

MONOGRAFÍA TECTÓNICA DE ALGUNAS PORCIONES  
COMPRENDIDAS ENTRE LOS LÍMITES ORIENTALES  
DEL EJE NEOVOLCÁNICO Y LOS LÍMITES OCCIDETALES  
DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL, ESTADOS DE QUERÉTARO  
E HIDALGO, MÉXICO

JACINTO MERITANO ARENAS\*

RESUMEN

La porción geográfica en la cual se encuentra ubicada la región investigada, es una porción geológicamente compleja, y de importancia minera. La investigación realizada tuvo la finalidad de conocer las relaciones geodinámicas externas e internas que han contribuido a desarrollar los paisajes presentes en un radio de aproximadamente seis mil kilómetros cuadrados.

Las condiciones tectónicas han determinado un desarrollo geomorfológico bastante conspicuo, de tal modo que dentro de los rasgos tectónicos mayores destacan importantes estructuras geomorfológicas, las que evidencian una evolución diferencial de acuerdo a la naturaleza de cada uno de los complejos naturales involucrados. Esta investigación se realizó, esencialmente, en el empleo de imágenes del satélite ERTS-1.

I INTRODUCCIÓN

La porción geográfica en la cual se encuentra ubicada la región investigada (ver plano 1), es una porción geológicamente compleja. Sus principales características están enmarcadas por acontecimientos geológicos, los que han determinado por una parte la singular historia del desarrollo tectónico y, por otro lado han fijado la composición, espesor, estructura y metamorfismo de las rocas.

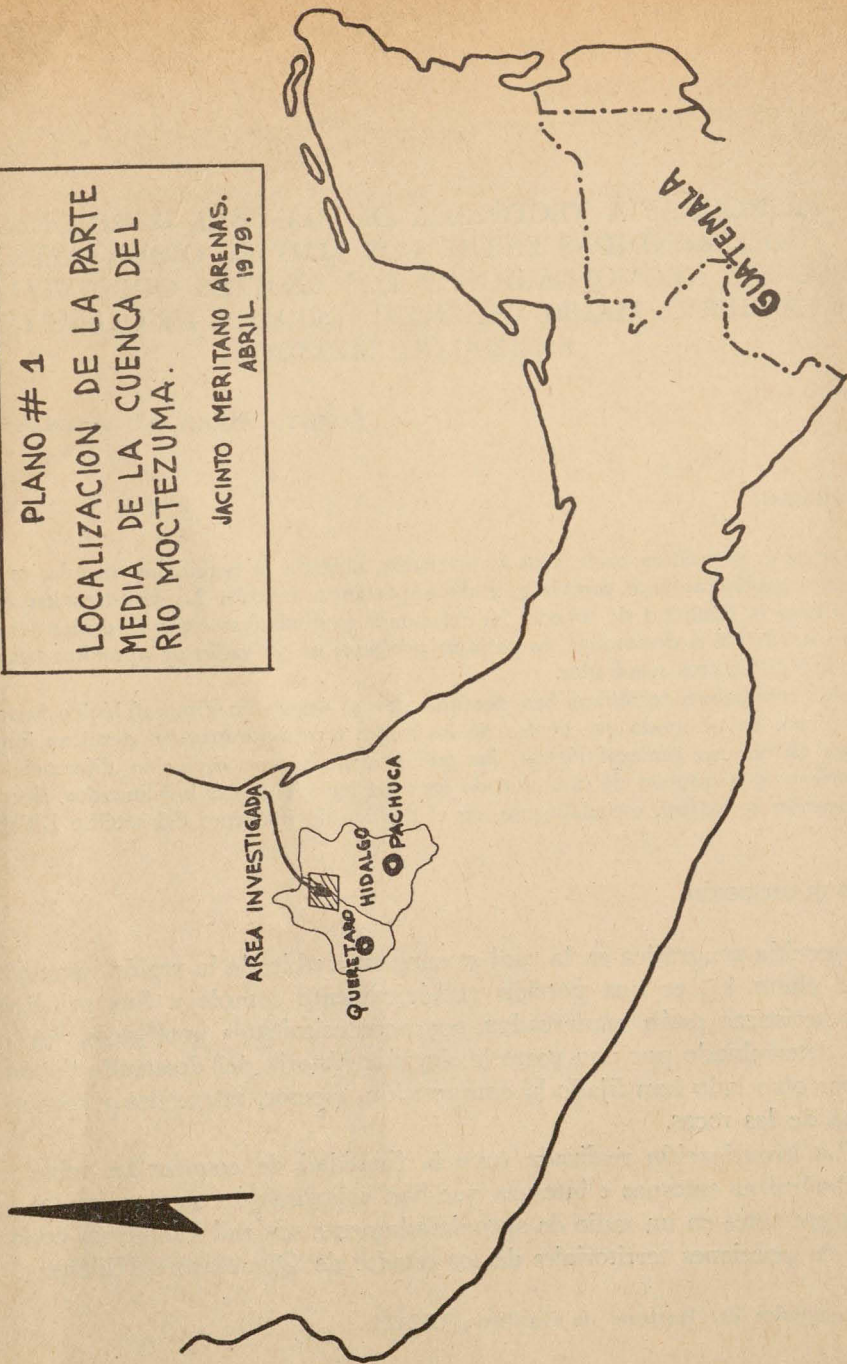
La investigación realizada tuvo la finalidad de conocer las relaciones geodinámicas externas e internas que han contribuido a desarrollar los paisajes presentes en un radio de aproximadamente seis mil kilómetros cuadrados, en porciones territoriales de los estados de Querétaro e Hidalgo.

\* Investigador del Instituto de Geofísica, UNAM.

PLANO # 1

LOCALIZACION DE LA PARTE  
MEDIA DE LA CUENCA DEL  
RIO MOCTEZUMA.

JACINTO MERITANO ARENAS.  
ABRIL 1979.



Las condiciones tectónicas han determinado un desarrollo geomorfológico bastante conspicuo, de tal modo que dentro de los rasgos tectónicos mayores destacan importantes estructuras geomorfológicas, las que evidencian una evolución diferencial de acuerdo a la naturaleza de cada uno de los complejos naturales —sedimentario, volcánico, metamórfico y granítico intrusivo— involucrados.

### I.1. *Metodología empleada en el Análisis Tectónico-Geológico*

La metodología empleada en el análisis tectónico-geológico, estuvo basada casi en su totalidad en el empleo de imágenes del satélite ERTS-1, en las bandas 6 y 7 (blanco y negro) y compósitos en falso color de las bandas 5-7, 6-5 y 4-6, provenientes de un barredor óptico-mecánico multiespectral (MSS). Las imágenes MSS en blanco y negro en escalas 1:1 000 000 y 1:250 000 y, los compósitos en falso color en escala 1:1 000 000. Además se emplearon imágenes fotográficas aéreas convencionales (película pancromática de alta resolución) en escala 1:50 000. Todo lo anteriormente expuesto fue soportado cartográficamente con cartas topográficas DETENAL.

En el cuerpo de este trabajo se ha denominado Investigación Tectónica Semi-Continental, a lo realizado sobre imágenes orbitales (ERTS-1). Por otra parte las imágenes fotográficas aéreas y las cartas topográficas fueron empleadas para la investigación regional propiamente dicha.

La secuencia en esta investigación fue la siguiente:

I.1.1. Se realizó la investigación de los rasgos geomorfológicos en base a su frecuencia y distribución, los cuales en unión de los parámetros litológicos nos llevaron a la detección de las unidades tectónicas mayores (sobre las imágenes MSS).

I.1.2. La detección de los rasgos geomorfológicos fue soportada con un análisis profundo derivado de la expresión litológica diferencial (a nivel de complejos naturales) y, con un análisis de lineamientos —para ello los lineamientos fueron separados en cuatro grandes grupos— y éstos son:

- I.1.2.a Lineamientos propios de los sistemas de drenaje superficial.
- I.1.2.b Lineamientos topográficos.
- I.1.2.c Lineamientos de fallas y fracturas perfectamente detectadas y determinadas o inferidas.

I.1.2.d Lineamientos que son propios de un desarrollo geomorfológico-estructural, atendiendo a las características de origen y evolución de cada uno de los complejos naturales presentes en el área de investigación.

I.1.3. Algunas porciones geográficas que de la investigación semicontinental resultaron importantes, fueron investigadas con fotografías aéreas de escala 1:50 000. Esto fue con la finalidad de analizar los rasgos estructurales más importantes a nivel regional. En este caso se dieron los siguientes pasos:

I.1.3.a Con las fotografías aéreas se construyó un mosaico aéreo, previamente a cada una de las fotografías se les determinó el punto nadir y, se realizaron las transferencias de puntos para poder tener un control de la geometría del vuelo, para cada una de las líneas de f.f.a.a. utilizadas.

I.1.3.b Tomando como punto de partida el mosaico aéreo no controlado, se procedió a la construcción de un Mapa Base No Controlado (planimétrico). Inicialmente sobre este mapa base se registraron los rasgos toponímicos. Este mismo mapa nos sirvió de índice de vuelo.

I.1.3.c Finalmente, sobre este apoyo cartográfico se restituyeron los datos geológicos, estructurales y geomorfológicos que se derivaron del análisis fotogeológico.

I.1.4. Posteriormente las áreas analizadas con fotografías aéreas, fueron investigadas por métodos geomorfológicos, en base a cartas topográficas de escala 1:50 000 (DETENAL). En este caso se procedió a un análisis de la red de drenaje superficial; del mismo modo se procedió al análisis e interpretación de los rasgos topográficos (con la finalidad de extraer los parámetros geomorfológicos). El resultado de este análisis fue correlacionado con las estructuras geológicas y con los tipos de roca determinados por métodos de fotointerpretación.

I.1.5. Finalmente se correlacionaron los datos semicontinentales y los datos regionales.

## II INVESTIGACIÓN TECTÓNICA SEMICONTINENTAL EN BASE A IMÁGENES ORBITALES

La investigación tectónica semicontinental abarcó un cuadrángulo comprendido por los vértices, cuyas coordenadas geográficas son:

Vértice A	Lat N 21 00'	Long W 99 45'
Vértice B	Lat N 21 00'	Long W 99 00'
Vértice C	Lat N 20 30'	Long W 99 00'
Vértice D	Lat N 20 30'	Long W 99 45'

y comprende una superficie de aproximadamente seis mil kilómetros cuadrados. Para ello se utilizaron imágenes ERTS-1 (MSS), de diferentes fechas y en las cuatro bandas. (Ver plano 2.)

## II.1. *Tectónica*

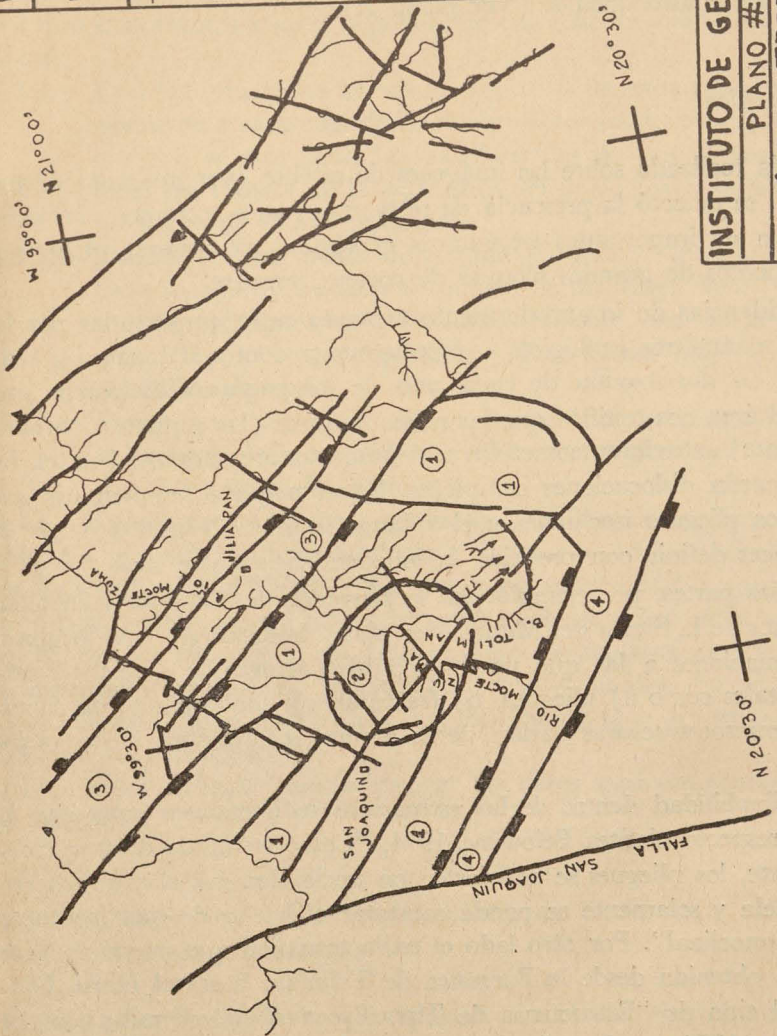
Del análisis realizado sobre las imágenes de satélite (ver apartado de metodología), se detectó la presencia de relevantes rasgos tectónicos, así como la presencia de importantes estructuras geológicas secundarias, debidas a los movimientos de grandes bloques de corteza terrestre.

Las evidencias de lo anteriormente expuesto están enmarcadas por los siguientes parámetros geológicos —especialmente dentro del paquete sedimentario. La distribución de cada uno de los paquetes litológicos presentes en el área nos testifica que las masas de rocas (las supraestructurales, especialmente) estuvieron sometidas a deformaciones tectónicas fuertes, las que provocaron dislocaciones complejas. En el paquete sedimentario son evidentes los pliegues isoclinales y el aplastamiento fue tan severo que es difícil a veces definir con precisión la independencia entre ellos.

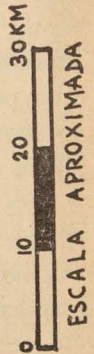
En varias partes, por ejemplo: en la Barranca de Tolimán y en algunas porciones de la Sierra del Monte (ver plano fisiográfico 3), se localizan microdeformaciones a las que no fue posible cartografiar, por la escala empleada, tales como a) pliegues, b) fracturas, c) abultamiento de capas, etc., estas microestructuras varían desde algunos centímetros hasta varios metros.











La isoclinabilidad dentro de las estructuras sedimentarias constatan lo que a este respecto plantea Belousov, 1974, "Como resultado de una compresión fuerte, los pliegues se convierten en isoclinales, sus alas toman posición paralela y solamente se puede constatar el hecho de que las capas yacen en monoclin". Por otro lado el estilo tectónico que prevalece (ver sección AA' obtenida desde la Barranca de Tolimán, hasta el Horst Jiliapan) es del tipo de "Estructuras de Tipo Eyectivo" (designadas así por George Viers, 1974), ya que las estructuras plegadas se encuentran isocli-

<b>EXPLICACION</b>	
□	POBLADO
—	FALLA NORMAL
—	FRACTURA
①	FOSA MOCTEZUMA
②	BATOLITO ZIMAPAN
③	HORST JILIAPAN
④	HORST TOLIMAN
+	VERTICE GEOGRAFICO
—	RIO



<b>INSTITUTO DE GEOFISICA-UNAM</b>	
PLANO #2	
<b>MAPA TECTONICO</b>	
Por: JACINTO MERITANO	ABRIL 1979
ARENAS.	



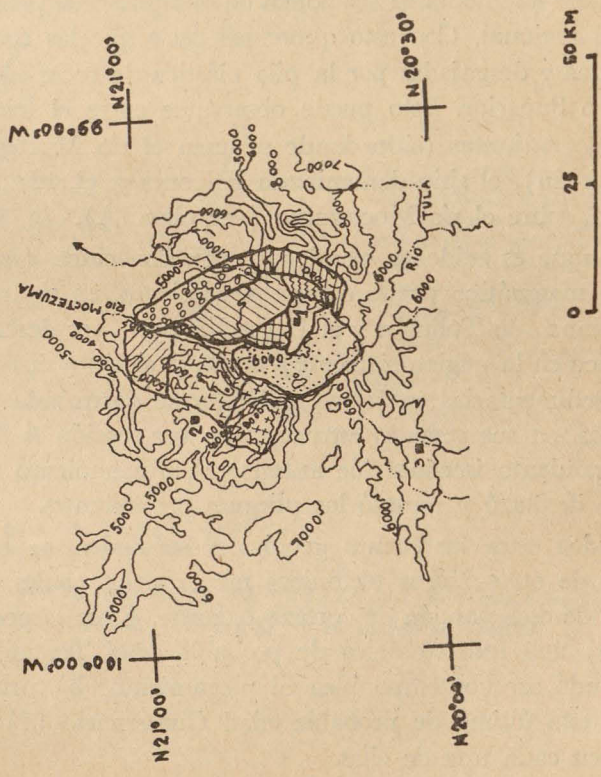
-  ABANICO A LUVIAL ZIMAPAN
-  SIERRA PUERTO ANGEL
-  SIERRA EL CARRIZAL
-  SIERRA DEL MONTE
-  SIERRA DE JALPAN
-  SIERRA DEL SENDHO
-  SIERRA DE MACONI
-  SIERRA DE TEPOZAN
-  LOMERIOS DE SAN PEDRO
-  SIERRA DE LOS VOLCANES

- 1 ZIMAPAN, HIDALGO
- 2 SAN JOAQUIN, GRO.
- 3 TUCOZAUTLA, EDO. MEXICO
- LIMITE FISIOGRAFICO

PLANO #3

INSTITUTO DE GEOFISICA-UNAM  
 SISTEMAS FIOGRAFICOS  
 DE TERCER ORDEN. PARTE  
 MEDIA DE LA CUENCA RIO  
 MOCTEZUMA.

POR: JACINTO MERITANO ARENAS  
 ABRIL 1979



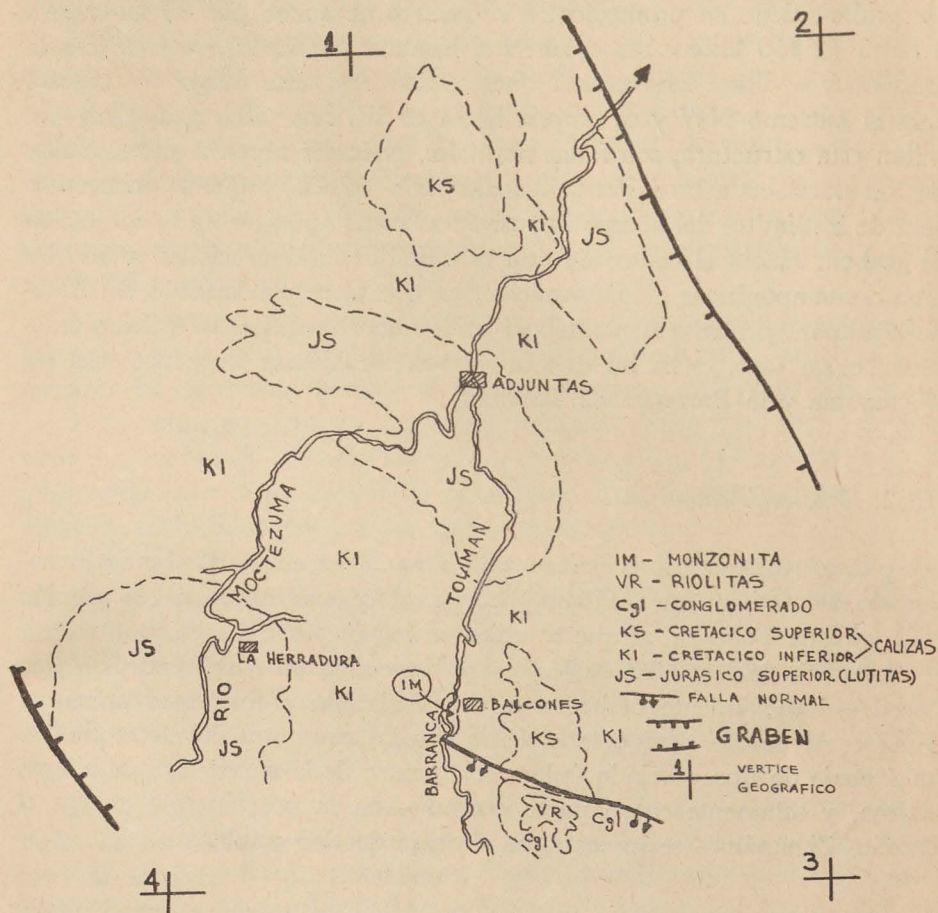
nablemente dispuestas y en el conjunto presentan una geometría flabeliforme (en forma de abanico abierto), con estructuras en los remates, de buzamiento opuesto.

Por consiguiente es frecuente que se observe una posición perturbada de los estratos sedimentarios, los que se encuentran abruptamente plegados y en ocasiones, desgarrados. En la mayor parte del área las capas presentan una complejidad tal que resulta imposible seguir la disposición de una capa determinada. Dentro de estas dislocaciones tectónicas, las generadas por plegamiento, son más espectaculares localmente, que las dislocaciones originadas por ruptura.

La presencia de las lutitas del Jurásico Superior y el paquete calizo (del Cretácico Inferior y la porción del Cretácico Superior) nos forma una alternancia de rocas plásticas y de rocas friables, que nos dio lugar a un cuadro de dislocaciones de gran complejidad. Todos estos fenómenos en el paquete sedimentario nos ponen de manifiesto un plegamiento inarmónico a nivel regional. Con esto queremos decir que las rocas calizas quedaron separadas y desgajadas por la pila plástica de rocas arcillosas (lutitas) del Jurásico Superior. Esto puede observarse entre el triángulo formado por el Punto Adjuntas (sitio donde se unen el río Moctezuma y la Barranca de Tolimán), el sitio denominado Balcones y, el sitio denominado La Herradura, sobre el río Moctezuma (ver plano A).

Aunque es evidente, por los apófisis conocidos, que la intrusión de un cuerpo magmático puede causar plegamiento, en el área comprendida por la Barranca de Tolimán y el Horst Jiliapan (ver descripción de este rasgo tectónico en la página siguiente) por la posición y disposición de las estructuras sedimentarias en forma flabeliforme (arqueada y con recumbencias opuestas, en sus remates estructurales, ver sección A-A'), es evidente que el plegamiento isoclinal fue anterior al arqueamiento y que el cuerpo intrusivo desplazó y rompió los pliegues preexistentes.

Todos estos fenómenos geológicos señalados, se encuentran ubicados dentro de otros rasgos tectónicos mayores, los cuales evidencian el dinamismo de esta porción de corteza terrestre. Estos rasgos tectónicos mayores son: a) una fosa tectónica de probable edad Terciario Tardío (?) y la cual pudo ser contemporánea al plegamiento; b) una estructura cupuliforme, esta última de probable edad Cuaternario (?). A continuación se describen cada una de ellas.



0 1 2 3 4 5 6 KM

PLANO A) PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RIO MOCTEZUMA  
 PLANO TECTONICO Y DE GEOLOGIA GENERAL.

### II.1.1. *Fosa Tectónica*

Este graben tiene en promedio 24 kilómetros de ancho por 85 kilómetros de largo (2 040 kilómetros cuadrados, aproximadamente). A esta fosa la denominamos Fosa Moctezuma (ver plano A), este rasgo se angosta hacia el extremo NW y se amplía hacia el SE. Las fallas geológicas que limitan **esta estructura**, son fallas normales, podemos suponer que las fallas que son paralelas a las fallas principales, NW 45 SE, y que se encuentran fuera de los límites del cuerpo intrusivo son contemporáneos a la formación del graben. Hacia el centro de ésta es difícil determinar cuáles fueron las fallas contemporáneas a su formación, ya que el emplazamiento del Batolito Zimapán, probablemente generó otros nuevos sistemas de fallas y fracturas (entre éstas están las que originaron localmente los cauces del río Moctezuma y la Barranca de Tolimán).

### II.1.2. *Pilares Tectónicos*

Los pilares tectónicos que limitan a la Fosa Moctezuma, los hemos denominado respectivamente: Horst Jiliapan, al que se ubica en la porción NE; y Horst Tolimán, al que se ubica en la porción SW.

A través de las fallas geológicas se desarrolló un vulcanismo de tipo fisural —esencialmente básico, aunque en algunas porciones se presentan riolitas. Al mismo tiempo estas fallas son las causantes del desarrollo de un drenaje de tipo enrejado (plano 2), dentro de la superficie que abarca la fosa, y solamente en su parte central —en la porción que abarca el Batolito Zimapán— se presenta un drenaje de tipo anular.

### II.1.3. *Batolito Zimapán*

Con este nombre se designó a una estructura, la cual ha podido ser inferida gracias a los apófisis que de él se encuentran aflorando en algunas porciones del área investigada; es en base a estas evidencias, así como también por los rasgos geomorfológicos detectados en base a las imágenes de satélite, fotografías aéreas y cartas topográficas, que se pudo determinar que esta estructura geoméricamente adopta una forma anular, cupulifor-

me, irregular, y que se encuentra emplazada casi en el centro de la Fosa Moctezuma. A este rasgo tectónico lo denominaremos en lo futuro como el Batolito Zimapán; éste presenta en superficie un drenaje marcadamente anular, controlado por fallas geológicas dispuestas concéntricamente.

El Batolito Zimapán se encuentra cubierto por un potente paquete de rocas sedimentarias (cuyas edades van desde el Jurásico Superior hasta el Reciente) y, de rocas volcánicas, a algunas de estas rocas, Eduardo Mapes (1957), les consideró una edad Terciario. Aunque al mismo tiempo existen otras de probable edad Cuaternario, las que se encuentran en las cercanías a la ciudad de Zimapán, constituidas esencialmente por basaltos (ver zona de los volcanes sobre el plano 3), las que posiblemente se originaron del emplazamiento de batolito.

A este batolito por las evidencias de su emplazamiento posterior a la formación de la Fosa Moctezuma, se le considera una edad tentativa Cuaternario. El eje mayor de este cuerpo está orientado al NW 45 SE.

Todas estas estructuras, antes mencionadas, tienen una marcada particularidad y es, la de estar orientadas aproximadamente al NW 45 SE, guardando entre sí un connotado paralelismo. Todos estos rasgos tectónicos mayores, están limitados por las siguientes estructuras:

Al W por una falla geológica que tiene un rumbo Norte-Sur, casi franco, y la cual tiene una extensión de más de 100 kilómetros. A esta falla la hemos denominado Falla San Joaquín.

Al E por varias fallas geológicas que presentan rumbos variables entre sí, pero todas ellas orientadas al NE-SW. La falla más importante de éstas, es la que limita directamente a la Fosa Moctezuma. Esta falla tiene un rumbo de NE 10 SW.

Los contactos geológicos entre el potente y extenso paquete sedimentario con las rocas intrusivas y con las rocas volcánicas, son: a) discordantes y en ocasiones b) por fallamiento. Todo nos indica que el levantamiento de la Tierra a finales del Cretácico Superior (Revolución Laramide) fue contemporáneo de un fallamiento intenso de grandes bloques de corteza terrestre, la que tuvo como consecuencia el emplazamiento de batolitos y, por ende una intensa actividad volcánica.

Dentro del área que ocupa la Fosa Moctezuma, se realizaron algunas investigaciones parciales —Fisiográfico-Geomorfológicas, Fotogeológicas—, con fotografías aéreas y con cartas topográficas de escala 1:50 000. Las cuales se presentan en los capítulos siguientes.

### III ANÁLISIS FISIOGRAFICO-GEOMORFOLÓGICO DE LA PARTE MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO MOCTEZUMA

La parte media de la Cuenca del río Moctezuma, se encuentra ubicada en una porción geográfica, delimitada dentro de un cuadrángulo cuyas coordenadas geográficas, para cada vértice son: (ver planos A y 3).

Vértice 1	Lat N 20 57	Long O 99 27
Vértice 2	Lat N 20 57	Long O 99 20
Vértice 3	Lat N 20 43	Long O 99 20
Vértice 4	Lat N 20 43	Long O 99 31

#### III.1. *Sistemas fisiográficos*

Esta zona, fisiográficamente está enclavada en un rasgo fisiográfico de segundo orden, y abarca una superficie de aproximadamente 900 kilómetros cuadrados.

Dentro de los rasgos fisiográficos, son los de tercer orden los que por su importancia destacan localmente, éstos son los siguientes (plano 3).

##### III.1.1. *Abanico aluvial de Zimapán*

Esta zona de acumulación está ubicada en un pequeño graben, el cual está cercado hacia el NE por flujos de basalto y andesitas; en sus límites N, NW y SW está limitado por prominencias calcáreas. El conglomerado (Cg1) que lo conforma es de probable edad Cuaternario Reciente, este conglomerado es polimíctico ya que está constituido por fragmentos de rocas volcánicas y calcáreas, se le encuentra generalmente bien cementado.

##### III.1.2. *Sierra de Puerto Ángel*

Esta Sierra está constituida por un sinclinal y un anticlinal con ligera recumbencia hacia el SW; las rocas que afloran son de edades Cretácico Superior y Cretácico Inferior; así como también rocas volcánicas terciarias y conglomerado del Cuaternario.

##### III.1.3. *Sierra Del Carrizal*

Constituida por estructuras plegadas, un sinclinal y dos anticlinales laterales. Las rocas que lo conforman son calizas de edad Cretácico Inferior y un apófisis de composición Pórfido Monzonítico.

#### III.1.4. *Sierra de El Monte*

Constituida por una serie de anticlinales y sinclinales recumbentes hacia el NE. Las rocas que los conforman son calizas del Cretácico Inferior y del Cretácico Superior y, lutitas del Jurásico Superior.

#### III.1.5. *Sierra de Jalpan*

Constituida por una serie de anticlinales y sinclinales recumbentes hacia el NE. Las rocas que lo conforman son calizas del Cretácico Inferior.

#### III.1.6. *Sierra de El Sendho*

Constituida por una serie de anticlinales y sinclinales recumbentes hacia el NE. Las rocas que lo conforman son de edad Jurásico Superior y Cretácico Inferior. Todas ellas sedimentarias.

#### III.1.7. *Sierra de Maconi*

Constituida por anticlinales y sinclinales recumbentes hacia el NE. Está conformada por paquetes sedimentarios de edades Jurásico Superior y Cretácico Inferior.

#### III.1.8. *Sierra de Tepozán*

Constituida por anticlinales y sinclinales recumbentes hacia el NE. Conformada por rocas de edad Cretácico Inferior.

#### III.1.9. *Lomeríos de San Pedro*

Constituidos por flujos y tobas de composición basáltica, esencialmente de probable edad Cuaternario.

#### III.1.10. *Sierra de Los Volcanes*

Constituida por flujos de lava y tobas de composición basáltica. El nombre se debe a la presencia de dos pequeños aparatos volcánicos, probablemente de edad Cuaternario.

La distribución de estos rasgos fisiográficos de tercer orden, se puede apreciar en el plano 3. Los ríos Moctezuma y Tolimán, sirvieron como límite para la clasificación de varias de estas unidades descritas, aunque ellos en sí, constituyen rasgos del mismo orden.

Los rasgos más pequeños, de cuarto orden, no fueron detallados y solamente están ilustrados en algunas porciones del plano fisiográfico. Estos rasgos de cuarto orden están representados por las terrazas y conos aluviales; depósitos de talud, dolinas, mesetas lávicas, etcétera.

Fisiográficamente hablando, la Parte Media de la Cuenca del río Moctezuma tiene un relieve de sierras, en el cual, dadas las características físicas y químicas de sus rocas y de su historial geológico, se presentan modelados por disolución, modelados abarrancados, modelados cóncavos. Por otro lado se tienen modelados de disección (debidos a erosión linear), modelados de aplanamiento por acumulación de sedimentos (Abanico Aluvial de Zimapán), etcétera.

### III.2. *Hidrografía*

El río Moctezuma es la corriente principal dentro del área estudiada, su afluente principal, localmente, el río Tolimán. Ambos ríos corren y están orientados del SW al NE. Estas corrientes se han desarrollado sobre lineamientos de fallas regionales (plano 2).

El drenaje principal es de tipo enrejado. Las corrientes principales carecen de competencia, aunque ellos constituyen corrientes permanentes, y debido a esto los sedimentos gruesos que transportan, son depositados en el cauce, dándonos como resultado patrones de drenaje de tipo constructivo, en las porciones más anchas de sus cauces.

El control de las escorrentías está dado por las condiciones tectónicas que prevalecen en el área. En menor grado de importancia se encuentra un control de drenaje, debido a las características litológicas. De estos últimos patrones de drenaje se tienen: a) patrones paralelos (dentro del paquete calizo); b) patrones kársticos (dentro de las calizas); c) patrones dendríticos (dentro de las lutitas jurásicas); d) patrones radiales y dendríticos dentro de las zonas volcánicas, las cuales se localizan al este del área estudiada.

### III.3. *Geomorfología general*

El área estudiada, desde un punto de vista geomorfológico, está constituida por estructuras simples y por estructuras geomorfológicas desordenadas. Éstas se detallan a continuación.

### III.3.1. *Estructuras geomorfológicas simples*

Dentro de este tipo de estructuras tenemos el Abanico Aluvial de Zimapán, cuyas características lo hacen resaltar dentro del marco geomorfológico altamente complejo del área investigada.

El Abanico Aluvial de Zimapán, es la única porción de pendiente suave, que tiende a la horizontalidad. Su drenaje es de tipo dicotómico, el cual nace en las estructuras calcáreas situadas al N-NW de la ciudad de Zimapán. Este abanico se extiende con un eje mayor orientado al NE-SW, y con un eje menor orientado al NW-SE. La parte baja está conformada por un conglomerado polimíctico, de edad Cuaternario. Del mismo tipo de estructuras simples tenemos: a) los flujos de lava, y b) los conos volcánicos.

### III.3.2. *Estructuras geomorfológicas desordenadas*

Estas son las estructuras que predominan a lo largo y ancho de esta región. Las rocas carbonatadas, que son las que predominan en el área, han sido plegadas isoclinablemente, en algunas porciones intrusionadas, con recumbencias notorias y falladas espectacularmente. Todos estos fenómenos geológicos han dejado una huella, especialmente en el paquete sedimentario, ocasionando la formación de las estructuras geomorfológicas, las que a continuación se describen.

#### III.3.2.a *Estructuras estratificadas*

Son las que predominan en la región y se encuentran representadas por una serie de anticlinales y sinclinales recumbentes, algunos al SW y la mayoría hacia el NE; ejemplares de tales estructuras lo constituyen: el Anticlinal de Puerto Ángel; el Sinclinal de Lomo del Toro; etcétera.

#### III.3.2.b *Estructuras combinadas*

Éstas son bastante espectaculares debido a que las rocas sedimentarias se encuentran asociadas a las rocas intrusivas (calizas y pórfido monzonítico, sobre el río Tolimán). En estas áreas se presenta una ruptura de pendientes notoriamente afectada por un fallamiento y fracturamiento espectaculares. La erosión es marcadamente de tipo regresivo (plano A).

### III.3. *Desarrollo geomorfológico*

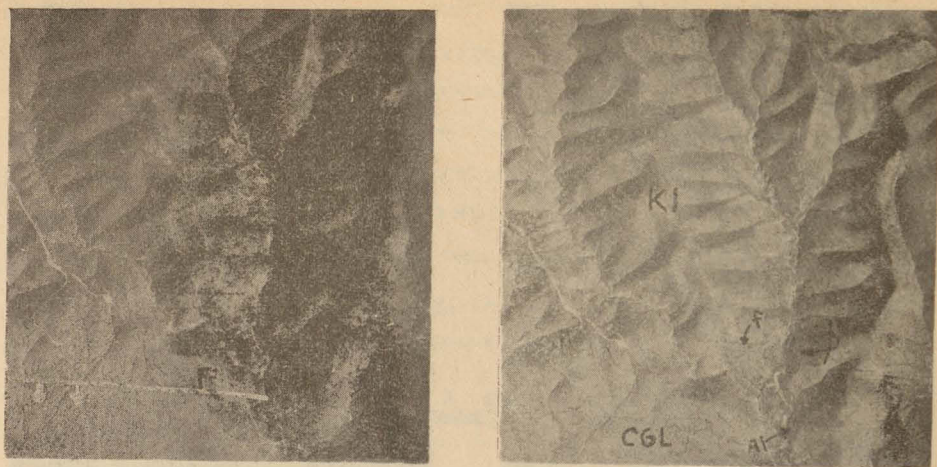
Esta es una región geomorfológicamente abrupta, en donde se presentan degradaciones fuertes especialmente por erosión del agua corriente, en menor grado se presentan erosiones de tipo físico (depósitos de talud) y por acción biótica.

La remoción en masa tiene un papel importante en el transporte de material meteorizado hacia las quebradas, las que se incisan profundamente, por ejemplo: toda la Barranca de Tolimán en donde los desniveles llegan en algunos puntos a ser superiores a los 1 000 metros —esto es en la zona de Las Adjuntas.

La red de drenaje estuvo probablemente controlada en un inicio por la topografía. Después la misma red de drenaje se fue adaptando, tanto a las pequeñas quebradas como a los surcos y cárcavas y por fin, se ha adaptado a la litología, localmente, y en especial a las estructuras geológicas, desarrollándose a la fecha una expresión geomorfológica de pliegues y fallas. En algunos sitios en los cuales las capas más superiores del paquete sedimentario y por supuesto las más débiles y blandas, han sido denudadas, han dejado al descubierto a las rocas intrusivas.

Sobre el río Tolimán se muestran los contactos geológicos, entre roca encajonante e intrusiva, perfectamente claros debidos a una marcada ruptura de pendiente y por el contraste entre los patrones de drenaje. Es posible que a profundidad ocurrieran movimientos de fallamiento fundamental, esto se deduce de la isoclinabilidad del paquete sedimentario. Además todo parece indicar que fue un solo periodo de plegamiento el que se desarrolló. Posteriormente a estos fenómenos, el relieve se ha ido disminuyendo y el intemperismo químico, que es más selectivo, ha tenido un papel muy importante, puesto que ha atacado fuertemente, en especial a las calizas más puras y de tipo masivo, provocando un paisaje de tipo kárstico. De este modo la erosión diferencial nos va delimitando una expresión geomorfológica, también diferencial.

Las quebradas siguen los lineamientos de fallas y fracturas, mientras que los surcos, las cárcavas y las dolinas, muestran directamente un micro-relieve que refleja directamente a la litología y las estructuras locales, la estratificación presente y la disposición de las estructuras geológicas. (Ver modelo estereoscópico 1.)



Modelo Estereoscópico Núm. 1

## LEYENDA

Al — aluvión  
 F — falla normal  
 f — fractura

CGL — conglomerado  
 KI — cretácico inferior

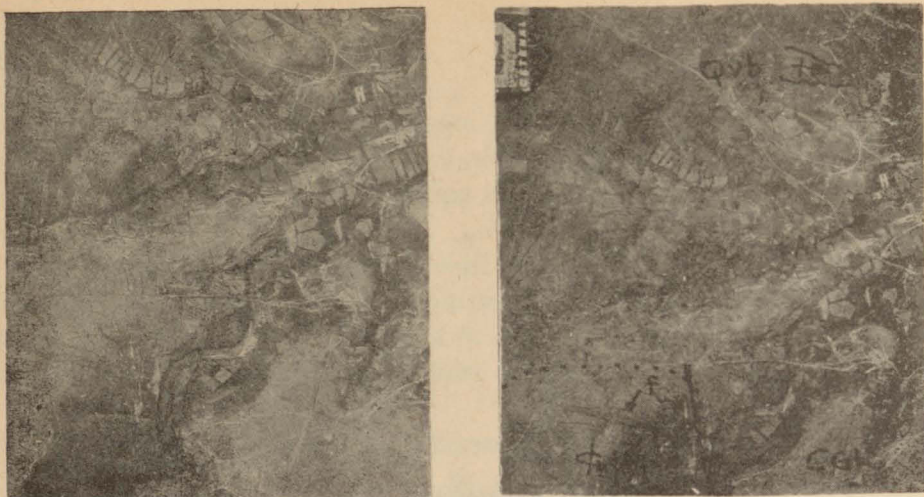
## IV CARACTERÍSTICAS FOTOGEOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES

En el área estudiada por la predominancia de las rocas calcáreas, es posible detectar con cierta claridad las estructuras plegadas. Se muestran también, con cierta claridad sobre las imágenes fotográficas, un fracturamiento y fallamientos transversales asociados con los pliegues. Especialmente en algunas zonas fuertemente plegadas, se ha desarrollado un estrechamiento que pone más o menos paralelos al bandeamiento litológico y los lineamientos estructurales.

El bandeamiento litológico normalmente se presenta como un alineamiento continuo, pero poco pronunciado en las crestas, lomas, etcétera, paralelos a valles poco profundos.

Las fotocaracterísticas de las rocas presentes y de sus paisajes asociados, son las siguientes:

- a) En las asociaciones de rocas intrusivas y rocas sedimentarias, se nota una pendiente de tipo regresivo en las partes altas (ocupadas por el paquete sedimentario) y, la ruptura de pendiente es evidente en todos sus alrededores.
- b) Las fallas geológicas y las fracturas pudieron ser determinadas con buena precisión. Los criterios para la determinación de fallas geológicas,



Modelo Estereoscópico Núm. 2

## LEYENDA

meseta volcánica  
falla geológica  
Qyb — basaltos

F — fractura  
KI — cretácico inferior  
CGL — conglomerado

fueron los siguientes: 1) rasgos lineales con evidente truncamiento y desplazamiento de unidades litológicas; 2) las formas y tipos de los canales principales de los arroyos y ríos. Estos criterios se pueden observar en el modelo estereoscópico 2.

c) Por evidencias geomorfológicas, debidas a una erosión diferencial, se pudo detectar a los distintos tipos de rocas presentes en el área y sus estructuras. Esto se ejemplifica en el modelo estereoscópico 1. La cantidad de información estructural que se pudo obtener de las fotografías aéreas, dependió además de los lineamientos de las dolinas y de los espolones triangulares. Las fracturas están indicadas, localmente, por lineamientos de tonos más oscuros o, por lineamientos vegetales.

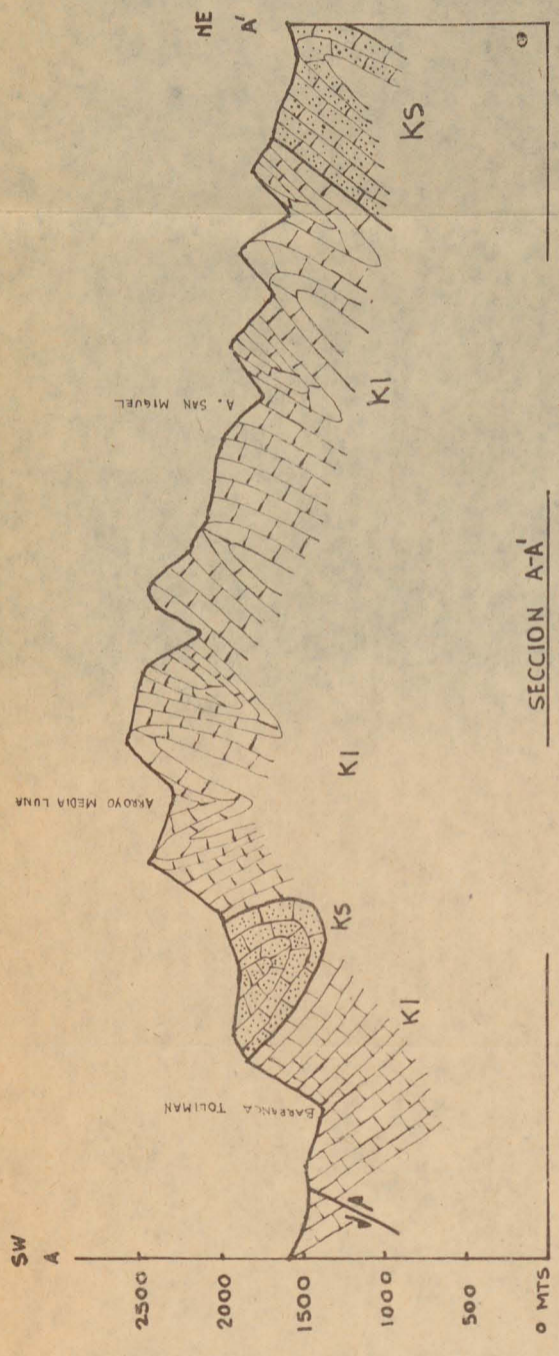
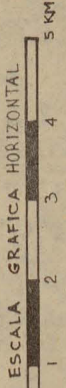
#### IV.1. Características estructurales

Son evidentes los parámetros estructurales de esta porción geográfica, de entre ellos los más importantes son:

IV.1.1. Los plegamientos se abren en forma flabeliforme, es decir, simulando un abanico con remates de inclinación opuesta. (Ver sección A-A' y B-B'.)

# LEYENDA

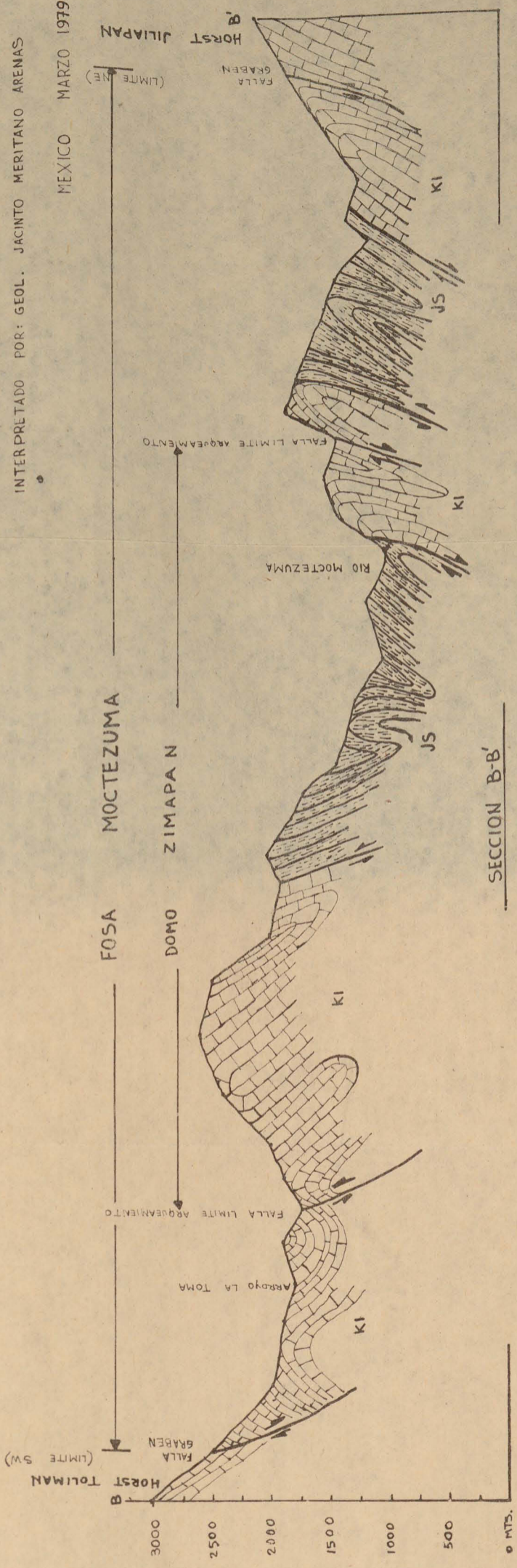
- KS CRETACICO SUPERIOR
- KI CRETACICO INFERIOR
- JS JURASICO SUPERIOR
- (Symbol) ANTICLINAL VOLCADO
- (Symbol) SINCLINAL VOLCADO
- (Symbol) ANTICLINAL ASIMETRICO
- (Symbol) SINCLINAL ASIMETRICO
- (Symbol) FALLA NORMAL
- (Symbol) FALLA INVERSA



SECCIONES GEOLOGICAS REALIZADAS EN BASE A LA ALTIMETRIA DE LA CARTA TOPOGRAFICA SAN JOAQUIN (DETENAL).

## INSTITUTO DE GEOFISICA - UNAM

INTERPRETADO POR: GEOL. JACINTO MERITANO ARENAS  
MEXICO MARZO 1979



IV.1.2. De la observación y análisis del plano tectónico, se deduce que los empujes, para esta área, fueron de dirección SW al NE, de este modo se deduce que la isoclinabilidad de los plegamientos nos evidencia un sólo periodo (muy fuerte) de plegamiento.

IV.1.3. Los lineamientos más importantes son aquellos que están intensamente ligados al tectonismo, que nos permitió detectar los Rasgos Tectónicos Mayores (Semicontinental) y, aquellos que están íntimamente relacionados en forma particular a cada uno de ellos, los que, aunque pequeños (microestructuras), cobran singular importancia por sus características especiales, además de su disposición e intensidad.

Finalmente la información obtenida a partir de fotografías aéreas, se correlacionó con la obtenida de las imágenes del satélite ERTS-1. En este caso se procedió a la inducción de información de la escala mayor a la menor, ésta quedó plasmada en el plano tectónico-geológico (plano 2).

#### BIBLIOGRAFÍA

- BARTH, T. F., 1952. Theoretical Petrology. John Wiley & Sons. Inc., Nueva York.
- BELOUSOV, V., 1974. Geología Estructural. Editorial MIR, Moscú.
- BODECHTERL, J., *et al.*, 1967. Tectonical Aerial Interpretation Lorea Group Eastern Lechtaler Alps. Austria, ITC (Netherlands).
- BOWEN, N. L., 1928. The Evolution of the Igneous Rocks. Princeton University, N. J.
- HEMPENIUS, S. A., 1969. Image Formation Techniques for Remote Sensing from a Moving Platform. ITC, Delft, The Netherlands.
- INSTITUTO DE GEOLOGÍA, UNAM, 1960. Plano Geológico del Estado de Hidalgo, México.
- MAPES, E., *et al.*, 1957. Geología y Yacimientos Minerales del Distrito Minero de Zimapan, Estado de Hidalgo. Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales.
- MEKEL, J. K., 1967. Photogeological Reconnaissance Map Muniese Montalbán Region. Published by ITC. Delft, The Netherlands.
- MEKEL, J. K., 1970. The Use of Aerial Photographs for Geological Mapping. Published by ITC. Delft, The Netherlands.
- RENNER, J. G. A., 1971. The Structural Significance of Lineaments in the Eastern Monsech Area. Lerida Spain. Published by ITC. Delft, The Netherlands.
- TURNER & VERHOOGEN, 1960. Igneous and Metamorphic Petrology. McGraw-Hill Book Co., Nueva York.
- VAN ES, EDUARD, 1973. Fotointerpretación en Complejos Ígneos y Metamórficos. Publicado por Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá, Colombia.
- VERSTAPPEN, T. H., 1967. Elementos Fotogeológicos-Geomorfológicos. Published by ITC. Delft, The Netherlands.
- VIERS, G., 1974. Geomorfoloía. Editorial Oikos-Tau. España.