



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Ingeniería

"Estudio Geológico Regional de una parte  
de la Cuenca del Río Cutzamala, Edos.  
de Guerrero, México y Michoacán"

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO GEOLOGO

P r e s e n t a :

Mario Alberto Ramírez Ramírez



México, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## C O N T E N I D O

### RESUMEN

CAPITULO I:	INTRODUCCION	
	I.1	Introducción 1
	I.2	Objeto del estudio. 3
	I.3	Método de trabajo 3
CAPITULO II:	GENERALIDADES	
	II.1	Localización y vías de comunicación 5
	II.2	Clima y Vegetación 6
CAPITULO III:	FISIOGRAFIA	
	III.1	Localización 8
	III.2	Orografía 9
	III.3	Hidrografía 10
CAPITULO IV:	GEOLOGIA	
	IV.1	Estratigrafía 12
	IV.2	Rocas Igneas 25
	IV.3	Rocas Metamórficas 30
CAPITULO V:	GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y TECTONICA	
	V.1	Geología Estructural 32
	V.2	Tectónica 36

CAPITULO VI:	GEOLOGIA HISTÓRICA.	
	VI.	Geología Histórica 39
CAPITULO VII:	CONSIDERACIONES ECONOMICAS	
	VII.1	Hidrológicas 46
	VII.2	Minería 47
	VII.3	Petróleo 52
CAPITULO VIII:	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	VIII.	Conclusiones y reco-- mendaciones. 54
		Bibliografía 59

ANEXOS:

Mapa fotogeológico del área de estudio hoja No. 1.

Mapa fotogeológico del área de estudio hoja No. 2.

Mapa fotogeológico del área de estudio hoja No. 3.

## R E S U M E N

Con objeto de tener una idea general de los recursos naturales con que cuenta la región, se llevó a efecto sobre la misma, un estudio de carácter preliminar basado principalmente en la técnica de la Fotogeología, con apoyo en verificaciones de campo y su correspondiente muestreo litológico.

El área en estudio a la cual hace referencia el presente trabajo, se encuentra ubicada sobre la parte oriental del Estado de Michoacán, extremo sur occidental del Estado de México y porción noroeste del Estado de Guerrero; para ser más exacto, ésta se encuentra enmarcada por las siguientes coordenadas geográficas: 18º 46' -- 30" y 19º 30' 00" de latitud norte, 100º 24' 05" y 100º 54' 24" de longitud, al oeste del meridiano de Greenwich.

Desde el punto de vista fisiográfico, se puede decir que:-- el área en estudio se encuentra enclavada en la porción noroccidental de la subprovincia denominada "Cuenca del Balsas-Mexcala" (Raisz, 1959), ocupando una superficie aproximada de 3800 km<sup>2</sup> de la misma.

Como parte de las aportaciones del estudio, se obtuvieron los siguientes datos: La Cuenca Cutzamala tiene una capacidad de --- captación pluvial media anual de 12 900 millones de M<sup>3</sup>, con un escurrimiento promedio de 3 300 millones de M<sup>3</sup>, lo cual representa aproximadamente un caudal medio de 105 M<sup>3</sup>/s.

El drenaje de la Cuenca se efectúa por medio del Río Balsas y sus numerosos afluentes, que finalmente vierten su caudal al Océano Pacífico.

La litología regional está integrada por rocas pertenecientes a las tres grandes familias petrológicas; en el lado SW del área mapeada, se localiza un afloramiento de esquistos, que subyacen a formaciones mesozoicas. Por correlación con otros afloramientos similares, se ha concluido que éstos esquistos son de edad paleozoica.

Las rocas sedimentarias que afloran en la región, están --- constituidas por depósitos de origen marino y continental, cubren --- aproximadamente el 70% del área y sus edades varían del Jurásico Superior al Terciario.

Entre las formaciones pertenecientes a ésta familia que a--- floran en la región, tenemos: Formación Angao (Jurásico Superior), -- Formación San Lucas (Cretácico Inferior), Formación Morelos (Cretácico Inferior), Formación Mexcala (Cretácico Superior) y el grupo Balsas, integrado por depósitos continentales del Terciario.

Las rocas de origen ígneo, están representadas por diques - dioríticos que intrusionan a la Formación Mexcala y el Grupo Balsas; así como las dacitas, andesitas y basaltos que emergieron a la superficie en forma de derrames, formando mesetas y en ocasiones bajo circunstancias especiales dieron origen a conos volcánicos.

Aun cuando no existen datos radiométricos que determinen la edad de las rocas ígneas que afloran en el área de estudio, se ha con-  
cluido que éstas, son producto del vulcanismo originado durante los -  
últimos paroxismos de la Revolución Laramide, desarrollados en el Ter-  
ciario Superior.

El Cuaternario está representado por: conglomerados mal clasi-  
fificados y pobremente consolidados, que forman rellenos de antiguos -  
meandros y paleocanales; suelos residuales y aluvión depositado en -  
las márgenes de los ríos y en las depresiones intermontanas.

Através de las fotografías aéreas y con la ayuda de imáge-  
nes ERTS, se observó que en el extremo suroccidental del "área de es-  
tudio" existe un conjunto de pliegues que forman anticlinales y sin-  
clinales, cuyos ejes longitudinales se prolongan hacia el sur; tam-  
bién se observó que en las proximidades del extremo occidental, se en-  
cuentra emplazada la mega estructura denominada anticlinal Tzitzio --  
Tiquicheo (Mauvois, 1977), la cual supuestamente fue producto de un -  
cabalgamiento regional que traslapó rocas mesozoicas sobre otras de -  
edad cenozoica durante el Mioceno.

Por lo general, éstas estructuras geológicas presentan una ori-  
entación sensiblemente N-S y se infiere que representan la resul-  
tante de los esfuerzos desarrollados sobre la región, producto de la ori-  
entación generada entre las placas de Norte América y la de Cocos,

que se desplazan a velocidades diferentes, en direcciones aproximadamente concurrentes.

Obsérvase también, que el área se encuentra afectada por -- gran número de fallas normales y fracturas tectónicas, de dimensiones considerables, las cuales se orientan en dirección NW-SE y NE-SW preferentemente.

Diseminados sobre la porción oriental de la región, se detectó a través de las fotografías aéreas, la existencia de varios conos volcánicos.

Con base en los resultados obtenidos de estudios geológicos realizados en regiones vecinas y observaciones de campo efectuadas sobre el área de estudio, se concluye, que tanto las fallas como las -- fracturas tectónicas desarrolladas sobre la región, son producto consecuente de los movimientos de relajamiento de la litósfera y de esfuerzos de tensión de la misma; así como el desarrollo de aparatos -- volcánicos, fueron producto del vulcanismo posttectónico desarrollado durante el Terciario Superior.

Observando la litología supuestamente de edad Paleozoico -- Superior que aflora en el área de estudio, se deduce que durante éste período, la región se encontraba sumergida en el mar y bastante alejada de la costa, posteriormente desde el Jurásico Superior y hasta el Cretácico Superior, pasa a formar parte de la plataforma continental.

como consecuencia de ligera emersión continental, sin embargo, los depósitos correspondientes a éste lapso de tiempo geológico, nos indican que en el transcurso del mismo, se desarrollaron dos grandes regresiones marinas, una durante los inicios del Cretácico Inferior y la otra, a finales del Aptiano.

Posterior a éste evento, la región quedó inmersa en un mar poco profundo, cálido y de escasa circulación, lo que propició el depósito de sedimentos finos y el desarrollo de bancos de rudistas.

Durante el Cretácico Tardío, al sur del área de estudio, -- aproximadamente en la región comprendida entre Bejucos-Teloloapan-Huautla, tuvo lugar una manifestación volcánica submarina, evento que modificó radicalmente los depósitos sedimentarios regionales.

Entre el Cenomaniano y el Turoniano, se presentaron los primeros movimientos corticales, parece ser que a consecuencia de emplazamientos batolíticos en áreas vecinas, que afectaron la zona.

En las postrimerias del Maestrichtiano, aparecen las primeras manifestaciones de plegamiento de la corteza terrestre, sobre la región Huetamo-Cutzamala, actividad que posiblemente se prolongó hasta el Eoceno. Es probable que entre finales del Maestrichtiano y finales del Paleoceno, las aguas marinas se hallan retirado definitivamente de la región.

Encontrándose ya la región en condiciones puramente continentales, es afectada por fuerte actividad erosiva, iniciándose así el depósito del Grupo Balsas, durante éste proceso, se originó un eventual relajamiento cortical, que ocasionó fallamiento en bloques, seguido de actividad volcánica.

Un último período de actividad tectónica tuvo lugar durante el Mioceno Superior-Plioceno Inferior cuya manifestación se tradujo en derrames dacíticos, andesíticos y basálticos, complementada con intrusiones en forma de diques y actividad volcánica; se ha considerado probable que durante éste evento se halla formado el llamado Eje Neo-Volcánico.

## I.- INTRODUCCION

### I.1. INTRODUCCION.

La explosión demográfica observada en los últimos años, así como la crisis económica en que nos encontramos inmersos, son entre otros, dos grandes problemas que agobian al País y que requieren se encuentre una solución inmediata a los mismos o al menos alternativas que detengan parcialmente su desarrollo.

El crecimiento demográfico, demanda mayor cantidad de alimentos, incremento en el consumo de energéticos, incremento constante en la creación de bienes y servicios, abastecimiento de agua para usos doméstico, agrícola e industrial, localización de áreas para asentamientos humanos, etc.

La crisis económica se puede controlar, explotando racionalmente los recursos naturales que posee el País, integrando nuevas áreas de cultivo a la productividad, impulsando la industrialización del País y su consecuente aumento de fuentes de trabajo, reorientando nuestra economía, etc.

Existen grandes posibilidades de que nuestro territorio cuente con los recursos naturales necesarios y suficientes, que conlleve a la creación de los múltiples y variados satisfactores que demandan día a día, los numerosos habitantes que integran al País.

En base a lo anterior, vemos que con mayor frecuencia se están abriendo porciones del Territorio Nacional a la exploración geológica superficial, a fin de conocer el panorama geológico regional, detectar los diferentes recursos naturales con que cuenta y estar en posibilidades de sugerir los estudios necesarios que hay que efectuar sobre determinada área que se considere con posibilidades económicas de explotación, coadyuvando de ésta forma al desarrollo económico regional y del País.

Siguiendo el mismo principio y basándose en el desarrollo técnico de la Fotogeología, se realizó el presente estudio geológico superficial, sobre la región localizada en su mayor extensión sobre el Oriente del Estado de Michoacán y porciones Suroccidental del Estado de México y Noroeste de Guerrero.

Se escogió ésta región, por sus recursos geohidrológicos y - por las grandes posibilidades de que en su subsuelo se encuentren alojados importantes yacimientos minerales cuya explotación ayudaría en - la recuperación económica del País.

#### I.-2. OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Los objetivos que se planearon para el presente estudio fueron: conocer las características geológicas regionales del área enmarcada en el proyecto, elaborar la cartografía geológica correspondiente, describir la litología superficial, conocer los recursos naturales con que cuenta la región, esbosar el potencial hidrológico de la misma y - posibles áreas que puedan ser útiles para la construcción de futuras - obras de ingeniería hidráulica (presas), que beneficien a la colectividad, y delimitar áreas que contengan recursos minerales.

#### I.-3. METODO DE TRABAJO.

El método de trabajo seguido en el estudio geológico efectuado sobre el área del proyecto, se desarrolló de la siguiente manera:

Con apoyo en la Fotogeología y utilizando fotografías aéreas\_ verticales, escala media 1:50 000, proporcionadas por "DETENAL", se procedió a realizar un exhaustivo estudio de las mismas, marcando en ellas todo lo que de interés se observó, congruente al objetivo que se persigue.

Subsecuentemente se integró el mosaico fotográfico con objeto de tener una visión generalizada de la región, definir cierres de contactos geológicos y detallar continuidad en estructuras; posteriormente se procedió a la elaboración de las cartas geográficas, en donde se trasladaron todos los datos observados en las fotografías, determinando claramente la litología, estructuras geológicas, fallas y fracturas, así como la hidrología y demás datos de interés cultural.

Sabiendo la importancia que representa determinar las condiciones geológicas regionales, que existen en el área donde se pretende desarrollar cualquier proyecto de infraestructura, se procedió a organizar una serie de caminamientos sobre la zona de estudio y alrededores, con la finalidad de verificar los datos obtenidos a través de las fotografías aéreas y que se habían consignado en el mapa fotogeológico preliminar, además efectuar la verificación correspondiente, muestreo y amplia descripción de la litología, así mismo, observar las zonas de falla y fracturas, que directa o indirectamente pudieran afectar las obras de ingeniería proyectadas. Cabe señalar que en ésta fase del estudio, con el fin de obtener una visión más amplia de la geología regional, se utilizaron imágenes del satélite ERTS.

Posteriormente, con los datos obtenidos en el campo y los aportados por los estudios petrográficos realizados sobre muestras colectadas durante los caminamientos de verificación, se procedió en gabinete, a efectuar las correcciones necesarias al mapa fotogeológico, obteniéndose una mejor presentación y mayor confiabilidad del mismo.

## II.- GENERALIDADES.

### II.-I.- Localización y Vías de acceso.

El área enmarcada en el proyecto, geoméricamente tiene la forma de un rectángulo, cubre una superficie aproximada de 3 800 km<sup>2</sup> y se localiza sobre la parte oriental del estado de Michoacán, extremo suroeste del estado de México y porción noroeste del estado de Guerrero.

Geográficamente nuestra área de estudio se encuentra delimitada por las siguientes coordenadas:

19º 30' 00"	de latitud norte, y
18º 46' 30"	
100º 54' 24"	de longitud oeste.
100º 24' 05"	

Vías de acceso.- Existe una deficiente red de comunicaciones en la región donde se localiza el proyecto, sin embargo al área se puede arribar por vía aérea, terrestre o bien una combinación de ambas.

En Zitácuaro, Tuzantla y algunas otras localidades dentro y próximas al área del proyecto, existen pistas de aterrizaje que permiten la operación de pequeñas y medianas aeronaves, desde donde se puede iniciar el reconocimiento del área.

Por vía terrestre, se puede llegar al área utilizando la carretera Federal No. 15, si se procede de la Ciudad de México, en Zitácuaro se continúa por la carretera No. 6, que une ésta ciudad con Huetamo de Núñez; prácticamente ésta vía recorre diagonalmente toda el área de estudio.

Procediendo de la ciudad de Morelia y desplazándose sobre la carretera federal No. 15, en dirección a la Ciudad de México, se llega hasta el entronque con la carretera estatal No. 49 (terracería), a la altura de la ranchería de Temazcal, sobre ésta y a la altura del poblado de Tafetán aproximadamente, se inicia el área del proyecto, como puede verse en el mapa de localización.

## II.- 2. Clima y Vegetación.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, el clima predominante en la región, es del tipo cálido semi-árido, con una temperatura media anual que oscila entre 26°C y 29°C, y un régimen de precipitación pluvial anual que varía de 700 a 800 mm. Sin embargo en la parte norte, se observa un clima del tipo templado sub-húmedo, cuya temperatura media anual varía de 18°C a 22°C, con una precipitación pluvial media anual de 700 a 1200 mm y lluvias en verano.

La vegetación varía acorde al clima en que se desarrolla, -- así en la mayor parte de la región se observan árboles como: pinzán, -

parota, ceiba, brazil, capiro, cascalote, zapote blanco, cueramo y mezquite; arbustos como: huizache y gramíneas como: zacate, banderilla, -- chayotillo y rabo de chivo; como sabemos ésta vegetación es característica de los climas semi-áridos.

En la porción norte cuyo clima es sub-húmedo, la vegetación -- varía notablemente y está formada principalmente por coníferas como: -- pinos, encinos y oyameles.



### III.- FISIOGRAFIA

#### III.-1. LOCALIZACION.

De acuerdo a la división en provincias que de la República Mexicana hizo Raisz (1959), en base a las características fisiográficas que éstas presenten, el área del proyecto se encuentra situada --- dentro de la provincia fisográfica denominada Sierra Madre del Sur, -- específicamente dentro de la Sub-provincia conocida con el nombre de - Cuenca del Balsas-Mexcala. Esta Subprovincia se encuentra limitada al norte, por la provincia denominada Eje Neovolcánico; al sur, tiene por límite la sub-provincia llamada Vertiente Meridional; al oeste, está - bordeada por la sub-provincia denominada Altiplanicie Septentrional, y al este, queda limitada por la sub-provincia de la Altiplanicie Oaxa-- queña.

Concretamente, se puede decir que: en la porción noroccidental de la sub-provincia denominada Cuenca del Balsas-Mexcala, se encuentra enclavada el área de estudio; observándose además que, el drenaje de la zona se efectúa por medio del Río Balsas y sus numerosos afluentes, el cual finalmente vierte su caudal en el Océano Pacífico.

### III.-2.- OROGRAFIA.

El paisaje topográfico que presenta el área, está constituido principalmente por cerros, mesetas y algunos conos volcánicos, por lo general formados por rocas ígneas, consecuentemente, éstas elevaciones se encuentran un tanto en forma aislada, es decir, no constituyen sistemas orográficos.

En contadas ocasiones se observaron elevaciones topográficas superiores a los 500 m, generalmente se vió que éstas muestran uniformidad en su altura, conservando una pendiente fuerte y uniforme.

En el extremo sur, donde afloran rocas sedimentarias del tipo marino, la topografía es más abrupta, observándose algunos pliegues en forma de anticlinales que se extienden hacia el sur. En la parte occidental, se encuentra el nombrado anticlinal Tzitzio-Tiquicheo, formado por un pliegue amplio y recostado, que en sí, no constituye una elevación de importancia.

### III.- 3. HIDROGRAFIA.

El sistema hidrográfico de la región, se encuentra integrado por los arroyos y ríos que drenan el área, algunos de éstos ríos como el Tuzantla, Purungueo, Tuxpan, Zitácuaro y Pungaracho, poseen un caudal considerable, sin embargo la mayoría de las vías fluviales se encuentran influenciadas por el clima, consecuentemente son ríos jóvenes con épocas de estiaje prolongado.

En general, el sistema de drenaje de la zona, se ajusta al tipo dendrítico, observándose en algunos casos, que las corrientes siguen los rumbos de fallas o fracturas; también se observó que todas las corrientes se comportan como tributarias del Río Balsas.

Algunos de los ríos importantes, están siendo escasamente aprovechados en el riego de pequeñas áreas de cultivo vecinas a las márgenes de los mismos, mediante la construcción de rústicos canales, sin embargo, es necesario hacer la observación que más del 80% del vital líquido se desperdicia.

Es importante señalar, que el sistema hidrográfico del área de estudio, es parte integral del Sistema Hidrológico de la Vertiente del Pacífico, específicamente forma parte de la sección denominada Cuenca del Río Balsas-Tepalcatepec, una de las más extensas e importan

tes del Territorio Nacional, la cual cubre aproximadamente una superficie de 112 320 Km<sup>2</sup> y capta el agua en gran parte de los estados de Tlaxcala, Puebla, Morelos, NW de Oaxaca, norte y noroeste de Guerrero, sur y sureste del estado de México, sur de Michoacán y sureste de Jalisco.

#### IV.- GEOLOGIA

##### IV.-1. ESTRATIGRAFIA.

En el desarrollo de todo programa de infraestructura, es importante tener un conocimiento amplio y preciso del panorama geológico que integra la región donde se proyecta realizar cualquier obra de ingeniería civil, por ésta razón, en el presente estudio considerado como preliminar, no se descuida la importancia que implica el conocimiento de la Estratigrafía de la región y se hace una exposición generalizada de los diferentes tipos de rocas aflorantes en el área de estudio, así como el mapeo de las mismas, basado principalmente en la interpretación fotogeológica.

Como una observación se anota que: dentro del área delimitada geográficamente en el presente trabajo, se han encontrado rocas representativas de las tres grandes familias petrológicas, es decir: rocas ígneas de tipo intrusivo y estrusivo, rocas metamórficas de epizona y rocas sedimentarias de origen marino y continental.

A continuación, se hace un bosquejo de las diferentes unidades litoestratigráficas que fueron mapeadas, iniciándolo como se ha establecido con la unidad más antigua.

#### MESOZOICO.

##### JURASICO.- Formación Angao.

Pantoja Alor (1959), en su publicación "Estudio Geológico de Reconocimiento de la Región de Huetamo, Edo. de Michoacán", describe ésta unidad como una serie de clásticos de origen marino, que consiste de lutitas, areniscas y conglomerados, de color verde, amarillo, rojo y café, subyacentes a la Formación San Lucas, y cita la falda oriental del cerro Dolores, localizado al oriente de Huetamo, Mich., como localidad de afloramiento de ésta unidad.

En la parte SW del mapa fotogeológico correspondiente a éste trabajo, se localiza ésta unidad, formando un pequeño entrante, que corresponde a parte de las estructuras geológicas que se prolongan hacia el sur.

Acorde tanto a la posición estratigráfica de ésta formación, como a la litología que la integra y la fauna (*Exogira* cf *Potosina* (Castillo y Aguilera) y *Gervilla* sp) colectada en sus estratos, se ha considerado que ésta Formación es una facies infralitoral de edad Kimmeridgiano-Portlandiano.

## CRETACICO.

## Formación San Lucas.

Esta unidad litoestratigráfica fue descrita por Pantoja Alor (1959), en su publicación "Estudio Geológico de Reconocimiento de la - Región de Huetamo, Edo. de Michoacán", como una secuencia de clásticos marinos consistentes en: arcillas, limolitas, lutitas, areniscas, conglomerados y calizas intercaladas, las cuales se encuentran sobreya---ciendo a estratos de la Formación Angao. Los estratos de ésta Forma---ción, presentan una diversidad de colores como: amarillo, verde, gris, cafe, rojo pardo y ocasionalmente algunos estratos presentan una colo---ración oscura, consecuente al ambiente de reducción con que fueron de---positados.

Esta unidad cubre principalmente la parte SE del estado de - Michoacán y región adyacente del estado de Guerrero; la localidad tipo de ésta unidad ha sido situada sobre el arroyo que se encuentra a la - salida del poblado de San Lucas.

En el extremo SW del mapa correspondiente a nuestra área de\_ trabajo, se localiza ésta Formación formando la nariz de un anticlinal, estructura geológica, cuyo desarrollo continúa hacia el sur.

Con base en estudios paleontológicos realizados sobre los -- fósiles (Nerinea y Orbitolina cf Texana (Roemer)), colectados en los -

estratos de la Formación San Lucas, así como en observaciones estratigráficas efectuadas en campo, se ha concluido que ésta unidad es una facies infralitoral desarrollada del Hauteriviense al Aptiano Inferior, depositada en una cuenca sedimentaria a la cual tanto Burckhardt (1930), Schuchert (1935) e Inlay (1944) llamaron Geosinclinal del Balsas.

#### Formación Morelos.

Fries (1957, p 44-60), ha descrito ésta unidad, como una potente sucesión de capas de calizas y calizas dolomitizadas de color gris claro a negro y gris pardo a negro parduzco respectivamente, con un contenido variable de pedernal en forma de nódulos, lentes y fragmentos de fósiles silisificados.

El contenido de material arcilloso en ésta unidad es en términos generales bastante pequeño, a tal grado que en algunos afloramientos la roca llega a estar constituida por más del 95% de carbonatos.

En el extremo N NE de nuestro mapa fotogeológico, se señala un banco constituido por calizas gris oscuro, en estratos de 5 a 30 cm. de espesor pertenecientes a ésta formación, hallándose en el mismo sitio una calera que explota la roca extraída de la estructura. También se observaron otros pequeños afloramientos en el límite oriental de éste mismo mapa.

Es importante mencionar que en los límites de la parte SSW\_ del área de estudio y vecino a la carretera que une Huétamo con Tiqui\_ cheo, a la altura de Eréndira, Mich., se localiza un afloramiento es\_ tructural calizo perteneciente a ésta formación al cual Mouvois --- (1977, p 48-63), ha denominado "Testigo de Eréndira", e interpretado\_ por éste autor como remanente de una cabalgadura de edad Miocénica. - Esta interpretación sin embargo no ha sido substanciada por trabajos\_ posteriores (cf De Cserna, 1979).

Basándose en estudios realizados sobre la estructura y tex\_ tura de los estratos de ésta formación, se ha concluido, que éstos -- fueron depositados en aguas someras y cálidas cuya profundidad fue -- inferior a los 30 m., sobre bancos submarinos alejados de la costa, - puesto que hay carencia de material clástico derivado de la erosión - subaérea de terrenos positivos.

#### Formación Mexcala.

Esta unidad fue descrita como una sucesión de capas interes\_ tratificadas e integradas por areniscas, limolitas y lutitas calcá--- reas, con algunos lentes de calizas clásticas, la cual se encuentra - suprayaciendo a la formación Cuautla concordantemente, según fue obser\_ vada y descrita con detalle por Bohnenberger Thomas (1955, lam. 5 y 6), en una tesis inédita relativa a la geología entre Iguala y Chilpancingo, Gro. En el mismo estudio señala como localidad, la situada a la -

altura del Km. 220 de la carretera México-Acapulco, en el lado oriente y sobre el Río Balsas o Mexcala.

De Cserna aclara que: a causa del plegamiento tan intenso — que exhibe ésta formación, no ha sido posible establecer una sección — litológica detallada de la misma, como tampoco ha sido posible deter— minar con exactitud su espesor, y concluye, que hasta ahora parece ser, que el espesor máximo es de 1 000 m. medido en el sinclinal El Higue— rón, localizado al sur de Jojutla.

La distribución de ésta unidad es bastante extensa, locali— zándose afloramientos de la misma, en los estados de Morelos, centro y SW de Guerrero, W del estado de México, sur de Hidalgo, W de Puebla y Oaxaca.

Los afloramientos encuadrados en éste proyecto, están consti— tuídos litológicamente en la siguiente forma: los de la porción orien— tal del mapa, son capas con cierta alternancia, de 1 a 20 cm. de espe— sor, de lutitas color verde olivo, las de menor espesor son de composi— ción arcillosa y bastante deleznable, las de mayor espesor son de com— posición arenosa y más compactas. Los afloramientos en general se pre— sentan bastante plegados.

Los de la porción occidental inferior, están constituídos — por capas de 3 mm a 20 cm. de espesor, de lutitas color gris claro con

ligero metamorfismo, el cual prácticamente las convierte en pizarras, éste metamorfismo va acentuándose conforme se avanza hacia el norte, encontrándose en el extremo NW del área, afloramientos de filitas — sericitizadas color café claro, bastante fracturadas y plegadas; las fracturas generalmente siguen el rumbo de la estratificación.

Es importante señalar que algunos afloramientos de ésta unidad, sobre todo los localizados en la parte central del mapa de éste proyecto, se encuentran surcados por numerosos diques de composición diorítica.

De Cserna (1965, p 26), considera que la formación Mexcala es una consecuencia de depósitos de tipo flysch, explicando que ésta clase de depósitos se originan por un rápido hundimiento del área que yace frente a un traspais de orógeno, el cual emerge a ritmo sincronizando con el área de hundimiento.

Basándose en estudios tanto estratigráficos como paleontológicos, se ha llegado a la conclusión de que ésta unidad fue depositada desde fines de Turoniano al Campaniano Superior.

#### TERCIARIO

Grupo Balsas.

Con éste nombre designó Fries (1957, p 304), a una sucesión

de depósitos de origen clástico, volcánicos y lacustres no marinos que sobreyacen a rocas cretácicas.

Las áreas de afloramiento de ésta unidad, se distribuyen a través de los estados de Morelos, Guerrero, Michoacán y SW del estado de México. En términos generales, la litología de éste Grupo es bastante variada, presentando en algunos afloramientos facies interdigitadas y en otras superpuestas.

En el área cubierta por éste proyecto, se estima que éste Grupo aflora en más de 50% de su superficie y su litología está constituida por conglomerados rojos, lutitas y areniscas interestratificadas, tobas andesíticas y tobas arenosas.

En el poblado de Tuzantla, sobre la margen izquierda del Río del mismo nombre, se observó que el relieve que cruza la región, está constituido por conglomerado rojo de clastos redondeados de origen ígneo, cuyo tamaño varía de 3 mm. a 2.0 cm., en los estratos superiores, y de 3.0 a 15 cm. en los estratos inferiores del afloramiento, bien cementados y con buena clasificación, su matriz es arcillo arenosa con alto contenido de óxido de hierro, derivándose de éste último su coloración, la unidad se presenta bastante compacta y resistente a la erosión y al corte, comunmente presenta diastratificación.

En general, en la mayoría de los afloramientos conglomerádicos observados, pertenecientes a éste Grupo, se nota una predominancia de material de origen ígneo, principalmente rocas andesíticas y basálticas con intercalaciones de arcillas y limonítas.

En algunos afloramientos, se observa una clara estratificación alternada de arenas gruesas y conglomerados compuesto por clastos de 3.0 a más de 10 cm. de diámetro.

En los cortes de la carretera, vecinos a la población de Tiquicheo, ésta unidad se presenta en estratos aproximadamente de 20 a 60 cm. de lutítas color gris claro, bastante deleznales que alternan con horizontes de areniscas arcillosas de color café grisáceo, compactas y resistentes al corte, cuyo espesor varía de 5.0 a 20 cm., los afloramientos se encuentran en ocasiones bastante plegados y en algunos se presenta metamorfismo insipiente, causado por los diques dioríticos que los han intrusionado.

A la altura de la ranchería El Llano, se observó parte del relieve topográfico que cruza la región, el cual se encuentra constituido por areniscas de grano medio a fino, de coloración rojiza, compacta y resistente al corte, variando la potencia de sus estratos de 10 cm. en la parte superior a poco más de 1.0 m en la parte inferior.

Los estratos de la parte superior, se encuentran bastante — fracturados a causa del intemperismo, en cambio los inferiores son resistentes; los echados son pronunciados y varían a través de la estructura de 45º a 60º. En ésta localidad se calculó que el espesor del relieve es aproximadamente superior a los 500 m.

Respecto a las tobas andesíticas, otro de los componentes de éste grupo, se puede decir que sus afloramientos cubren una área bastante extensa, sin embargo no se pudo comprobar si ésta unidad forma alguna estructura geológica de importancia, debido principalmente a lo accidentado del terreno.

En los afloramientos estudiados, la roca tiene color café oscuro con bastantes fracturas de contracción, lo que le da apariencia de formación en bloques, y los clastos pequeños presentan fractura concoidea.

En las cercanías del rancho denominado Tamata, en un corte — del camino que conduce a el Olivo, se localizó el afloramiento de una toba arenosa, de coloración amarillo cremoso, con estratificación graduada, encontrándose el material fino depositado en las capas inferiores y el grueso en las superiores. Su dureza al corte es mediana y la pierde gradualmente por la acción del intemperismo. Esta toba se encuentra subyaciendo a unos estratos de arenisca color rojo. No fue —

posible medir el espesor de la unidad debido a que sólo aflora parte de ésta.

Es importante hacer notar, que los afloramientos de éste grupo no presentan continuidad, debido a que gran parte del mismo fue depositado en zonas de fallamiento activo, en donde mientras unos bloques se dislocaban, otros emergían; consecuentemente el espesor del mismo cambia radicalmente en cortas distancias, razón por la cual no se ha llegado a establecer su espesor.

De Cserna (1957, p 409; 1965, p 27), basándose en la litología y en las condiciones tectónico-estratigráficas de los depósitos, ha concluido que el Grupo Balsas, es un depósito postorogénico del tipo molasse continental, desarrollado durante el Eoceno Tardío al Oligoceno Medio.

#### CUATERNARIO

##### CONGLOMERADOS.

En las proximidades de la población de Tuzantla y sobre la margen derecha del río del mismo nombre, se localizó un afloramiento de conglomerado color café grisáceo, formado por clastos bien redondeados, en su mayoría de rocas ígneas (generalmente andesitas), cuyos diámetros varían de 2 a 50 cm., mal clasificados, contenidos en una matriz arenosa.

arcillosa, pobremente cementados y con un espesor variable, calculándose al afloramiento una potencia aproximada de 12 m.

El conglomerado se encuentra en ocasiones sobreyaciendo al Grupo Balsas, y observando que los afloramientos del mismo, invariablemente se encuentran cercanos a las márgenes del río, se deduce que: -- el conglomerado es un producto consecuente de antiguos transportes hechos por corrientes fluviales, los cuales al ser depositados fueron -- rellenando antiguos desarrollos de meandros y paleo canales.

#### SUELOS RESIDUALES.

"Los suelos residuales se forman in situ, como un producto de la meteorización que sufre la formación rocosa subyacente", en el estudio fotogeológico realizado sobre el área del proyecto, se detectaron algunas superficies de regular extensión, las que, de acuerdo a la definición anterior y con base a la morfología regional, han sido clasificadas como tales, procediéndose al mapeo de las mismas, considerando que éste procedimiento pueda ser de alguna utilidad en el desarrollo de proyectos posteriores.

#### ALUVION

En términos generales conceptuamos que: aluvión es el conjunto de sedimentos arrastrados por las corrientes fluviales y depo--

sitados en los bajos topográficos y áreas estables que éstas generan; - consecuentemente en nuestra área mapeada, el aluvión lo encontramos confinado en las márgenes y meandros que forman los ríos, así como en las depressiones intermontanas.

#### IV.2. ROCAS IGNEAS

Se tiene conocimiento que las rocas ígneas y las rocas metamórficas integran el 95% y el 4% respectivamente de la litología que estructura la corteza terrestre, hasta una profundidad de 16 Km. (F.W.-Clarke y N.S. Washington).

De lo anterior, se desprende la importancia que representa la identificación, estudio y mapeo de éste tipo de rocas en el área de trabajo, puesto que en base al estudio de las mismas se puede deducir diversa e importante información, entre otra: las diferentes etapas evolutivas que ha experimentado la región, zonas de mineralización que puedan existir en el área y en algunos casos, determinar bancos de material que nos puedan ser útiles en la realización de obras de infraestructura.

Como parte integral del trabajo efectuado en el área enmarcada, se localizaron y mapearon los afloramientos de rocas pertenecientes a éstas dos grandes familias, los que a continuación se describen en forma generalizada.

## ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS.

En la parte central del área de estudio, al SE de la población de Tuzantla, se descubrió la existencia de un grupo de diques de composición diorítica, los cuales presentan una orientación NE-SW, sus dimensiones varían de 3.00 a 30.00 m. de ancho aproximadamente y su altura en ocasiones es superior a los 25.00 m.

Se observó que los cuerpos intrusivos se encuentran en un estado avanzado de alteración, en ocasiones acompañado por exfoliación en la unidad; es obvio que las alteraciones que presentan los diques, sea la resultante de la acción del intemperismo, que actúa sobre ellos.

Al SW de la subestación eléctrica "El Infiernillo", se encuentran emplazados dos grupos de diques, sensiblemente paralelos, con orientación NW-SE, de características y composición idéntica a los descritos anteriormente.

En la porción centro-occidental el área, entre las rancherías "El Llapo" y "Las Anonas", sobre el flanco derecho del anticlinal Tzitzio-Tiquicheo, se ubica el emplazamiento de otro pequeño grupo de diques, con características idénticas a los descritos anteriormente.

Complementariamente se observó que, éstos grupos de cuerpos tabulares, se encuentran intrusionando estratos pertenecientes a la --

formación Mexcala y al Grupo Balsas, de lo cual se infiere, que éstos son producto consecuente del vulcanismo Postectónico desarrollado en el Terciario.

#### ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS.

Pertenecientes a ésta clasificación, en el área mapeada se -- observaron varias unidades litológicas, las cuales se describen a continuación:

#### DACITAS.

Sobre el límite occidental de la "Presa del Bosque", se localiza una meseta de regular altitud formada por una unidad rocosa de origen ígneo, color gris rojizo a la intemperie, gris oscuro y bandeado al corte, de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, bastantecompacta y resistente al corte, la cual ha sido identificada como DACITA.

En conjunto el afloramiento, presenta poco fracturamiento, generalmente ocasionado por contracción, aún cuando hay pequeñas áreas sumamente fracturadas.

El espesor visible de éste afloramiento se calcula en 150 m - aproximadamente, respecto a su edad, no se cuenta con datos radiométricos.

cos pero por correlación se estima pertenece al inicio del Terciario Superior.

#### ANDESITAS.

Existen varios afloramientos de rocas andesíticas diseminados en nuestra área mapeada, aún cuando no fue posible muestrear todas las localidades, se observó en las muestreadas que estan constituidas por andesitas color gris oscuro, con textura porfídica, compacta y resistente al corte, ocasionalmente presenta un sistema de fracturamiento que aparenta empaque en bloques.

Atraves de las fotografías aéreas correspondientes, se pudo observar que muchos de los afloramientos se formaron por derrames lávicos andesíticos y que existen elevaciones topográficas superiores a los 800 m. formadas por ésta clase de roca ígnea extrusiva.

La edad exacta de éstos afloramientos se desconoce, sin embargo, por correlación estratigrafica se ha llegado a la conclusión que se desarrollaron durante el Terciario Superior.

#### BASALTO.

Sobreyaciendo discordantemente a estratos del Grupo Balsas y -

rocas pertenecientes a formaciones Cretácicas, en la parte N NW y Centro oriental del área planificada, emergen varias mesetas constituidas por - basalto de olivino, cuyo color varía de gris claro a oscuro, ligeramente vesicular en la parte superior, compacto en la parte media y escoreaceo\_ en la inferior.

Los frentes masivos observados, son bastante compactos y resis\_ tentes al corte, aún cuando en ocasiones se encuentra bastante fractura\_ do, predominantemente en sentido vertical y algunas veces, también se -- encuentran éstos derrames bastante alterados y deleznables, indudablemente como consecuencia de la acción del intemperismo.

Es importante hacer notar que en la vecindad de la población - de Jungapeo de Juárez y la presa de El Bosque, se descubrieron algunos - frentes lávicos que presentan estructura "almohadillada" (pillow lava), - típica de los derrames basálticos vertidos en un medio acuoso.

En las fotografías aéreas que forman el mosaico sobre el cual\_ se realizó la fotogeología correspondiente a la región enmarcada por -- éste trabajo, se pudo observar que éstas mesetas se formaron como conse\_ cuencia de los derrames lávicos que fluyeron através de aparatos volcá-- nicos, pues en la mayoría de ellas aún se conservan los conos caracterís\_ ticos de éstas estructuras.

Es evidente que ésta época de intenso vulcanismo, la que dió \_ origen a la topografía que se ha mencionado, fue consecuencia de los mo-

vimientos tectónicos originados durante los últimos paroxismos de la - Revolución Laramide; consecuentemente y en base a las relaciones estratigráficas establecidas regionalmente, se ha concluido que, éstos derrames basálticos tuvieron lugar durante el Oligoceno Superior - Mioceno, y cubrieron una vasta región principalmente al norte de la zona central de la Cuenca del Río Balsas.

#### IV.-3. ROCAS METAMORFICAS.

##### ESQUISTOS.

En la porción S SW del área mapeada y aproximadamente al occidente de los poblados de Tzetzenguaro y Tiquicheo, se localiza un afloramiento con orientación N-S, que cubre una área bastante considerable, constituido por una unidad litológica color gris oscuro con ligero tinte verdoso, de grano fino, bastante compacta y resistente al corte, con estructura esquistosa, la cual de acuerdo a la asociación mineralógica y textura que presenta, se ha clasificado como esquisto de bajo grado - de metamorfismo o de epizona, es decir: son rocas que se generaron en una zona de metamorfismo regional, donde la presión y temperatura fueron bajas.

Estos esquistos se encuentran subyaciendo a formaciones mesozoicas y en base a relaciones estratigráficas establecidas fuera de ésta área, han sido considerados como de edad paleozoica (?) por De Cserna (1974 y 1979), sin embargo, el método radiométrico empleado por éste

autor, ha sido posteriormente cuestionado por Campa y Asociados (et al 19....), quiénes han considerado a ésta secuencia litológica como jurásico Superior o Cretácico Inferior, en base a conjuntos faunísticos -- que han descubierto en los muestreos que de ésta unidad han realizado. Sin embargo, éstos últimos autores hasta la fecha, no han producido mapa o publicación alguna que muestre las relaciones que existen entre -- éstas unidades y las muestreadas.

De ésta manera, sólo se puede concluir que la edad de ésta -- unidad es incierta, y en éste trabajo se considerará tentativamente como de edad paleozoica.

ERA SISTEMA	SERIE		PISOS	HUETANO	ALFARINIANO	AREA DE ESTUDIO CUERCA DEL RIO GUTZAMALA	AMATEPEC TELOLAPAN		
	CUAT.	PERIODO							
TERCIARIO	PLEISTOCENO Y RECIENTE			ALUVION	ALUVION	AL. S. INDIVIDUALS CONGLOMERADO	BALSAS		
	PLIOCENO				AL. Y CALICHE				
	MIOCENO			SERIE VOLCANICA CHARACHARHO	PIROCLASTICOS	BASALTO ANDESITAS DACITAS	RIOLITAS ANDESITAS TOBAS		
	OLIGOCENO			GRUPO VALSAS	PIROCLASTICO GRUPO VALSAS	GRUPO BALSAS	GRUPO BALSAS		
	EOCENO								
	PALEOCENO								
CRETACICO	SUPERIOR	GOLFO	MAESTRICHIANO	FORMACION MAL PASO	FORMACION MAL PASO	FORMACION MEXCALA	FORMACION MAL PASO FORMACION MEXCALA		
			CAMPANIANO						
			SANTONIANO						
			CONIACIANO						
		TURONIANO	FORMACION TOCHIPALA						
		CENOMANIANO							
	INFERIOR	COAHUILA	COMANCHE	ALBIANO SUPERIOR	FORMACION MORELOS	CALIZAS Y LUFITAS	FORMACION MORELOS	FORM. AMATEPEC Y MORELOS	
				MEDIO					
				INFERIOR					
		NECOMIANO	COAHUILA	COMANCHE	APTIANO	FORMACION SAN LUCAS	CALIZAS Y LUFITAS	FORMACION SAN LUCAS	FORMACION SAN LUCAS
					BARREMIANO				
					HAUTERIVIANO				
NECOMIANO	COAHUILA	COMANCHE	VALANGINIANO	FORMACION SAN LUCAS	CALIZAS Y LUFITAS	FORMACION SAN LUCAS	FORMACION SAN LUCAS		
			BERRIASIANO						
JURASICO	SUPERIOR	COAHUILA	COMANCHE	PORTLANCIANO	FORMACION	FORMACION	FORMACION		
				KIMMERIDGIANO	ANGAO	ANGAO	ANGAO		
				OXFORDIANO	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO		
				CALLOVIANO					
	BATHONIANO								
	BAJOCIANO								
	MEDIO	COAHUILA	COMANCHE	COMANCHE	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO	
INFERIOR	LIA SICO	COAHUILA	COMANCHE	TOARCIANO	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO	FORMACION ANGAO		
				PLIENSBACTIANO					
				SINMURIANO					
				HETANGIANO					
TRIASICO							ROCA VERDE TAXCO VIEJO		
							ROCAS METAMORFICAS		
PALEOZOICO							ROCAS METAMORFICAS		

TABLA TENTATIVA DE CORRELACION  
- CRONO-ESTRATIGRAFICA REGIONAL

## V.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y TECTONICA.

### V.-1. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

En el área situada al oriente de la Ciudad de Huetamo, Mich., se encuentran localizados los desarrollos estructurales de una serie de pliegues en forma de anticlinales y sinclinales, con orientación aproximada N-S, que afectan sedimentos de la Formación Angao y constituyen -- los anticlinales Angao y Limones, ligeramente recostados hacia el oriente; al occidente de las estructuras anteriores, se localiza el anticlinal Terreros Prietos, de forma simétrica formado por sedimentos pertenecientes a la Formación San Lucas y orientación similar a la que presentan las estructuras anteriores.

Estas estructuras se encuentran emplazadas en el extremo suroeste del área mapeada y sólo pequeños segmentos de sus extremos superiores penetran la zona de estudio.

En la proximidad del extremo occidental del área mapeada, se ubica el emplazamiento de una mega estructura geológica, formada por sedimentos pertenecientes al Grupo Balsas, con orientación sensiblemente N-S, la cual se extiende desde Huetamo hasta Tzitzio, donde posiblemente su extremo norte quede sepultado por derrames lávicos del Eje -- Neovolcánico.

Esta mega estructura tiene la forma de anticlinal ligeramente recostado hacia el oriente, observándose que a lo largo del pliegue y paralelamente al eje del mismo, se desarrolló una falla de tipo normal con dirección de desplazamiento hacia el oriente, lo que produce el recostamiento del anticlinal; abundando en lo anterior, se hace referencia, que a la altura de la población de Lumón de Papatzingan de Romero, aproximadamente 500 mts. al Norte y al Sur 3.5 Kms., se desarrollaron dos fallas de corrimiento en dirección SW-NE, que afectó al anticlinal, produciéndole un quiebre en su dirección longitudinal; otra falla de éste tipo se encuentra localizada a la altura de la ranchería El Llano, que modificó ligeramente la dirección del anticlinal. La estructura, ha sido descrita por Mauvois y Asociados (1977, p. 48-63) -- quiénes la han denominado anticlinal Tzitzio-Tiquicheo.

La existencia de ésta mega estructura geológica, junto con el mencionado testigo de Eréndira y otras evidencias estructurales, sirvieron de base a Mauvois y asociados, para deducir la existencia de un cabalgamiento de proporciones regionales, que traslapó rocas mesozoicas sobre rocas de edad cenozoica, durante la fase tectónica paroxismal que probablemente tuvo su desarrollo en el Mioceno, sin embargo, como se mencionó con anterioridad, ésta interpretación no ha sido sustanciada por trabajos posteriores, (cf De Cserna, 1979).

Basándose en la técnica foto geológica y con la ayuda de imágenes ERTS, se pudo observar que la región se encuentra afectada por gran número de fallas de tipo normal y fracturas tectónicas, consecuente producto de los movimientos de relajamiento de la litósfera y de esfuerzos de tensión de la misma.

Estas, de acuerdo a la orientación que presentan, se han dividido en tres grupos; uno de ellos, está formado por todas las fallas y fracturas que se desarrollaron en dirección NW-SE, es importante señalar que éste grupo integra el mayor número de ellas y las de mayores dimensiones; otro grupo está formado por aquellas que se encuentran orientadas en dirección NE-SW, las cuales también son numerosas y de dimensiones considerables y por último, tenemos el tercer grupo que está integrado por aquellas que presentan orientación E-W, que son menores en número y tamaño.

Es probable que muchas de las fallas y fracturas que existen en la región, deban su origen al vulcanismo postectónico que se desarrolló durante el Terciario.

Siguiendo la técnica anterior, se pudo observar que en la parte central de la región que comprende el estudio, se ubican los desarrollos de tres series principales de diques, los cuales presentan las siguientes orientaciones: una de éstas series tiene dirección NE-SW y las otras dos, que sensiblemente son paralelas con una separación aproximada de 6 Kms., tienen una orientación NW-SE; además en la porción centro occidental se localizaron otros pequeños grupos de diques.

En la verificación de campo que se realizó, se pudo comprobar que éstos diques son de composición diorítica; sus dimensiones varían de 30.00 a 3.00 m. de ancho aproximadamente y su altura en algunos casos sobrepasa los 25.00 m.

También se observó que éstos, presentan un estado bastante avanzado de alteración, acompañada de exfoliación en algunos casos, - consecuente resultante de la acción del intemperismo. La formación litológica intrusionada, presenta en las áreas adyacentes a los diques, - metamorfismo con alteración avanzada en su litología.

Los diques se encuentran intrusionando estratos pertenecientes a la Formación Mexcala y al Grupo Balsas, de donde se deduce que -

éstos se desarrollaron durante el Terciario Superior o probablemente -- sean producto consecuente del vulcanismo postectónico desarrollado en -- el Terciario.

Diseminados en la porción oriental del área, se encuentran algunos conos volcánicos constituídos por basalto de olivino, bastante -- compacto y resistente al corte.

Los conos volcánicos son claramente visibles aún cuando sus -- alturas no son prominentes y es probable que éstos sean también produc-- to del vulcanismo postectónico terciario.

#### V.-2. TECTONICA.

Dentro de las Ciencias de la Tierra, la Tectónica es uno de -- los temas geológicos que se discuten con mayor interés, puesto que le -- es inherente la solución de la probelmática que representa la interpre-- tación de los eventos que tuvieron lugar en el transcurso del Tiempo -- Geológico y que intervinieron en la conformación estructural de la cor-- teza terrestre.

Dentro de éste mismo marco, se puede mencionar que: el área -- de estudio se encuentra afectada por plegamientos, fallas y fracturas -- tectónicas y algunos conos volcánicos. Es evidente que éstos acciden--

tes geológicos, son testigos consecuentes de los procesos tectónicos - que a través del tiempo se llevaron a efecto en ésta región.

Con base en las teorías modernas que tratan sobre la "Tectónica de Placas" y la "Deriva Continental" es posible explicar la conformación estructural de la región.

Se sabe que la Placa de Cocos, la cual se encuentra situada en vecindad con el extremo SW de la Placa de Norteamérica, se desplaza de SW a NE con una velocidad aproximada de 9.5 cm/año (M.Nafi Toksöz, 1975, pag. 116), avanzando sobre las Placas del Caribe y la de Norteamérica, pero éstas Placas a su vez, también tienen desplazamiento en dirección diferente a la de Cocos, la de Norteamérica se desplaza en dirección ligeramente SE-NW, con una velocidad inferior a la consignada anteriormente.

Puesto que las Placas mencionadas migran con velocidades diferentes y direcciones relativamente opuestas, es de suponerse que hubo un momento en el pasado Tiempo Geológico en que éstas convergieron entre sí, generándose en el área de convergencia una Trinchera Tectónica y consecuente a su desplazamiento una zona de subducción, donde la Placa de Cocos es consumida a través de una franja de 1900 Km. por la Placa de Norteamérica, (M. Nafi Toksöz, 1975).

Es evidente, que la fuerza que ejerce la Placa de Cocos, --  
-producto de su masa, por la aceleración de desplazamiento-, sobre la  
de Norteamérica, es inferior en relación a sus masas, sin embargo, ésta  
fuerza se manifiesta regionalmente.

Observando la orientación predominante que existe en los ---  
pliegues estructurales, se infiere que los sistemas de fuerzas que ori\_  
ginaron éstos eventos, actuaron paralelamente sobre el mismo plano, en  
forma colineal y sentido opuesto, con orientación sensiblemente W-E, y  
son consecuentes de la interacción ejercida entre la Placa de Cocos y\_  
la Norteamérica.

También se infiere que éstas fuerzas actuaron disarmónicamen\_  
te, puesto que existen formaciones que presentan plegamientos más in--  
tensos en determinadas zonas, lo que se observó con más frecuencia en\_  
el extremo SW del área.

## VI.- GEOLOGIA HISTORICA.

Tomando como base la secuencia que conforma la columna estratigráfica correspondiente a los afloramientos litológicos que se hallan en el área de estudio, se puede inferir en principio, algunos de los eventos geológicos que tuvieron lugar en la zona. Con los datos aportados por los estudios sedimentológicos y radiométricos, practicados sobre los estratos que constituyen la litología y las observaciones efectuadas directamente en campo, es posible tener los elementos suficientes que permitan hacer reconstrucciones paleogeográficas congruentes con las diferentes etapas geológicas de una determinada región, es decir, -reconstruir su historia geológica.

En consecuencia y particularmente tenemos que: en épocas pertenecientes al Paleozoico Superior?, se depositaron en la parte sur de la región, sedimentos de tipo pelítico, los que tiempo después estuvieron sujetos a un proceso de metamorfismo de bajo grado, éste evento probablemente se desarrolló en las postrimerías del Paleozoico, y está representado por el afloramiento de esquistos, que se encuentra localizado al occidente de los poblados de Tzetzenguaro y Tiquicheo; afloramiento que se ha supuesto correlacionable con los Esquistos Taxco.

Después de éste evento, nos encontramos con un gran hiato, -- donde se encuentran contenidos los sucesos anteriores al Oxfordiano.

A partir de las postrimerías del Jurásico, encontramos que el área de estudio, se encuentra formando parte de la plataforma continental, la cual se halla cubierta por un mar poco profundo y con deficiente circulación, lo que favorece al depósito de arcillas, limolitas, lutitas areniscas y otros clásticos, que constituyeron los estratos de la Formación Angao.

J. Pantoja A. (1959), concluye que: durante el depósito de -- los sedimentos pertenecientes a las formaciones Angao y San Lucas, se -- desarrollaron en la cuenca ciertas condiciones de inestabilidad, las -- cuales son interpretadas como pequeñas oscilaciones en la línea de costa que originaron minúsculas transgresiones y regresiones, reflejadas -

en la alternancia de lutitas y areniscas que presentan algunos estratos de las formaciones antes citadas. Más adelante el mismo autor -- señala que: durante éste período de depósito, se desarrollaron dos -- grandes regresiones marinas; la primera tuvo lugar después del depó-- sito de la Formación Angao y antes que la formación San Lucas, prin-- cipiara a depositarse, el evento quedó registrado por el conglomerado basal que presenta la formación San Lucas y la ausencia de fósiles indicativos de edad anterior al Hauteriviense.

La segunda regresión, deduce el mismo autor, se desarrolló a finales del Aptiano, apoyando su tesis, en la presencia de un conglomerado de tipo basal en la parte inferior de la formación Morelos y la ausencia de fósiles indicativos de ese lapso cronoestratigráfico.

Durante el Aptiano Superior y el Albiano, la región se encuentra cubierta por un mar somero, cálido y de escasa circulación, -- donde se acumulan sedimentos terrígenos finos y ocasionalmente la presencia de sedimentos más gruesos, producidos probablemente por una -- erosión más activa ocasionada por temporadas de mayor precipitación -- pluvial sobre áreas positivas supuestamente localizadas más al norte.

Durante el Albiano-Cenomaniano Inferior, se registró un incremento en el nivel marino, lo que sumado a la temperatura cálida --

existente, propició que proliferaran los bancos de rudistas en el geosinclinal. Uno de éstos bancos de rudistas se desarrolló sobre el borde oriental de la plataforma Aptiana-Albiana, que se encontraba situada sobre la actual región Huetamo-Cutzamala, con prolongación hacia el norte, pasando al poniente del actual poblado de Tiquicheo.

En los fondos someros de la plataforma, se depositaron los calcareos con grandes cantidades de miliolidos, formando los horizontes calizos de la formación Morelos, varios de éstos depósitos posteriormente fueron dolomitizados. Hacia el sureste, el mar se hizo más profundo precipitando en su fondo de escasa energía mecánica, lutitas oscuras y calizas arcillosas delgadas y oscuras, depósitos que corresponden a una facies de la formación Morelos.

Zoltan De Cserna y Asociados (1978), escriben que durante el Cretácico Tardío, una manifestación volcánica submarina de composición básica a intermedia se desarrolló en una fosa de hundimiento, situada al poniente del alto intrageosinclinal (Bucher, 1933, p3) que emergió durante el Cenomaniano, en la actual Región Cuetzala-Chilacachapa, prolongándose hasta Taxco; éste evento cambió radicalmente el cuadro de sedimentación regional, depositándose en el fondo marino al finalizar el vulcanismo submarino, clásticos finos que gradualmente se tornaron calcáreos durante el Turoniano.

En el lapso cronoestratigráfico Cenomaniano-Turoniano, en el área situada al sur de Ciudad Altamirano, se desarrolló el emplazamiento del batolito de Placeres del Oro (Larsen, et al, 1958, p 46-47); es muy probable que en éste mismo lapso crono estratigráfico o a finales del mismo, en áreas localizadas al sur de Apaxtla y al suroeste de Arcelia, hallan sido emplazados cuerpos plutónicos graníticos semejantes al de Placeres del Oro, evento que dio origen a los primeros movimientos corticales de la región.

Desde las postrimerías del Turoniano y hasta el Campaniano, la región estuvo cubierta por un mar relativamente tranquilo y profundo, donde se depositaron sedimentos terrigenos producidos por el proceso erosivo que sufrieron las áreas positivas, producto consecuente de los levantamientos corticales, ocasionados por los emplazamientos batolíticos anteriores; sin embargo, éstos depósitos fueron interrumpidos periódicamente por la acción de corrientes de turbidez, que extendieron sobre el fondo marino horizontes de arenas sucias, contrastantes con los mantos de sedimentos finos que normalmente se depositaban en esos fondos marinos.

Las características y secuencia que presentan éstos depósitos, los definen eminentemente del tipo flysch y conforman estratos de la formación Mexcala.

A finales del Maestrichtiano, sobre la región de Huetamo-Cutzamala, se empieza a hacer evidente el efecto producido por el desarrollo

de fuerzas de compresión ocasionadas indudablemente por migración de -  
placas, desarrollándose sobre el área y más al sur, los primeros plie-  
gues estructurales, actividad que probablemente se prolongó hasta an-  
tes que finalizara el Eoceno.

Algunos geólogos que han estudiado la región, han considera-  
do como probable, que el plegamiento de las formaciones de edad Jurá-  
sico Superior-Cretácico, a nivel regional, es producto consecuente de\_  
las primeras pulsaciones de la Revolución Laramide.

Hasta ahora, no se cuenta con datos precisos que nos sugie-  
ran la época en que el mar cretácico se retiró definitivamente de la -  
región, sin embargo existe la posibilidad que aconteció entre el Maes-  
trichtiano y finales del Paleoceno.

Hallándose la región en condiciones puramente continentales,  
se desarrolla una gran actividad erosiva que afecta principalmente a -  
las rocas mesozoicas, iniciándose en ésta forma el depósito del Grupo\_  
Balsas, con clastos producto de la acción erosiva.

Observando los pronunciados echados que presentan los estrat-  
tos de ésta unidad, así como las irregularidades que existen en su es-  
pesor, se deduce: que durante el depósito del Grupo Balsas, se regis-  
tró en la región un eventual período de fallamiento en bloques, produ-  
cido por un estado de relajamiento cortical ocasionado consecuentamen-

te por el cese de las fuerzas de compresión originadas por una interacción de placas tectónicas.

En la última etapa de depósito del Grupo Balsas se produjo un período de actividad volcánica de tipo explosivo, que aportó las tobas y - algunos derrames de composición básica, las que se hallan formando parte - de los depósitos de éste grupo.

Durante el Mioceno Superior y el Plioceno Inferior, se desa-- rrolló un nuevo período de actividad tectónica que produjo derrames dacíti-- cos, andesíticos y basálticos, algunos conos volcánicos y numerosos diques de composición diorítica, que intrusieron rocas cretácicas y terciarias; es probable que durante éste evento, se halla formado el Eje Neovolcánico, al menos así lo sugieren los derrames andesíticos que forman Mil Cumbres, - los que, mediante el método K-Ar, fueron fechadas de éste período (14 m.a.) por Demant (1976).

Del Pleistoceno y Reciente, período creno-geológico durante - el cual no ha tenido lugar ningún evento tectónico de importancia y en el - cual lógicamente no existen rocas representativas del mismo, sólo se obser-- varon algunos conglomerados mal cementados actuando como relleno de paleo-- canales, algunas áreas con suelo residual y aluvión, productos de altera-- ción química de rocas madre más antiguas y de la acción erosiva respectiva-- mente.

## VII.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

Acorde con los objetivos que se trazaron para la realización del presente trabajo, se puede concluir que de los estudios preliminares efectuados, complementados con las observaciones de campo que se hicieron durante los caminamientos de verificación, se llegó a los siguientes resultados.

### VII.1. Hidrológicos.

Como se enunció con anterioridad, la Cuenca del Río Cutzamala, posee una capacidad de captación pluvial media anual de 12 900 millones de  $m^3$ , las precipitaciones, como consecuencia dan origen a numerosas corrientes fluviales, que transportan un promedio de 3 300 millones de  $m^3$  de escurrimientos, lo cual nos representa un caudal de  $105 m^3/s$ , aproximadamente.

En base al potencial hidrológico que representa la Cuenca Cutzamala, el Gobierno Federal está llevando a efecto la construcción de importantes obras de ingeniería hidráulica, las cuales forman parte del "Proyecto Cutzamala", mediante el cual, se pretende la captación de  $19 m^3/s$  de agua, los que, después de haber sido sometidos a un adecuado proceso de purificación, serán transportados al área metropolitana, coadyuvando de ésta manera, a satisfacer la creciente demanda del indispensable fluido.

Como simple información, se señala que el Proyecto Cutzamala se encuentra en la primera fase de su desarrollo y aporta un gasto aproximado de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  al consumo de agua del área metropolitana.

Por otra parte, a la altura del poblado de Tamata se pudo observar que el Río Tuxpán mantiene un caudal con un gasto atractivo, el cual se puede utilizar en irrigación de áreas vecinas mediante el uso de canales; también se puede considerar la posibilidad de la construcción de presones y mediante la combinación de bombeo y tubería de material plástico, llevar el agua a áreas más alejadas, introduciendo en ésta forma el riego por aspersión, consecuentemente, se integrarían nuevas áreas a la producción agrícola continua.

Sobre el sinuoso recorrido del Río Tuzantla y a la altura de la Ciudad del mismo nombre, tanto aguas arriba de la ciudad como río abajo de la misma referencia, se observaron dos estrechamientos en los cortes del río, que podrían funcionar como boquillas en la construcción de alguna presa de almacenamiento, obviamente el gasto que mantiene el Río Tuzantla, se considera aceptable para tal fin.

## VII.2. Minería.

En el aspecto minero, la región posee grandes atractivos y existen bases para presumir que su subsuelo alberga importantes yacimientos minerales.

En 1972, Richard Sillitoe después de múltiples estudios complementados por observaciones de campo, propuso su teoría mediante la cual - explica el zoneamiento en las provincias metalogenéticas, próximas a las márgenes continentales y a las zonas de subducción.

Mediante ésta teoría, se infiere que en las zonas de Subducción se efectúa una mezcla parcial de materia procedente de las crestas oceánicas, con sedimentos pelíticos y materiales derivados de la corteza continental, posteriormente, los metales ascienden como componentes de magmas calco-alcalinos y son distribuidos en zonas paralelas a la margen continental; de tal forma que los yacimientos minerales de alta temperatura, se localizan en la proximidad de la margen continental y los de menor temperatura más alejados de ésta, es decir, más hacia la línea centro del continente.

Acorde a ésta teoría, se observa que en la región situada al sur del Eje Neovolcánico y a partir de la margen continental del Pacífico, se desarrolla en forma paralela a la zona de subducción de la Placa de Cocos, un zoneamiento de los diferentes yacimientos minerales, delimitados éstos claramente en tres grupos principales, siguiendo un modelo desplazante, con orientación de occidente a oriente; de ésta forma, los emplazamientos más cercanos a la costa y a la zona de subducción, corresponden a los yacimientos de fierro, siguiéndole los de cobre diseminado y por último se localizan los yacimientos de plata, oro, plomo y cinc principalmente.

Como un antecedente de la teoría anterior, se señala que: en 1968, Garbelman y Kruslewski, delimitaron en la costa del Pacífico de la República Mexicana, una provincia metalogenética de fierro, seguida en el sentido del desplazamiento teórico por la provincia de cobre-oro y finalmente, se delimitó la de cobre, plomo, cinc y plata.

De lo anterior se infiere la probabilidad de que el área de estudio se encuentre localizada en la zona de yacimientos epitermales, caracterizados por la presencia predominante de plata, plomo, cinc y cobre.

El Consejo de Recursos Minerales, mantiene programas de exploración a diferentes niveles sobre la región, y de los resultados obtenidos se mencionan algunos de los que se hallan ubicados dentro del área de estudio.

En las inmediaciones de la rancharía Las Mojarras, sobre el extremo Norte del Municipio de Tiquicheo, se localizó un yacimiento cuya mineralización se encuentra en forma de vetas, encajonadas en sedimentos del Grupo Balsas, los minerales encontrados son: crisocola, azurita, malaquita y sulfatos de cobre principalmente.

A lo largo del anticlinal Tzitzio-Tiquicheo, actualmente se están realizando una serie de exploraciones Geológico-Mineras, obteniéndose en algunos casos la localización de estructuras mineralizadas en forma de vetas alojadas en lutitas, areniscas y conglomerados del Grupo Balsas.

Los minerales contenidos son: plata, plomo, cinc y oro principalmente, y en la cercanía de Tzitzio, se detectó antimonio.

Al norte del poblado El Limón de Papatzingan, se localizaron\_ cuerpos mineralizados en forma de vetas próximos al contacto de un cuerpo granodiorítico que intrusióna a areniscas y conglomerados del Grupo - Balsas.

Los minerales que integran las vetas son: azurita y crisocola principalmente, con calcosita y piritita como ganga; según reportes de la\_ residencia del Consejo de Recursos Minerales, en Michoacán, las vetas -- tienen una ley de 3% de cobre pero muy poco tonelaje.

En las proximidades de Nanchititla también han sido localiza- das vetas integradas principalmente por minerales de plata, cinc, plomo\_ y oro, alojadas en rocas volcánicas terciarias.

La localidad se encuentra en la etapa de exploración por ba-- rrenación, para calcular la potencialidad o tonelaje del yacimiento.

En el área de Tiamaro, municipio de Benito Juárez, Mich., se\_ sigue el proceso de exploración usando métodos Geofísicos y de barrena-- ción, con objeto de ubicar el yacimiento y determinar la ley del pórfi- do de cobre-oro descubierto en ésta región.

También en Agua Colorada, localidad que se encuentra próxima al poblado de Tingambato y a los límites entre los estados de México y Michoacán, se prosigue con las exploraciones por barrenación en rocas volcánicas terciarias, usando en ésta actividad, barrenas de diamante, - el objetivo inmediato que se ha planteado es llegar a una evaluación -- real del yacimiento, el cual por métodos geológicos se ha inferido que posee una reserva superior a los 800 millones de toneladas, con una ley de 1% de cobre.

Al suroeste de Tiquicheo a unos 4 kms. aproximadamente, se localizaron vetas de 1 m. de espesor, emplazadas en una falla, de rumbo N 60° W y 65° NE de echado, actuando como roca encajonante andesita color gris claro y textura afanítica, silisificada y cloritizada.

Los minerales principales identificados son: galena, blenda y calcopirita; según análisis realizados, dieron los siguientes resultados: ley media de 3 a 4% de plomo, de 2 a 3% cinc y de 0.8 a 1.4% de -- cobre.

El Consejo de Recursos Minerales, en la actualidad sigue con su programa de exploraciones a nivel regional, cumpliendo con los objetivos para lo cual fue creado.

## VII.-3. Petróleo.

Con respecto a éste renglón, en el área de estudio y circunvecinas no se encontró, ni se tiene noticias de que en otras exploraciones realizadas, se hallan detectado manifestaciones superficiales de la existencia de hidrocarburos.

Las rocas almacenadoras de hidrocarburos presentan características especiales como: alto grado de porosidad, edad y espesor de los sedimentos, profundidad de sepultamiento de los mismos, particularidades texturales y estructurales de la roca, características de filtración, composición y textura de los cementantes, características geotérmicas regionales, etc.

Los estratos que integran las formaciones mesozoicas, que se hallan en el área de trabajo, presentan algunas de las características propias de las rocas almacenadoras de hidrocarburos, incluyendo la Formación Morelos con su significativo contenido de materia orgánica y sus cambios de facies, sin embargo éstas formaciones se encuentran aflorando en la zona, por lo cual se reducen grandemente las posibilidades de hallar petróleo en la región.

Por otra parte, la proximidad del área a una zona de subducción donde se generan altas temperaturas en el subsuelo, reducen también las posibilidades de preservación de hidrocarburos.

Pero la determinación de la existencia de hidrocarburos en la región no puede quedar concluída con suposiciones y simples estudios geológicos superficiales del área, ésta podrá ser definida con estudios especializados de subsuelo, incluyendo sistemáticamente la sismología estratigráfica.

Después de efectuar el estudio geológico que de acuerdo al objetivo del mismo, define el presente trabajo, se llegó a las siguientes;

#### VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- El estudio fotogeológico y su verificación en campo, realizado sobre el área que cubre o enmarca el estudio, el cual es objeto - de éste trabajo, tiene el carácter de preliminar.

2.- La ubicación de la llamada "área de estudio" se encuentra en próxima vecindad con el Eje Neovolcánico, región de alta actividad -- tectónica.

3.- El área que enmarca éste trabajo, se encuentra surcada por numerosas fallas y fracturas tectónicas, con orientación dominante NW-SE, NE-SW y E-W; es probable que varias de ellas se encuentren activas.

4.- La orientación que presentan generalmente los anticlinales y gran número de fallas tectónicas existentes en la región, es aproximadamente N-S, lo que nos sugiere que los esfuerzos de compresión y tensión,

generados por interacción y movimientos migratorios de las Placas Tectónicas concurrentes, se desarrollaron con dirección normal.

5.- Es evidente que existe una interacción entre las Placas -- del Caribe, Cocos y Norteamérica, y puesto que el área de estudio queda -- situada sobre la Placa de Norteamérica, cualquier manifestación tectónica que se desarrolle en ésta, inevitablemente afectará a aquella.

6.- Considerando como uno de los objetivos primordiales del -- estudio la captación de recursos hidráulicos, se observó que en la región, existen varios ríos como el Tuzantla, Cutzamala y otros, que poseen caudales bastante considerables, de los cuales es desperdiciado su potencial.

7.- En la trayectoria del Río Tuzantla y vecinas al poblado -- del mismo nombre, existen áreas que por sus características topográficas, pueden considerarse como boquillas en la construcción de alguna presa de -- almacenamiento.

8.- La captación media anual de la Cuenca Cutzamala y los escurrimientos fluviales que se originan en la misma, forman un recurso natural con un potencial sumamente importante, del cual desgraciadamente es

desaprovechado un alto porcentaje de su totalidad.

9.- Tomando como base la hipótesis de Sillitoe y con apoyo en los resultados obtenidos por Garbelman y Kruslewski, se deduce que el área de estudio se halla localizada en la zona de yacimientos epitermales.

10.- A juzgar por el interés mostrado por el Consejo de Recursos Minerales, y el considerable número de exploraciones que actualmente está llevando a efecto, se deduce que la región representa un buen prospecto para la explotación minera, que en un futuro próximo coadyuvará en la recuperación económica nacional.

11.- La proximidad del área de estudio a una zona de subducción, y el afloramiento de las formaciones litológicas mesozoicas, únicas con posibilidades de almacenar hidrocarburos, son dos factores de peso, que reducen en alto grado las posibilidades de hallar en la región yacimientos de hidrocarburos.

1.- Es necesario e imperativo efectuar un estudio geológico más amplio y a detalle del área, con objeto de tener un panorama más preciso de los recursos naturales con que cuenta la región.

2.- Para la realización de toda obra de infraestructura, se considera sumamente importante revisar estadísticas respecto a movimientos

telúricos que afectaron la región, así como efectuar estudios sismológicos y geológicos de subsuelo a nivel regional.

3.- Acorde a la importancia que revisten los proyectos de infraestructura, éstos exigen que: las áreas donde se proyecte la construcción de alguna obra de éste tipo, se efectúe un minucioso estudio geológico de subsuelo y de mecánica de suelos.

4.- En lugares estratégicos y de máximo aprovechamiento, proyectar la construcción de presas de almacenamiento para captar la mayor cantidad de agua, y evitar su desperdicio, dando en ésta forma, oportunidad a la creación de nuevos centros de asentamientos humanos y la incorporación de nuevas áreas al cultivo.

5.- Establecer una campaña permanente entre los habitantes vecinos a las márgenes de las corrientes fluviales, para evitar la contaminación sistemática de las mismas y vigilar periódicamente su observancia.

6.- Desarrollar campañas de forestación y reforestación regional, cuyo objetivo principal sea la recuperación ecológica de la misma.

7.- Impulsar la construcción de caminos vecinales, para dar salida a los productos regionales y mineros.

8.- Impulsar la creación de fundos mineros en manos de nacionales y el laboreo de minerales en áreas vecinas para emplear la mano de obra regional.

9.- Enviar a egresados de la Universidad de Chapingo o a técnicos similares, a efectuar estudio de suelos, con objeto de determinar los tipos de cultivos que se pueden realizar, a fin de obtener óptimos resultados, arraignado de ésta manera a los campesinos que actualmente emigran a otras latitudes.

10.- Impulsar el riego por aspersión en áreas con posibilidades de rendimientos agrícola, a fin de obtener un mejor uso de los recursos hidráulicos.

## B I B L I O G R A F I A

CSERNA, Z. DE Y FRIES C. JR.  
Hoja Cuernavaca, fraccionamiento Carto-  
gráfico Geológico de la República Mexi-  
cana.  
Instituto de Geología.  
U. N. A. M.

CARL O. DUBAR 1968.  
Geología Histórica.  
Compañía Editorial Continental, S.A.  
(CECSA)

CARL K. SEYFERT 1973  
LESLIE A. SIRKIN.  
Earth History and Plate Tectonics.  
Harper and Row Publishers, New York

CHARLES POMEROL. 1975  
Stratigraphie et Paleogeographie.  
Ere Mésozoïque.  
Doin Editeurs Paris.

DE CSERNA, Z. 1979  
Excursión a Tierra Caliente.  
Sociedad Geológica Mexicana.

DE CSERNA, Z. 1979  
PALACIOS NIETO M  
PANTOJA A. J.  
Relaciones de Facies de las rocas  
cretácicas en el noroeste de Guerrero y  
Ares colindantes de México y Michoacán.  
Soc. Geol. Mexicana.

ERWIN RAISZ. 1959  
Provincias Fisiográficas de la República  
Mexicana.  
Cambridge, Mass.

F. J. PETTIJOHN. 1970  
Rocas Sedimentarias  
Editorial Eudeba.

J. PANTOJA ALOR. 1957.  
Estudio Geológico de Reconocimiento  
de la Región de Huetamo, Mich.  
Vol. 50 CRNR.

J. W. LOW 1960  
Compañía Editorial Continental, S.A.  
(CECSA).

LOPEZ VEGARA, M.L. 1971  
Publicaciones Científicas de la  
Junta de Energía Nuclear.  
Madrid, España.

MAX DERRUAU 1970  
Geomorfología  
Ediciones Ariel, S.A.  
Barcelona, España.

MARLAND P. BILLINGS 1972  
Geología Estructural  
Editorial EUDEBA.

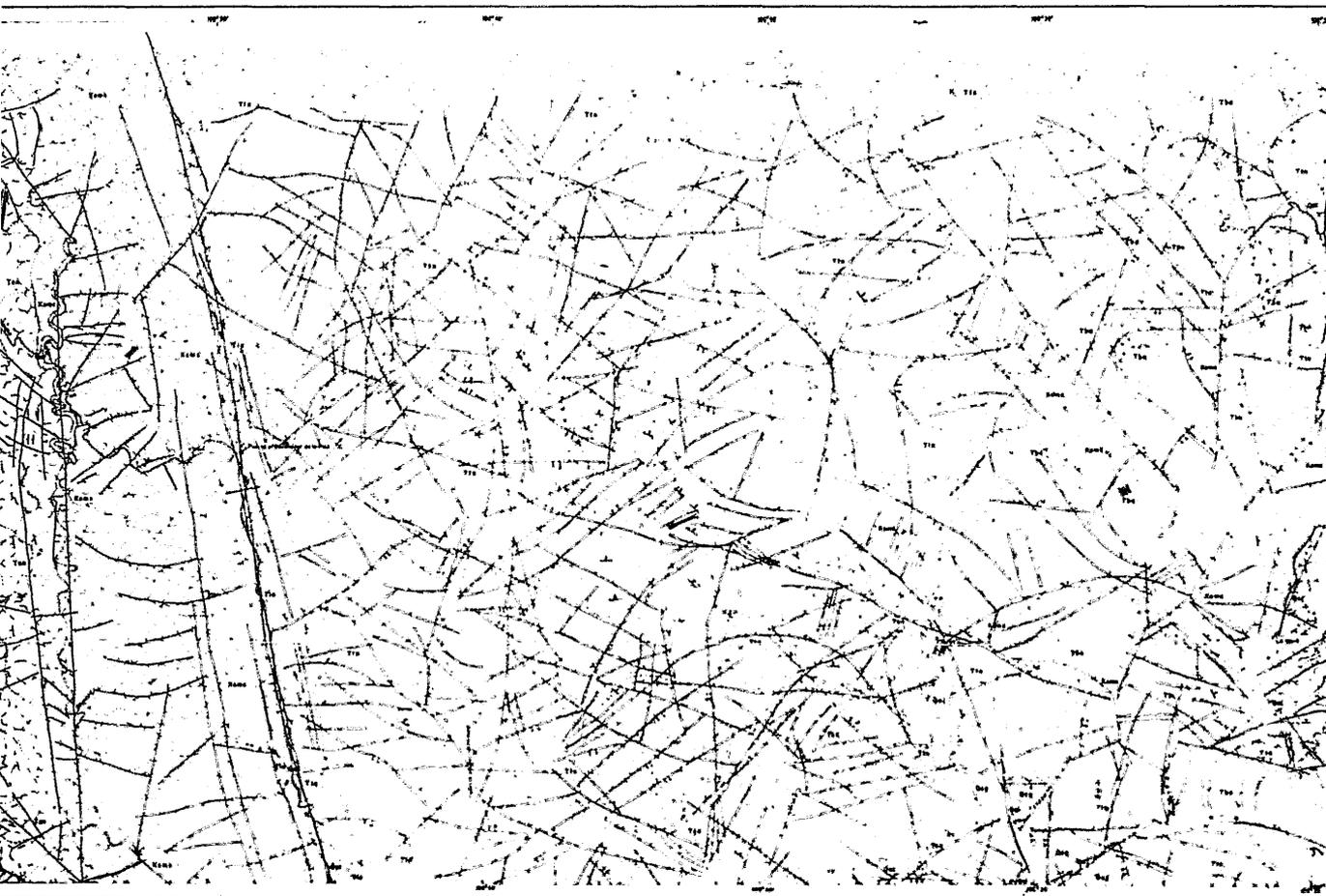
MIRANDA GASCA MIGUEL A. 1978  
Reconocimiento Geológico-Geoquímico del  
Area Tzitzio-Qd. Altamirano,  
Edos. Michoacán y Guerrero  
Tesis Profesional.

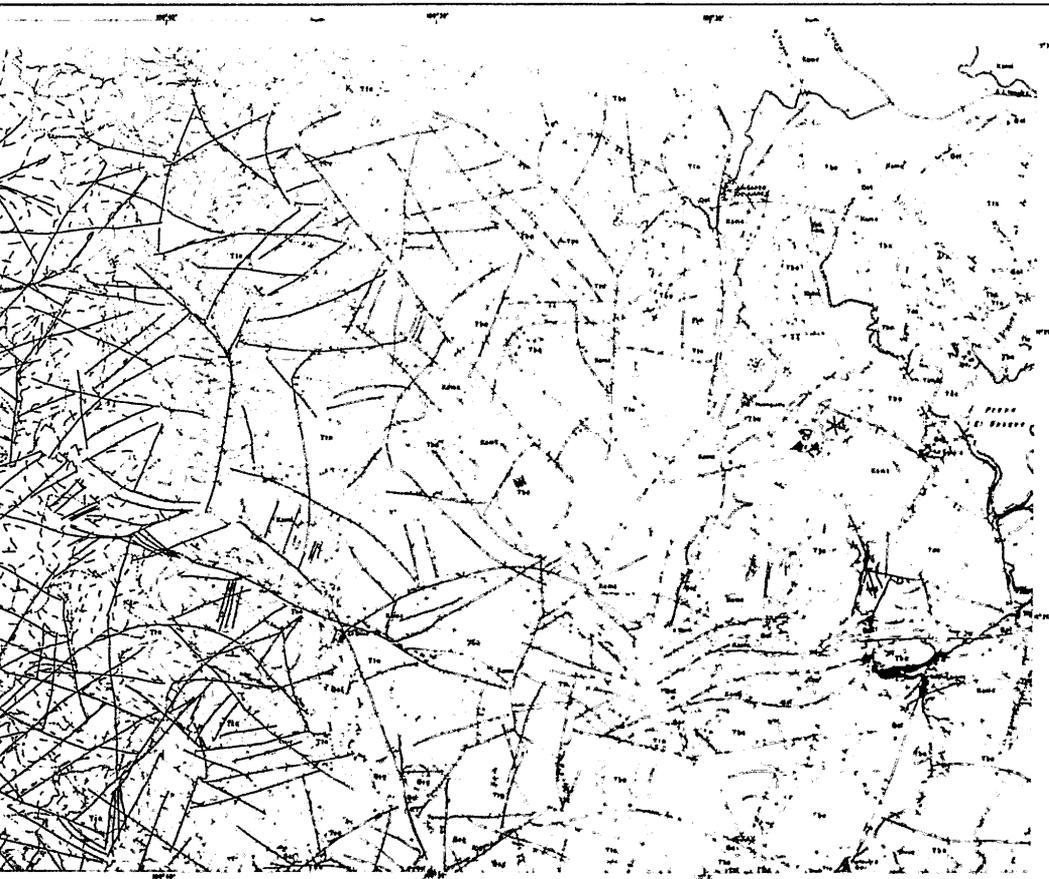
MAUVOIS ROGER 1977  
Instituto de Geología  
Revista Vol. I. Núm. I  
Cabalgamiento Miocénico (?) en la parte  
Centro Meridional de México.

M. NAFI TOKSOZ 1976  
The Subduction of the  
Lithosphere Continents  
Adrift and Continents Aground.  
W. H. Freeman and Company  
San Francisco U.S.A.

WILLIAMS, TURNER, GILBERT. 1968  
Petrografía  
Compañía Editorial  
Continental (CECSA).

WALTER T. HUANG. 1968  
Petrología.  
Unión Tipográfica.  
Editorial Hispano Americana.





**EXPLICACION  
SIMBOLOS TOPOGRAFICOS**

- Calle o camino
- Cerro o montaña
- Arroyo
- Carretera pavimentada
- Carril de ferrocarril
- Cuadro
- Puerto
- Propiedad de talia
- Playa
- Limbo
- Estero
- Proteccion vegetal
- Cerro de agua
- Comunidad

**SIMBOLOS GEOLÓGICOS**

- Gravos suaves
- Falta de fractura
- Falta normal
- Fractura normal
- Fractura inversa

0-1	Asfalto	1:200,000
0-2	Carretera	1:200,000
0-3	Carretera	1:200,000
0-4	Carretera	1:200,000
0-5	Carretera	1:200,000
0-6	Carretera	1:200,000
0-7	Carretera	1:200,000
0-8	Carretera	1:200,000
0-9	Carretera	1:200,000
1-0	Carretera	1:200,000
1-1	Carretera	1:200,000
1-2	Carretera	1:200,000
1-3	Carretera	1:200,000
1-4	Carretera	1:200,000
1-5	Carretera	1:200,000
1-6	Carretera	1:200,000
1-7	Carretera	1:200,000
1-8	Carretera	1:200,000
1-9	Carretera	1:200,000
2-0	Carretera	1:200,000
2-1	Carretera	1:200,000
2-2	Carretera	1:200,000
2-3	Carretera	1:200,000
2-4	Carretera	1:200,000
2-5	Carretera	1:200,000
2-6	Carretera	1:200,000
2-7	Carretera	1:200,000
2-8	Carretera	1:200,000
2-9	Carretera	1:200,000
3-0	Carretera	1:200,000
3-1	Carretera	1:200,000
3-2	Carretera	1:200,000
3-3	Carretera	1:200,000
3-4	Carretera	1:200,000
3-5	Carretera	1:200,000
3-6	Carretera	1:200,000
3-7	Carretera	1:200,000
3-8	Carretera	1:200,000
3-9	Carretera	1:200,000
4-0	Carretera	1:200,000
4-1	Carretera	1:200,000
4-2	Carretera	1:200,000
4-3	Carretera	1:200,000
4-4	Carretera	1:200,000
4-5	Carretera	1:200,000
4-6	Carretera	1:200,000
4-7	Carretera	1:200,000
4-8	Carretera	1:200,000
4-9	Carretera	1:200,000
5-0	Carretera	1:200,000
5-1	Carretera	1:200,000
5-2	Carretera	1:200,000
5-3	Carretera	1:200,000
5-4	Carretera	1:200,000
5-5	Carretera	1:200,000
5-6	Carretera	1:200,000
5-7	Carretera	1:200,000
5-8	Carretera	1:200,000
5-9	Carretera	1:200,000
6-0	Carretera	1:200,000
6-1	Carretera	1:200,000
6-2	Carretera	1:200,000
6-3	Carretera	1:200,000
6-4	Carretera	1:200,000
6-5	Carretera	1:200,000
6-6	Carretera	1:200,000
6-7	Carretera	1:200,000
6-8	Carretera	1:200,000
6-9	Carretera	1:200,000
7-0	Carretera	1:200,000
7-1	Carretera	1:200,000
7-2	Carretera	1:200,000
7-3	Carretera	1:200,000
7-4	Carretera	1:200,000
7-5	Carretera	1:200,000
7-6	Carretera	1:200,000
7-7	Carretera	1:200,000
7-8	Carretera	1:200,000
7-9	Carretera	1:200,000
8-0	Carretera	1:200,000
8-1	Carretera	1:200,000
8-2	Carretera	1:200,000
8-3	Carretera	1:200,000
8-4	Carretera	1:200,000
8-5	Carretera	1:200,000
8-6	Carretera	1:200,000
8-7	Carretera	1:200,000
8-8	Carretera	1:200,000
8-9	Carretera	1:200,000
9-0	Carretera	1:200,000
9-1	Carretera	1:200,000
9-2	Carretera	1:200,000
9-3	Carretera	1:200,000
9-4	Carretera	1:200,000
9-5	Carretera	1:200,000
9-6	Carretera	1:200,000
9-7	Carretera	1:200,000
9-8	Carretera	1:200,000
9-9	Carretera	1:200,000

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA



ESCALA: 1:50,000

**U N A M**

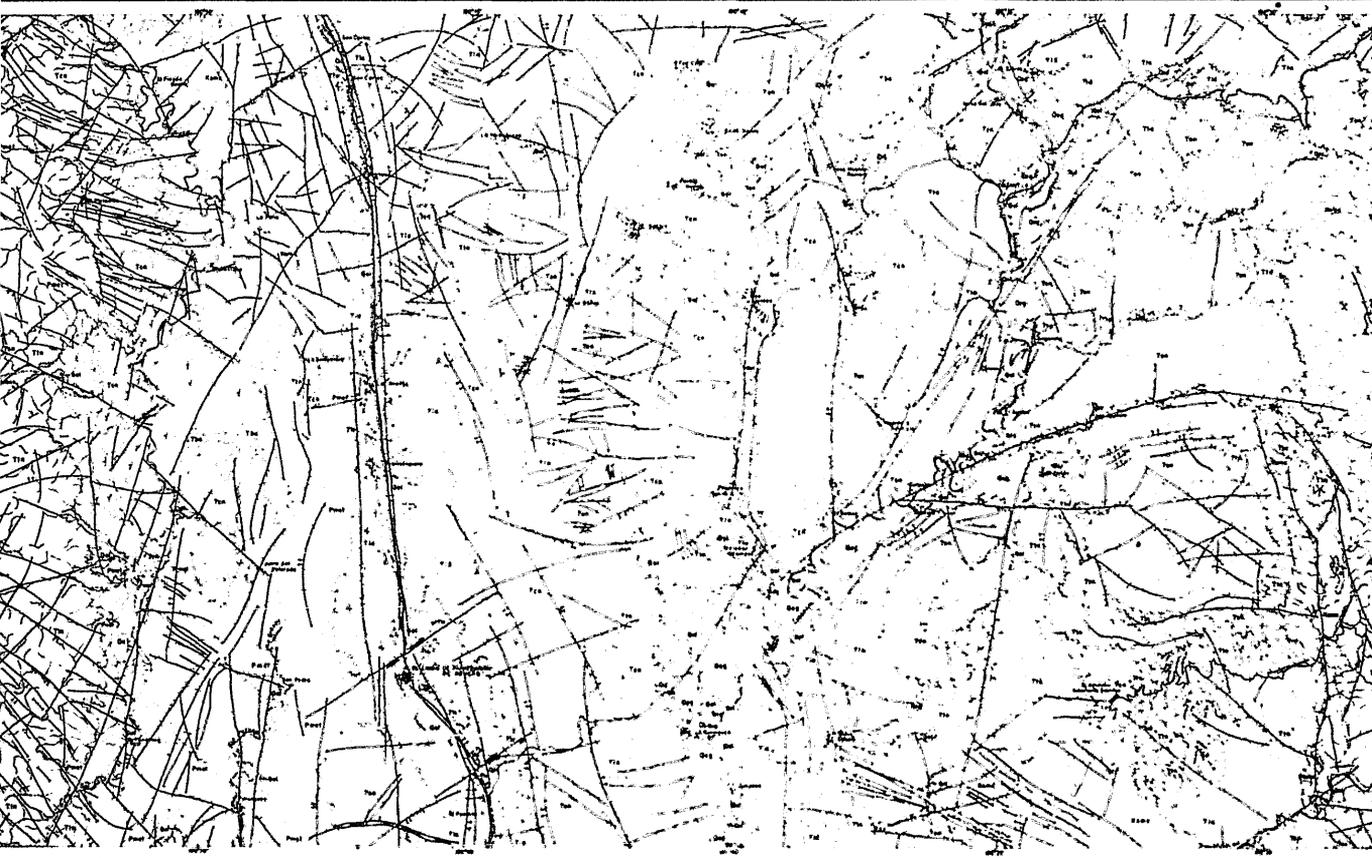
FACULTAD DE INGENIERIA  
TESIS PROFESIONAL

**MAPA FOTOGEOLÓGICO  
DE UNA PORCIÓN DE LA  
CUENCA DEL RÍO  
CUTZAMALA**

ESTADIOS DE QUIMICA Y FÍSICO QUIMICA

RAMÍREZ RAMÍREZ MARCO ALBERTO

MÉXICO D.F. 1974 - B.E.S.C.









**EXPLICACION**  
SÍMBOLOS TOPOGRAFICOS

- Ciudad y pueblo
- Cerro o monte
- Río o arroyo
- A 1/2000 (escala)
- Carrilero pavimentado
- Carrilero de terradura
- Carretera
- Paseo
- Acercamiento de camino
- Prose
- Carretera normal
- Escuela
- Poste telegrafico
- Estacion de ferrocarril
- Sin nombre

- SÍMBOLOS FERROVIARIOS**
- Distancia entre estaciones
  - Estacion y nombre
  - Estacion sin nombre
  - Estacion de ferrocarril
  - Estacion de ferrocarril

**LEYENDA**

001	Tan en	L.P.001
002	Canal de riego	L.P.002
003	Carretera	L.P.003
004	Carretera	L.P.004
005	Carretera	L.P.005
006	Carretera	L.P.006
007	Carretera	L.P.007
008	Carretera	L.P.008
009	Carretera	L.P.009
010	Carretera	L.P.010
011	Carretera	L.P.011
012	Carretera	L.P.012
013	Carretera	L.P.013
014	Carretera	L.P.014
015	Carretera	L.P.015
016	Carretera	L.P.016
017	Carretera	L.P.017
018	Carretera	L.P.018
019	Carretera	L.P.019
020	Carretera	L.P.020
021	Carretera	L.P.021
022	Carretera	L.P.022
023	Carretera	L.P.023
024	Carretera	L.P.024
025	Carretera	L.P.025
026	Carretera	L.P.026
027	Carretera	L.P.027
028	Carretera	L.P.028
029	Carretera	L.P.029
030	Carretera	L.P.030
031	Carretera	L.P.031
032	Carretera	L.P.032
033	Carretera	L.P.033
034	Carretera	L.P.034
035	Carretera	L.P.035
036	Carretera	L.P.036
037	Carretera	L.P.037
038	Carretera	L.P.038
039	Carretera	L.P.039
040	Carretera	L.P.040
041	Carretera	L.P.041
042	Carretera	L.P.042
043	Carretera	L.P.043
044	Carretera	L.P.044
045	Carretera	L.P.045
046	Carretera	L.P.046
047	Carretera	L.P.047
048	Carretera	L.P.048
049	Carretera	L.P.049
050	Carretera	L.P.050
051	Carretera	L.P.051
052	Carretera	L.P.052
053	Carretera	L.P.053
054	Carretera	L.P.054
055	Carretera	L.P.055
056	Carretera	L.P.056
057	Carretera	L.P.057
058	Carretera	L.P.058
059	Carretera	L.P.059
060	Carretera	L.P.060
061	Carretera	L.P.061
062	Carretera	L.P.062
063	Carretera	L.P.063
064	Carretera	L.P.064
065	Carretera	L.P.065
066	Carretera	L.P.066
067	Carretera	L.P.067
068	Carretera	L.P.068
069	Carretera	L.P.069
070	Carretera	L.P.070
071	Carretera	L.P.071
072	Carretera	L.P.072
073	Carretera	L.P.073
074	Carretera	L.P.074
075	Carretera	L.P.075
076	Carretera	L.P.076
077	Carretera	L.P.077
078	Carretera	L.P.078
079	Carretera	L.P.079
080	Carretera	L.P.080
081	Carretera	L.P.081
082	Carretera	L.P.082
083	Carretera	L.P.083
084	Carretera	L.P.084
085	Carretera	L.P.085
086	Carretera	L.P.086
087	Carretera	L.P.087
088	Carretera	L.P.088
089	Carretera	L.P.089
090	Carretera	L.P.090
091	Carretera	L.P.091
092	Carretera	L.P.092
093	Carretera	L.P.093
094	Carretera	L.P.094
095	Carretera	L.P.095
096	Carretera	L.P.096
097	Carretera	L.P.097
098	Carretera	L.P.098
099	Carretera	L.P.099
100	Carretera	L.P.100



ESCALA: 1:50000

**U N A M**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**TESIS PROFESIONAL**  
**MAPA FOTOLOGICO**  
**DE UNA PORCION DE LA**  
**CUENCA DEL RIO**  
**CUZAMALA**  
**ESTADOS UNIDOS MEXICANOS**  
**MEXICO D.F. - 1957**