa la interacción de movimientos de levantamiento al tiempo que la erosión actúa nivelando las elevaciones, es el caso de los valles

erosivos profundos, de algunos cientos de metros, con laderas de pendiente fuerte y fondo estrecho. Por esta razón se incluye en el mapa geomorfológico una clasificación altitudinal de las unidades geológico-geomorfológicas principales, como una expresión de los movimientos de levantamiento diferencial.

Para el caso de la zona en estudio se inició la cartografía con mapas topográficos escala 1:50,000 y fotografías aéreas escala 1:75,000. Ya que la superficie a estudiar queda comprendida en cinco mapas topográficos, aunque no en la totalidad de cada uno de ellos, se procedió a sintetizar la información en un mapa escala 1:250,000 (Fig. 13). Es un principio de la cartografía geomorfológica que al cambiar de escala, como en este caso, de una grande a una mediana se modifica sustancialmente el objeto representado. Del análisis de mapas topográficos 1:50,000 y 1:250,000, así como geológicos en esta última escala, se procedió a elaborar un mapa con base en los siguientes parámetros:

1. Formas del relieve que incluyen montañas, elevaciones menores, lomeríos, mesas, valles erosivos y otras.
2. Origen de las formas, aquí se aplican los conceptos tradicionales del relieve endógeno, endógeno modelado y exógeno.
3. Hipsometría. Tomando en cuenta las grandes diferencias altitudinales del orden de 3,000 metros en distancias menores a los 50 kilómetros, se consideró conveniente incluir este parámetro en la clasificación del relieve.

4. Se da una importancia especial a la estructura geológica porque están bien definidas unidades que consisten en una o más formaciones, las cuales se representan con apoyo en los parámetros anteriores.

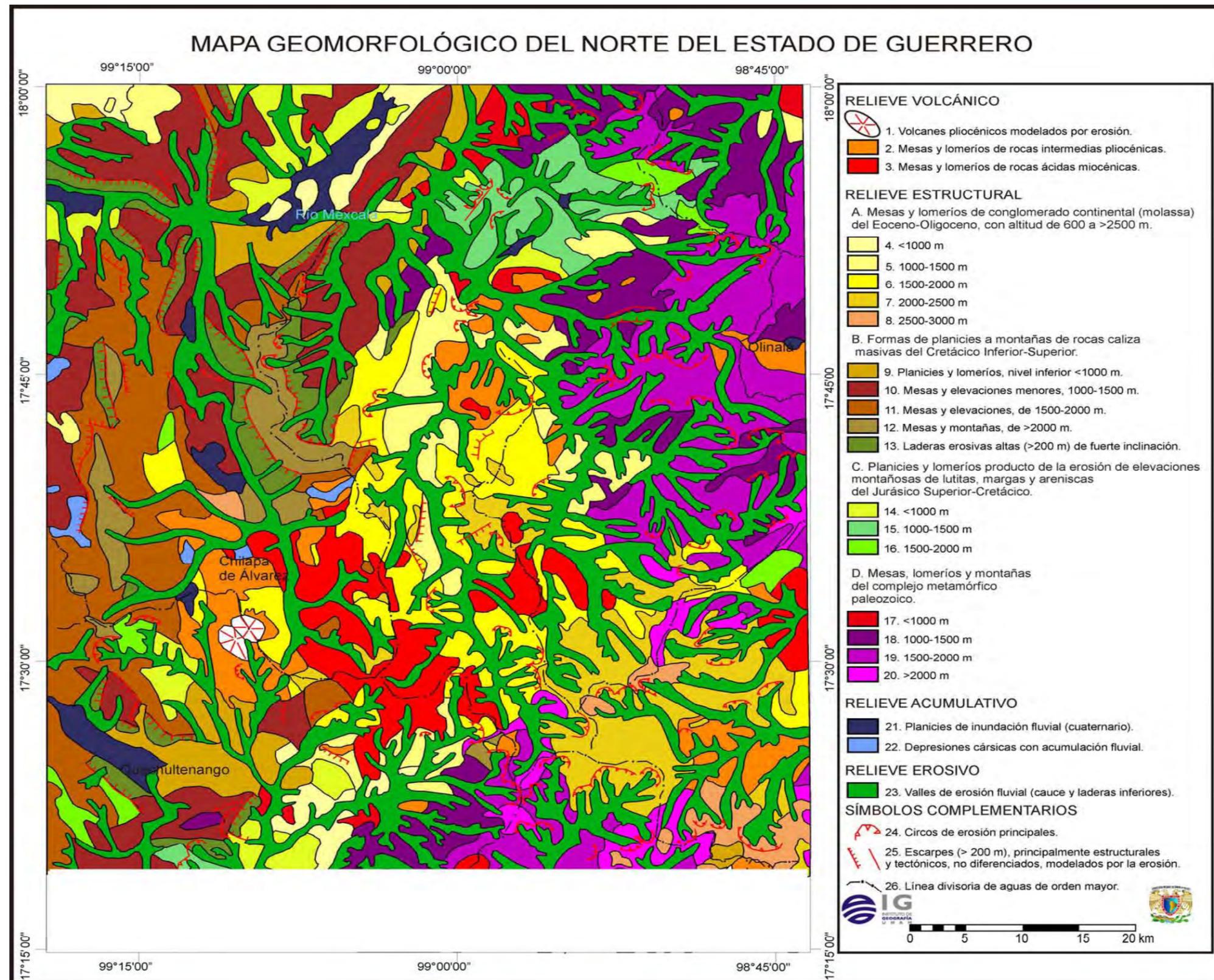


Figura 13 Mapa geomorfológico

MAPA GEOMORFOLOGICO DEL NORTE DEL ESTADO DE GUERRERO, ESCALA
1 :250,000

RELIEVE VOLCÁNICO

1. Volcanes pliocénicos modelados por la erosión
2. Mesas y lomeríos de rocas intermedias pliocénicas
3. Mesas y lomerios de rocas ácidas miocénicas

RELIEVE ESTRUCTURAL

A. Mesas y lomeríos de conglomerado continental (molassa) del Eoceno-Oligoceno, con altitud de 600 a > 2500 m.

4. <1,000 m
5. 1,000–1,500 m
6. 1,500–2,000 m
7. 2,000–2,500 m
8. 2,500–3,000 m

B. Formas de planicies a montañas de rocas calizas masivas del Cretácico Inferior-Superior.

9. Planicies y lomeríos, nivel inferior <1,000 m.
10. Mesas y elevaciones menores, 1,000–1,500 m.
11. Mesas y elevaciones, de 1,500–2,000 m.
12. Mesas y montañas, de >2,000 m.
13. Laderas erosivas altas (>200 m) de fuerte inclinación.

C. Planicies y lomeríos producto de la erosión de elevaciones montañosas de lutitas, margas y areniscas del Jurásico Superior–Cretácico.

14. <1,000 m
15. 1,000–1,500 m
16. 1,500–2,000 m

D. Mesas, lomeríos y montañas del complejo metamórfico paleozoico.

17. <1,000 m

18. 1,000 –1,500 m

19. 1,500 –2,000 m

20. >2,000 m

RELIEVE ACUMULATIVO

21. Planicies de inundación fluvial (Cuaternario)

22. Depresiones kársticas con acumulación fluvial.

RELIEVE EROSIVO

23. Valles de erosión fluvial (cauce y laderas inferiores)

24. Circos de erosión principales

SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS

25. Escarpes (>200 m), principalmente estructurales y tectónicos, no diferenciados, modelados por la erosión.

26. Líneas divisoria de aguas de orden mayor

27. Zonas menores de desarrollo kárstico.

La clasificación anterior es favorable para la comprensión del relieve de la zona en estudio, ya que está ligada al origen y evolución del relieve. La aplicación radica en que cada una de las distintas unidades (30 aproximadamente) representadas en el mapa, se relaciona con determinado tipo de suelo, clima, vegetación, recursos hídricos superficiales y subterráneos, y actividad humana, por lo que al mismo tiempo que proporciona una información útil, resulta un apoyo para la planificación de uso del suelo, uno de los objetivos principales de este trabajo.

Relación entre relieve y geología

El relieve de rocas sedimentarias mesozoicas está ampliamente extendido en la República Mexicana, por lo que en la zona de estudio las formaciones geológicas del Jurásico y Cretácico son expresión de una serie de estructuras regionales. Las rocas sedimentarias jurásicas son del tipo de las lutitas, areniscas y conglomerados y ocupan una superficie pequeña en comparación con otras unidades geológicas, y constituyen la base del conjunto montañoso plegado laramídico. La litología y estructura favorecen el intemperismo y la erosión, por lo que consisten en elevaciones menores, mesas y lomeríos. Son estructuras alineadas al noreste, dirección que en general corresponde a la del eje de los pliegues y de fallas geológicas. Esto se aprecia en el relieve en la orientación de laderas y de cauces fluviales.

El relieve constituido de calizas del Cretácico Inferior y de lutitas y areniscas del Cretácico Superior tiene una representación mucho más amplia en el área de estudio. En el primer caso se trata de la Formación Morelos, de calizas masivas notablemente afectadas por fracturas, fallas normales y en parte deformadas en pliegues recostados. La caliza es muy resistente a la erosión, pero se destruye de manera selectiva en condiciones de clima subhúmedo a los más húmedos a lo largo de los planos de debilidad de las estructuras mencionadas, con orientación predominante de sur a norte y al noreste. El resultado es el paisaje kárstico con valles de fondo ancho y numerosas dolinas, lo que refleja que debe existir un

amplio desarrollo de cavernas. Esto se explica por la actividad tectónica, la estructura geológica y el clima.

Las rocas sedimentarias del Cretácico superior corresponden al *flysch* de la Formación Mexcala, que por su estructura en estratos delgados, plegados y fracturados, se destruye fácilmente por efecto del intemperismo y la erosión, de lo que resulta un relieve de lomas con una intensa densidad de disección.

La unidad geológica conocida como Formación Balsas tiene una amplia expresión en el relieve de la zona en estudio, a manera de una franja ancha orientada al norte, separando las rocas mesozoicas al occidente, de las paleozoicas al oriente. El relieve de esta unidad es uniforme y consiste en lomeríos, en general de menos de 200 metros de altura, aunque en localidades en el sur del mapa, es más de 400 m, sin tomar en cuenta los cortes erosivos que llegan a superar los 500 metros. Las fallas geológicas y fracturas que cortan esta unidad son de orientación principalmente de sur a norte y al noreste.

El origen de este relieve se atribuye a la intensa erosión que se produjo en las montañas recién formadas a fines del Eoceno, y dio lugar a depósitos fluviales de cauce y llanura de inundación, así como de abanicos. Con el tiempo fue cubierta parcialmente por rocas volcánicas del Oligoceno y Neógeno, lo que se considera con base los estudios de Fries (1960), INEGI (1991), y Campa *et al.* (1998).

La posición que ocupa entre las rocas mesozoicas y paleozoicas refleja una antigua depresión que favoreció el drenaje fluvial y el depósito de estos sedimentos.

La actividad volcánica representa la etapa posterior al desarrollo de la molassa, o sea, es el proceso que continúa después de los movimientos orogénicos de mayor intensidad. En el relieve son escasas las superficies de rocas volcánicas en relación con las sedimentarias y metamórficas. Las más antiguas son las riolitas del Oligo-Mioceno, mismas que corresponden a la Formación Tilzapotla; éstas cubren a las rocas mesozoicas y al esquisto paleozoico. En el relieve constituyen lomeríos y mesas de poca altura, en general menor a los 200 metros, aunque algunos cortes erosivos superan los 500 metros.

El resto de los depósitos volcánicos consisten en rocas clasificadas como de composición intermedia, de edad del Oligoceno al Plioceno y son principalmente derrames que forman mesas y lomeríos de poca extensión, y sólo dos conos volcánicos muy erosionados se reconocen en la zona, al sur de la ciudad de Chilapa.

Lo anterior permite considerar que el relieve de la zona estudiada tiene una relación estrecha con la geología, en lo que hay que considerar la litología, la estructura y los movimientos tectónicos.

En el caso de la litología, ésta influye en el relieve por la diversa resistencia de las rocas a la erosión, por ejemplo, las lutitas de la Formación Mexcala son rocas muy frágiles que se erosionan fácilmente, lo mismo el conglomerado de la Formación Balsas, en cambio, las calizas de la Formación Morelos son las rocas más resistentes a la erosión aunque sufren desgaste químico.

La estructura de pliegues y fracturas influye notablemente en el relieve, ya que son las porciones débiles que aprovechan el intemperismo y la erosión para modelarlo. Esto es notable en las calizas porque es a lo largo de estas estructuras que se forman valles intermontanos, dolinas alineadas y cortes verticales de incluso más de 600 metros de profundidad, independiente del amplio desarrollo kárstico subterráneo.

Las fracturas y fallas están presentes en todas las unidades geológicas, por eso influyen en la red fluvial y en el modelado del relieve porque el escurrimiento y la infiltración se producen de manera selectiva en las fracturas de mayor profundidad y abertura.

Los movimientos tectónicos deben tener una influencia sustancial, ya que se trata de una zona afectada por la intensa sismicidad que se origina en la costa de Guerrero, además de sismos originados en la zona estudiada. Los movimientos tectónicos se relacionan con la altitud del relieve, que en muchos casos, cuando

ésta es mayor, se debe a movimientos más intensos. Asimismo, estos movimientos dan lugar a las fracturas o a su reactivación.

Algunas de las unidades geológicas tienen una expresión individual, por lo que se pueden considerar al mismo tiempo geomorfológicas, los casos notables son el de los esquistos paleozoicos, la Caliza Morelos y el Conglomerado Balsas, por su amplia exposición en la superficie y el contraste entre ellas.

Otras unidades como la formación Mexcala, también es geomorfológica, pero en la zona estudiada representa superficies menores, lo mismo podemos decir de las rocas volcánicas.

Una delimitación geológico-geomorfológica, como la realizada en escala media, 1:250,000 tiene interés práctico por lo siguiente:

1. Cada una de estas unidades tiene un comportamiento determinado con respecto al escurrimiento superficial y filtración. En este sentido las calizas son las rocas que favorecen la infiltración y el escurrimiento subterráneo, así como el conglomerado Balsas.
2. Otro tema importante es el aprovechamiento de la roca como material para la construcción. Se utilizan las calizas, las riolitas, algunos tipos de rocas metamórficas.
3. La relación de estas unidades con el suelo y la vegetación.

En general, el conocimiento del relieve y la geología son fundamentales en la construcción de obras de ingeniería (carreteras, canales, asentamientos humanos etc.), todos estos problemas son importantes en esta zona con escasas comunicaciones. En el caso de futuras construcciones de este tipo es necesario considerar los factores relieve y estructura geológica.

V. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

El estudio realizado en una porción del estado de Guerrero, por medio del análisis de gabinete de mapas topográficos y geológicos resume información de tipo cuantitativo y cualitativo sobre el relieve, misma que es útil, primero, en cuanto a que representa una información que contribuye al conocimiento de la zona. En segundo lugar, puede ser utilizado para apoyar estudios aplicados al uso del suelo, como una base general para la conservación de suelos y vegetación, dinámica de los procesos erosivos, usos inadecuados y potencialidad de uso del suelo.

El mapa de tipos de suelos (Fig 4) muestra la presencia en orden de mayor a menor superficie, regosoles, cambisoles, rendzinas, luvisoles, vertisoles y acrisoles y litosoles. Es necesario poner atención al suelo donde se combinan rendzinas-luvisol, que aunque delgados son fértiles por la presencia de humus y su constitución arcillosa les permite retener agua. Al mismo tiempo, son muy susceptibles a la erosión favorecida por la actividad humana. Los cambisoles son

utilizados para la agricultura de temporal. Los vertisoles son los suelos más aptos para la agricultura, aunque son duros y sufren inundación.

En la zona cartografiada se asocian estructuras geológicas diversas, como las rocas metamórficas paleozoicas del complejo Xolapa y las meso-cenozoicas sedimentarias marinas y continentales, así como volcánicas. Son expresión de una compleja historia geológica, se aprecia también la relación con el relieve, donde los desniveles de más de 2,000 metros en montañas, lomeríos, mesas y valles intermontanos, son testigo de la actividad neotectónica del Neógeno-Cuaternario, lo que se aprecia en algunos volcanes cuaternarios, escarpes regionales y valles montañosos profundos.

El mapa geomorfológico escala 1:250,000 presenta una clasificación general del relieve en los tipos volcánico, estructural, acumulativo y erosivo, con 27 unidades subordinadas. Se conjugó la clasificación genética con la altitud que es expresión del levantamiento tectónico y de su relación con la erosión que se encarga de la nivelación del relieve.

Las formas del relieve así como los procesos, tienen relación estrecha con la actividad humana porque facilitan o dificultan los asentamientos humanos. La población mayor, Chilapa, se encuentra en una mesa kárstica.

Los mapas morfométricos complementan la información anterior. El de energía del relieve muestra los valores más altos relacionados con los escarpes regionales de la zona central de sur a norte, lo mismo el de profundidad de disección. Es mayor el contraste en las estructuras geológicas meso-cenozoicas que en las metamórficas paleozoicas.

BIBLIOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

Alencaster G. Pelecípodos del Jurásico Medio del noroeste de Oaxaca y noreste de Guerrero, **Paleontología Mexicana** n.15, Instituto de Geología, UNAM, México, 1963, 52 p.

Bashenina N.V., **Gueomorfologuicheskoe kartirovanie**. Ed. Visshaya Shkola, Moscú, 1977.

Cabrera L. **Diccionario de aztequismos**. Colofón, México, 1994.

Campa U.M, **Mapa geológico del oriente del Estado de Guerrero y áreas colindantes de los estados de Morelos, Puebla y Oaxaca**. Universidad Autónoma de Guerrero, 2001.

Campa M.F, Campos M., Flores R., Oviedo R., La secuencia mesozoica volcánica sedimentaria metamorfizada de Ixtapan de la Sal, México-Teloloapan, Gro.

Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana t. XXXV: 7-28, México, 1974.

Campa M.F., Ramírez-Espinosa J. La evolución geológica y la metalogénesis del noroccidente de Guerrero. Universidad Autónoma de Guerrero, **Serie Técnica Científica**, 1, 1979, 100 p.

Campa M.F. y Coney, P.J. Tectono-Stratigraphic Terranes and mineral resource distributions in México. **Canadian Journal of Earth Sciences**, 20: 1040-1051, 1983,

Campa M.F, García Díaz J.L, Bustamante García J, Torreblanca Castro J, Aguilera M.A., Vergara M.A.

Carta geológico-minera Chilpancingo, E14-8, 1:250 000. Secretaría de economía-Servicio Geológico Mexicano, Pachuca, 1998.

Ceccon E. Un paraíso casi perdido: breve historia de la deforestación en Brasil. **Revista Ciencias** 64: 22-29, México, 2001.

Carabias J. **Conservación de los ecosistemas y el desarrollo rural sustentable en América Latina: condiciones, limitantes y retos.** INE, SEMARNAT, México 2002.

Córdova C. **Cartografía geomorfológica en escala pequeña del occidente de la República Mexicana.** Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, 1988.

Corona-Esquivel R.J.J. Estratigrafía de la región comprendida entre Olinalá y Tecocoyunca, noreste del Estado de Guerrero, **Revista del Instituto de Geología** 5(1): 17-24, UNAM, México, 1981.

Corona-Esquivel R.J.J. **Geología de la región comprendida entre Olinalá y Huamuxtitlán, Estado de Guerrero.** Tesis de maestría en ciencias (geología). Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1985.

Cserna Z. de. Reconocimiento geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero. **Boletín del Instituto de Geología**, 62UNAM, México, 1965, 76 p.

Cserna Z. de. Tectónica (mapa de la República Mexicana, 1:4,000,000). En: A. García Silberman (coord.): **Atlas Nacional de México**, IV.2.1., Instituto de Geografía, UNAM, 1992.

Engeln O.D., **Geomorphology, sistematic and regional.** McMillan, Nueva York, 1942.

Erben H.K. El Jurásico Medio y el Calloviano de México. **XX Congreso Geológico Internacional**, México, 1956a, 104 p.

Erben H.K. El Jurásico Inferior de México y sus amonitas. **XX Congreso Geológico Internacional**, México, 1956b, 393 p.

Flores de Dios G.A., Buitrón B.E. Revisión y aportes a la estratigrafía de La Montaña de Guerrero. **Serie Técnico Científica** n. 12, Universidad Autónoma de Guerrero, Chilpancingo, 1982, 28 p.

Fries, C. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México. **Boletín del Instituto de Geología**, UNAM, n. 60., 1960, 236 p.

García Amaro Enriqueta, **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen**, Instituto de Geografía, UNAM, México, 2004.

Guzmán E.J. Geología del noreste de Guerrero. **Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros**, 2: 95-156, 1950.

Illsley C., Aguilar J., Gómez T., Tlacotempa A. Manejo Campesino de Recursos Naturales en la región centro-montaña de Guerrero. **Biodiversitas**, 7(46): 1-6, México, 2003.

INEGI, **Hoja geológica Chilpancingo** 1:250 000 E14-8, México 1991

INEGI, **Hoja topográfica Chilapa de Álvarez** 1:50 000 E14C29, México 2000

INEGI, **Hoja topográfica Chilpancingo** 1:250 000 E 14-8, México 1997

INEGI, **Hoja topográfica Olinalá** E14D11, México 2001

INEGI, **Hoja topográfica Quelchultenango** 1:50 000 E14C39, México 1983

INEGI, **Hoja topográfica Ahuacotzingo** 1:50 000 E14D21, México 2001

- INEGI, **Hoja topográfica Zicapa 1:50 000 E14C19**, México 2001.
- Jaso V.C. **Topónimos nahuas en la geografía de México (español-nahua)**. Instituto de Geografía, UNAM, México, 1997.
- Kuri L. (coord.). **Bienvenidos a casa, vivencia y pensamiento bioregional**. Ayotl A.C y CMARN, México 2003.
- López Ramos E. **Geología de México**, 3 tomos. Edición privada, México, 1979.
- Lugo H.J. **La superficie de la Tierra I, Un vistazo a un mundo cambiante**. Colecc. La Ciencia para todos n. 54, FCE, México, 2002.
- Lugo H.J. **Diccionario Geomorfológico**, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1989.
- Lugo, H.J. **El relieve de la Tierra y otras sorpresas**. Colecc. La Ciencia para todos n. 201, FCE, México, 2004.
- Lugo, H.J. **Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos)**. Instituto de Geografía, UNAM, México, 1988.
- Lugo, H.J. La geomorfología moderna y su importancia en los estudios del relieve mexicano. **Boletín del Instituto de Geografía** 12: 7-17 UNAM, México, 1982.
- Lugo, H.J. Los métodos geomorfológicos. **Revista de Geografía** 1(1): 13-26 INEGI, México, 1987.
- Meza, L., López García, J. **Vegetación y Mesoclima de Guerrero**, Facultad de Ciencias, UNAM México 1996.
- Miller A.A., **La piel de la Tierra**. Ed. Alhambra, Madrid, 1970.

Ortega-Gutiérrez F. Estratigrafía del Complejo Acatlán en la Mixteca baja, estados de Puebla y Oaxaca. **Revista del Instituto de Geología**, 2: 112-131. UNAM, México, 1978

Ortega-Gutiérrez, F. Metamorphic belts of southern México and their tectonic significance: **Geofísica Internacional**, 20(3): 177-202, 1981.

Pabellón Temático. **Tomo Navegación**. Exposición Universal Sevilla, 1992.

Pabellón temático. **Tomo Siglo XV**. Exposición Universal Sevilla, 1992.

Pennington T.D., Sarukán J. **Árboles tropicales de México**, Instituto de Ecología UNAM/FCE/, México, 1998.

Raisz E. **Cartografía**. Omega, Barcelona 1972.

Ramírez N.C. **Cartografía morfogenética de Pénjamo, Guanajuato**. Tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 2007.

Reyes Ramírez A. et. al. **Estudio Hidrológico preliminar de la región centro-montaña de Guerrero**, Estado de Guerrero, México. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 2005.

Romero Q.J. **Toponimias del Estado de México**. Ediciones del Gobierno del Estado de México, Toluca, 1987.

Salas, G.P. Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca.

Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 1(2):

79-156, 1949.

Spiridonov A.I. **Geomorfologicheskoe kartirovanie**. Nedra, Moscú, 1985

Thornbury W.D. **Principios de geomorfología**. Kapelusz, Buenos Aires, 1966.

Tricart J., **Cartographie géomorphologique. Memoires et Documents, Cartographie géomorphologique**, travaux de la R.C.P. 77. Editions du Centre de la Recherche Scientifique, Paris, 1972.

Tricart J., Cailleux A., **Traité de géomorphologie, t. I: Introduction a la géomorphologie climatique**. SEDES, París, 1965.

Vázquez Cerón M. **Cartografía geomorfológica de la zona comprendida en la hoja Ciudad Sahgún, escala 1:50 000**. Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y letras, UNAM, México 2001.

PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA

www.guerrero.gob.mx/