



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

ESCUELA DE INGENIERÍA

INTERPRETACION GEOLOGICA DEL ESTADO DE  
MICHOCAN EN BASE A IMAGENES DE  
SATELITE LANDSAT-1

TRABAJO RECEPTACIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO GEOLOGO  
PRESENTA:

JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ

SAN LUIS POTOSÍ S. L. P.

1980



T

QE33

.2

.A7

H4

C.1



1080072796



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**INTERPRETACION GEOLOGICA DEL ESTADO DE  
MICHUACAN EN BASE A IMAGENES DE  
SATELITE LANDSAT-1**

**TRABAJO RECEPTACIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO GEOLOGO**

**P R E S E N T A :**

**JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ**

7  
QE 33  
. 2  
. A7  
H 4





DIRECCION

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
ESCUELA DE INGENIERIA  
DR. MANUEL NAVA 8 TELEFONO 3-11-36  
APARTADO POSTAL 878  
SAN LUIS POTOSI. S. L. P., MEXICO

Octubre 27, 1980.

Al Pasante Sr. JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ,  
P R E S E N T E.

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Escuela de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. - Ing. Rene López Oliveros. Así como el Tema propuesto para el mismo es:

"INTERPRETACION GEOLOGICA DEL ESTADO DE MICHOACAN EN BASE A IMAGENES DE SATELITE LANDSAT-I".

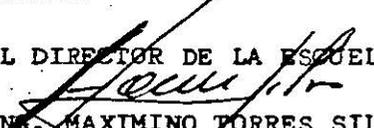
T E M A R I O:

- I.- INTRODUCCION
- II.- GEOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA
- III.- HIDROGRAFIA
- IV.- GEOLOGIA
- V.- LINEAMIENTOS Y FALLAS
- VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA
- ANEXO DE PLANOS

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

A T E N T A M E N T E.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO".

EL DIRECTOR DE LA ESCUELA  
  
ING. MAXIMINO TORRES SILVA.

# C O N T E N I D O

## AGRADECIMIENTOS.

I.-	INTRODUCCION . . . . .	1
	I.1. Percepción remota.	
	I.2. Satélite Landsat-I.	
	I.3. Sistemas de recepción de las imágenes.	
	I.4. Método de trabajo.	
II.-	GEOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA. . . . .	7
	II.1. Generalidades	
	II.2. Localización y extensión del área.	
	II.3. Vías de comunicación.	
	II.4. Fisiografía.	
	II.5. Rasgos geomorfológicos.	
	II.6. Rasgos geográficos.	
III.-	HIDROGRAFIA . . . . .	15
IV.-	GEOLOGIA. . . . .	22
	IV.1. Interpretación geológica.	
	IV.2. Rocas metamórficas.	
	IV.3. Rocas sedimentarias.	
	IV.4. Rocas ígneas intrusivas.	
	IV.5. Rocas ígneas extrusivas.	
V.-	LINEAMIENTOS Y FALLAS . . . . .	33

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . . 38

Bibliografía.

Lista de planos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente las facilidades que para la realización de este trabajo me dió el Consejo de Recursos Minerales, en especial al Ing. Carlos Acosta del Campo (Q.D.P.).

En forma muy especial al Ing. René López Oliveros, por su valiosa ayuda y orientación para el mejoramiento del presente trabajo recepcional.

A los Maestros Ing. Mauro Carrasco Gómez, Ing. José Santos Martínez e Ing. David Atisha Castillo, quienes asistieron como sinodales en el examen profesional y a todas las demás personas que de alguna forma intervinieron en la elaboración del presente.

A MIS PADRES

Dr. Julián Hernández Gutiérrez y Concepción Gutiérrez de Hernández, quienes en forma ejemplar, con cariño, dedicación y empeño me orientaron, sacrificándose tanto física como materialmente para hacerme salir adelante como hombre de bien.

Gracias por ese ejemplo que intentaré seguir en mi futuro.

**A MI ESPOSA:**

**Sra. Sofia Irene Nieto de Hernández por-  
su labor e insistencia en la realización del presente trabajo,  
que con cariño y comprensión me hizo salir adelante.**

**A MIS HERMANOS :**

**CONCEPCION**

**JOAQUIN**

**MARIA ESTHER**

**ALEJANDRA**

**PANCHITO (Q.D.P.)**

**EN FORMA ESPECIAL:**

**TIA SARITA**

**TIO GUTO**

**GABI**

**JOSE ANTONIO**

**YAYA**

Por la atención que tuvieron conmigo durante mi estancia con ellos.

Gracias a mi Abuelita, Tíos, Suegros, Cuñados, Sobrinos, Primos, Compañeros y Amigos que en todo momento me -- alentaron y aconsejaron para que lograra llegar al término de mi Exámen Profesional.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### I.1. Percepción remota.

La percepción remota, un término que usamos con frecuencia, puede ser definido como la detección y medición de nuestros recursos terrestres y del medio ambiente a distancia, por instrumentos que pueden operar tanto en nuestra atmósfera, como fuera de ella, todo esto dentro del espectro electromagnético de energía conocido, el cual es reflejado o emitido de la superficie en longitudes de onda.

Estos instrumentos, instalados a bordo de naves espaciales son capaces de medir las propiedades o los parámetros que permiten conocer más de cerca los cuerpos físicos.

La geología por percepción remota ha tomado un papel de vital importancia dentro de las Ciencias de la Tierra, en particular a la exploración geológica. Idealmente toda interpretación y análisis geológico debería empezar por un nivel regional y continuar sucesivamente a las áreas locales. Esta secuencia de estudio es lo contrario de las investigaciones de la geología clásica tradicional, en las cuales la información se generaba para áreas restringidas, antes que los rasgos regionales debieran ser delineados.

La superficie natural de la Tierra está compuesta de una gran variedad de rocas y los geólogos deberán entender sus características evaluando datos detectados a distancia. La observación, la interpretación y el análisis de los elementos estáticos que se muestran en las imágenes, son referidos a lo que conocemos como una interpretación de imagen.

Los intérpretes o analistas de datos tomados a distancia no pueden vez a través de suelos, pastizales, etc., pero sí poder identificar unidades de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas para obtener una cartografía regional confiable de la litología por percepción remota (cuadro No. 1).

CUADRO N° 1

ALGUNAS APLICACIONES DE LA INFORMACION DEL LANDSAT ( POR DISCIPLINA )  
( TOMADO DE MERCANTI, 1977 )

BANDAS MSS	RECURSOS HIDRAULICOS	GEOLOGIA .	USO DE TIERRA	RECURSOS MARINOS .	METEOROLOGIA Y AMBIENTE.
Banda 4 (0.5-0.6 m)	Localización de nieve Líneas forestales de nieve Sedimentos Turbidez	Sedimentos Batimetría Áreas urbanas	Lagos escasos en oxígeno	Turbidez Batimetría Hielo Sedimentos	Contaminación del agua Contaminación del aire Nubes angostas Niebla.
Banda 5 (0.6-0.7 m)	Profundidad del agua Sedimentos Turbidez	Suelo Áreas urbanas Sedimento- Detalles de fracturas	Campos aéreos Concreto Forestación Sedimentos	Turbidez Batimetría Sedimentos Remolinos Puntos de Turbidez	Contaminación del agua Contaminación del aire Nubes escasas Rutas de Jets Defoliación.
Banda 6 (0.7-0.8 m)	Nieve Pasajera Líneas de glaciares Límites de agua Diferenciación de - nubes de nieve	Rocas ígneas Rasgos tectónicos Marismas Lagos Ríos Canales	Límites tierra-agua Grandes puentes Rasgos geológicos Tierras húmedas	Clorofila	Interfase tierra - - agua
Banda 7 (0.8-1.1 m)	Campos Irrigados Tierras secas Límites de agua Planicies de inundación. Mapeo de inundación	Rasgos tectónicos Lagos Ríos Fracturas Agua superficial	Límites tierra-agua Lagos pequeños Rasgos Geológicos Áreas urbanas tierras	Playas Hielo Clorofila Remolinos	Interfase tierra - - agua Defoliación
Bandas de - Radio	Vegetación Humedad del suelo Planicies de inundación.	Estructuras de rocas Litología Geotermia Oxidación de Fe Manchas superficiales Contactos litológicos	Puentes Núcleos urbanos Campos con vegetación	Batimetría	Ambientes vegetales Diferencias de nubes densas y escasas Diferencias de turbidez del agua
Compósitos de color	Líneas transitorias en glaciares Planicies de inundación Humedad del suelo	Tonos de suelo Rasgos glaciales Rasgos lineales Anomalías por nubes Unidades de roca mayores.	Realce de rasgos geológicos		Clasificación de vegetación Límites de nieve.

## I.2. Satélite Landsat-I.

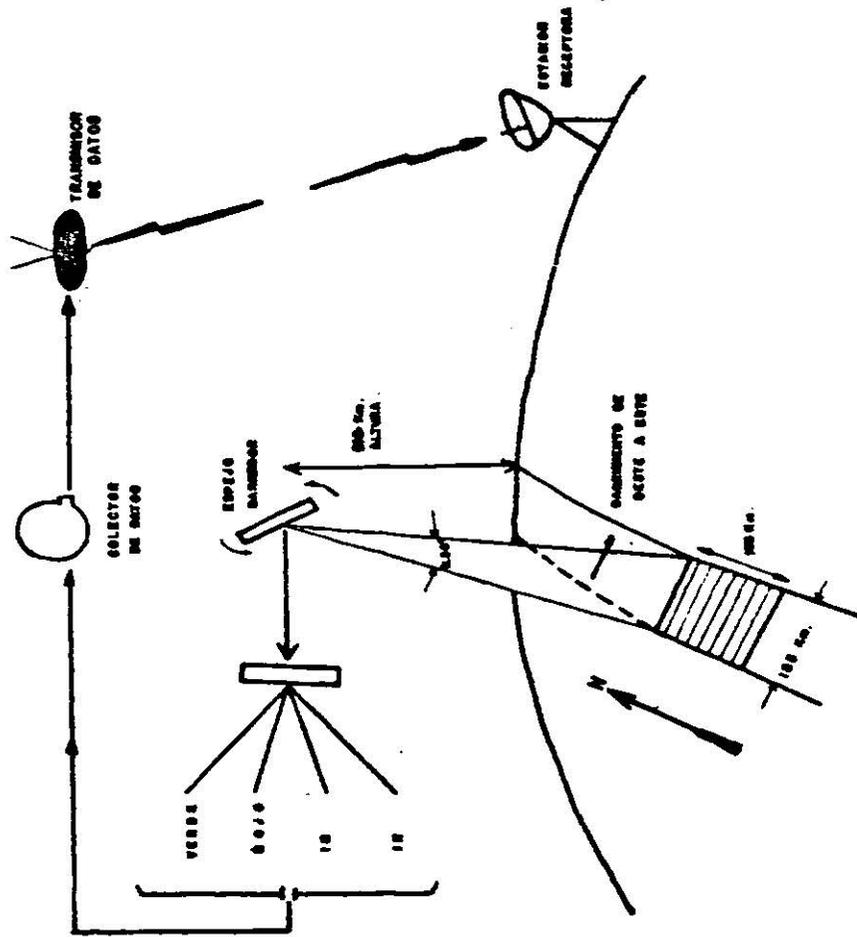
El satélite de los recursos tecnológicos de la Tierra Landsat-I, fué diseñado para complementar un programa que comprende la investigación y desarrollo de equipos para demostrar que la percepción remota desde el espacio es un acercamiento factible y práctico para una administración eficiente de los recursos de la Tierra. El satélite opera en una órbita circular sincrónica con el Sol, cercana al Polo, a una altitud de 494 millas náuticas. Rodea a la Tierra cada 103.267 minutos, completando así 14 órbitas por día, viendo la Tierra cada 18 días; o sea, que aproximadamente el satélite vuelve a pasar por un mismo punto de la superficie terrestre, a la misma hora local cada 18 días, desde luego los sensores operan solamente a la luz del día.

El satélite Landsat-I funciona por medio de dos sistemas de sensores que son:

- a) Un sistema barredor multiespectral (M.S.S.) de cuatro canales.
- b) Un sistema de tres cámaras de televisión R.B.V.

Aparte de estos sensores, van a bordo del satélite dos grabadores de video-tape de banda ancha y la parte correspondiente al espacio del sistema de colección de datos. También van a bordo los subsistemas de telemetría, rastreo y comando que son compatibles con estaciones terrestres rastreadoras receptoras de la NASA (National Astronautics And Space Administration) que están instaladas en Fairbanks, Alaska, -- Goldstone, California y en el Centro Espacial de Goddard en Green Beit, Maryland.

El satélite lleva el sistema observacional, así como los de generación de energía eléctrica para que operen los



DERECHOS RESERVADOS  
 PRINCIPIOS Y APLICACIONES  
 FLOID P. BARNES, JR.

FIGURA N° 1

ESCUELA DE INGENIERIA		GEOLOGIA	
TRABAJO RECEPTIONAL		CONFIGURACION DEL BARREDOR MULTIESPECTRAL (MSS)	
U	A	ALUMNO FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ	
S	L	OCTUBRE 1979	
P		E.S.C.	

sensores y el resto del equipo electrónico.

El sistema Landsat-I muestra un ejemplo de como la respuesta radiométrica de la superficie terrestre es muestreada, grabada y representada en un conjunto de imágenes. El barredor multiespectral (M.S.S.) obtiene simultáneamente varias imágenes utilizando el mismo sistema óptico-electrónico-mecánico para medir el flujo de radiación electromagnética de un área de 79 X 79 Mts. en cualquier instante (Fig. No. 1). Estas mediciones estan hechas sobre 3240 veces a lo largo de 185 kilómetros de la línea de pase. Cada área de 79 X 79 Mts. está referida a un pixel (unidad mínima de resolución). Pero ésta solo se alcanza por computación sobre cintas digitales, por examen visual a la escala 1:1.000,000, sólo se aprecian detalles en la imagen de un kilómetro por un kilómetro sobre el terreno, siempre que no se trate de alineamientos naturales como fallas, fracturas, drenaje o alineamientos artificiales como carreteras, cortinas de presas, pistas de aterrizaje y otros.

Aproximadamente son requeridas 2250 líneas de pase para producir una toma simple de una imagen Landsat-I de 185-Kms. X 185 Kms. En una imagen estan presentes unos 7.3 millones de pixels, cubriendo un área de 34,225.0 Km<sup>2</sup>. en cada pixel, el barredor multiespectral (M.S.S.) tiene grabada la reflectancia espectral en cuatro bandas, es decir, cuatro distintas longitudes de onda y son las que a continuación se describen:

Banda No. 4.- Corresponde al color amarillo verdoso, tiene una longitud de onda de 0.5 a 0.6 micrómetros; acentúa la presencia de sedimentos en el agua y delinea áreas de aguas superficiales.

Banda No. 5.- Corresponde al color rojo inferior con una lon-

gitud de onda de 0.6 a 0.7 micrómetros; acentúa aspectos culturales y la vegetación.

Banda No. 6.- Del rojo superior al infrarojo inferior con una longitud de onda de 0.7 a 0.8 micrómetros; acentúa la vegetación, el límite entre la tierra y el agua y diferentes composiciones de suelo.

Banda No. 7.- Operando ya en el infrarojo cercano, con una longitud de onda de 0.8 a 1.1 micrómetros; provee mejor la penetración de la bruma atmosférica y también atenúa la vegetación, el límite entre la tierra y el agua y diferencias litológicas.

### I.3. Sistemas de recepción de las imágenes.

Hay dos sistemas por los cuales se pueden recibir las imágenes desde el satélite que son:

- a) Consiste en que, recibiendo el satélite una señal desde alguna estación terrestre de rastreo, la energía reflejada del terreno es captada por los sensores y grabada en la cinta magnética y retransmitida posteriormente, cuando así se desea, a la estación terrestre cuando el satélite esté sobre su horizonte.
- b) Consiste en la recepción directa de las señales por la estación terrestre, cuando el satélite está a la vista de alguna de las estaciones receptoras.

#### I.4. Método de trabajo.

En la elaboración de este trabajo, se siguieron dos etapas que son gabinete y campo, las cuales describiremos por separado.

##### Gabinete.

Es importante señalar que en el departamento de percepción remota del Consejo de Recursos Minerales se cuenta -- con imágenes Landsat-I del formato 18.5 Cm., Escala 1:1.000,000 en transparencias negativos y diapositivos, con las bandas 4, 5, 6 y 7.

El análisis de estas imágenes se realizó bajo dos métodos:

- a) Observación monoscópica.
- b) Observación Pseudoestereoscópica.

La observación pseudoestereoscópica consiste en lo siguiente: De las transparencias negativas se obtienen copias de contacto en papel mate y brillante de las bandas 5 y 7, a escala 1:1.000,000 y también ampliificaciones a las escalas 1:500,000 y 1:250,000, con el propósito de poder observar la imagen en una escala más grande y así obtener un mayor detalle. Debe tenerse cuidado al usar la escala 1:250,000, para no confundirse con el grano de la película.

Una vez obtenidas estas copias se analizan en un estereoscopio de espejos, tomando primeramente la banda 7, escala 1:1.000,000 en papel mate y brillante, que viene a ser lo que da una mayor claridad de relieve, éste es el resultado obtenido de una serie de combinaciones con diferentes bandas, que ya se había hecho anteriormente. Esta banda es combinada

en ocasiones con la banda 5, en papel mate o brillante, con el objeto de obtener un diferente contraste y así lograr un mayor detalle. Con el análisis de estas combinaciones se llegó a utilizar las siguientes:

B 7 brillante con B 7 mate  
B 7 brillante con B 5 mate  
B 7 brillante con B 5 brillante

Se ha llegado a la conclusión de no obtener copias de contacto de los negativos en bandas 4 y 6, para no elevar el costo del trabajo, pudiendose utilizar los diapositivos de las mismas bandas, en el caso de tener alguna duda con las -- bandas 5 y 7.

La observación pseudoestereoscópica en las ampli-ficaciones a escala 1:500,000, se lleva a cabo de la siguiente manera: la imagen ampliada en papel mate y brillante es -- cortada en cuatro cuadrantes; una vez hecho ésto es observado cuadrante por cuadrante con las combinaciones anteriormente -- dichas. Los diapositivos de las imágenes (escala 1:1.000,000), son utilizados directamente para localizar detalles que son -- difíciles de observar en las copias de contacto, tales como -- ciudades, pueblos pequeños, rasgos culturales en general y -- otros.

#### Campo.

El trabajo de campo tiene por objeto la comproba -- ción de datos registrados en las imágenes preliminares, la -- consecuente identificación de las unidades litológicas previa -- mente establecidas convencionalmente en el gabinete. Esto se realiza mediante recorridos por tierra y aire.

También se utilizaron cartas topográficas escala -- 1:50,000 de la Dirección de Estudios del Territorio Nacional -- (DETENAL) como apoyo.

## CAPITULO II

### GEOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA

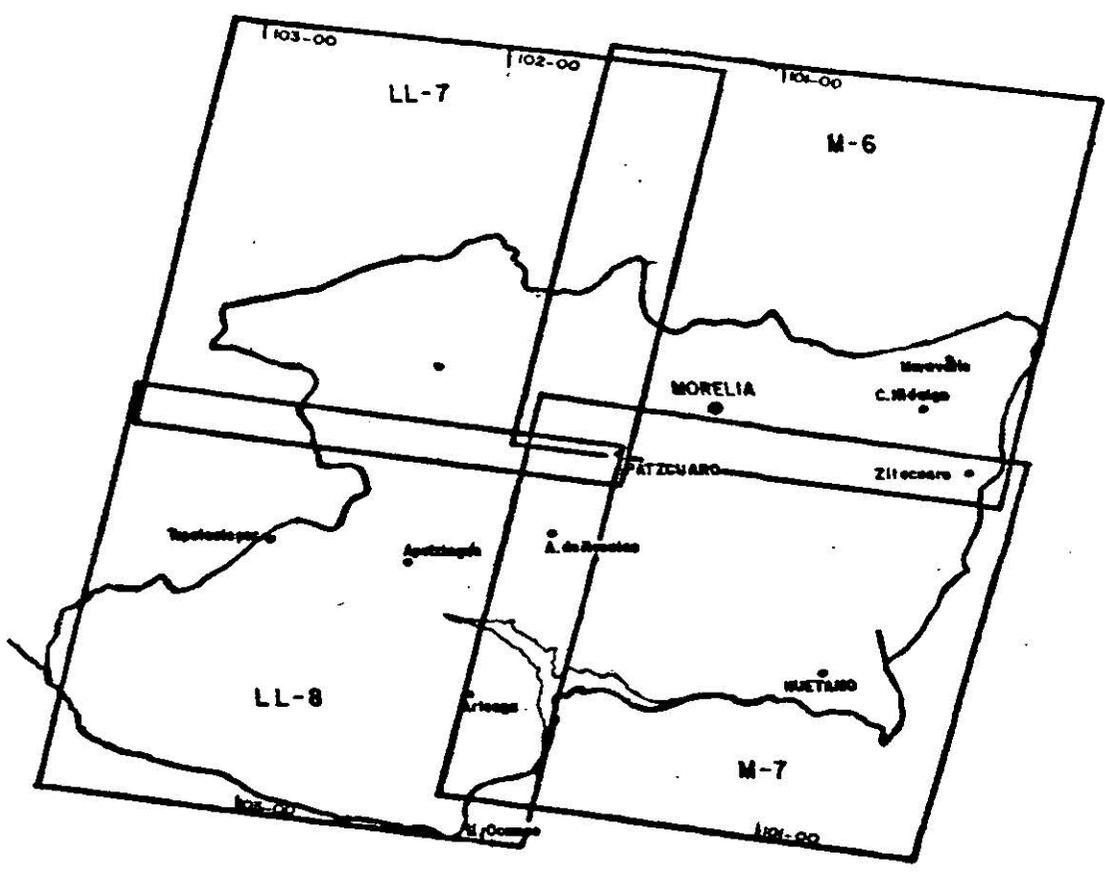
#### II.1. Generalidades.

Para la elaboración de este trabajo se interpretaron cuatro imágenes que cubren el Estado de Michoacán (Fig. 1) y son las siguientes:

- 1.- La imagen LL-7 del satélite Landsat-I, con número de catálogo del Consejo de Recursos Minerales LL-7, del 23 de -- Enero de 1973, con coordenadas al centro de la imagen de Latitud N20° 19' y longitud W102° 16', número de clasificación NASA E-1184-16452, denominada Lago Chapala.
- 2.- La imagen LL-8 del satélite Landsat-I, con número de catálogo del Consejo de Recursos Minerales LL-8, del 23 de -- Enero de 1973, con coordenadas al centro de la imagen de Latitud N13° 52' y longitud W102° 30', número de clasificación NASA E-1184-16455, denominada Apatzingán.
- 3.- La imagen M-6 del satélite Landsat-I, con número de catálogo del Consejo de Recursos Minerales M-6, del 12 de Diciembre de 1973, con coordenadas al centro de la imagen de Latitud N20° 13' y longitud W100° 55', número de clasificación NASA E-1507-16365, denominada Lago Cuitzeo.
- 4.- La imagen M-7 del satélite Landsat-I, con número de catálogo del Consejo de Recursos Minerales M-7, del 6 de Octubre de 1972, con coordenadas al centro de la imagen de Latitud N18° 48' y longitud W101° 11', número de clasificación NASA E-1075-16394, denominada Infiernillo.

#### II.2. Localización y extensión del área.

El Estado de Michoacán se localiza en la parte suroeste de la República Mexicana (Fig. No. 3), entre las coordenadas geográficas X=17°54'00" a X=20°22'50" de longitud norte; Y=100°03'28" a Y=103°45'21" de longitud oeste de Greenwich, colindando al norte con los Estados de Guanajuato, Que-



ESCUELA DE INGENIERIA	
TRABAJO RECEPTACIONAL	
U	FIG-2
A	CUBRIMIENTO DE LAS IMAGENES
S	EN EL ESTADO DE MICHOACAN
L	
P	ALVARO FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ
2013000020	OCTUBRE 1978

GEOLOGIA

102-001

102-001



102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001  
 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001 102-001

LL-7

IMAGEN LL-7

W103-001

W102-301

W102-001

200-001-0001



W103-30 N10-52/W102-38 N10-50/W102-32 HSS 7 D SUN EL39 AZ136 100-2565-G-I-N-D-IL NASA ERTS E-1104-16455-7 01

W103-30

W103-001

W102-301

8-11

IMAGEN LL-0

W101-30

W101-001

W100-301

W1021-00

W100-001



W101-30 W101-001 W100-301 W1021-00 W100-001  
 12DEC73 0 N20-13/W100-55 N N20-12/W100-51 MSS 6 D SUN EL37 AZ144 189-7069-0-1-N-D-2L NASA ERTS E 1507-16365-6/01

W-M

IMAGEN M-6

85 [REDACTED] NASA ERTS E-1075-16394-7 02

W101-301

W101-001

W100-301

1000.0-02.1

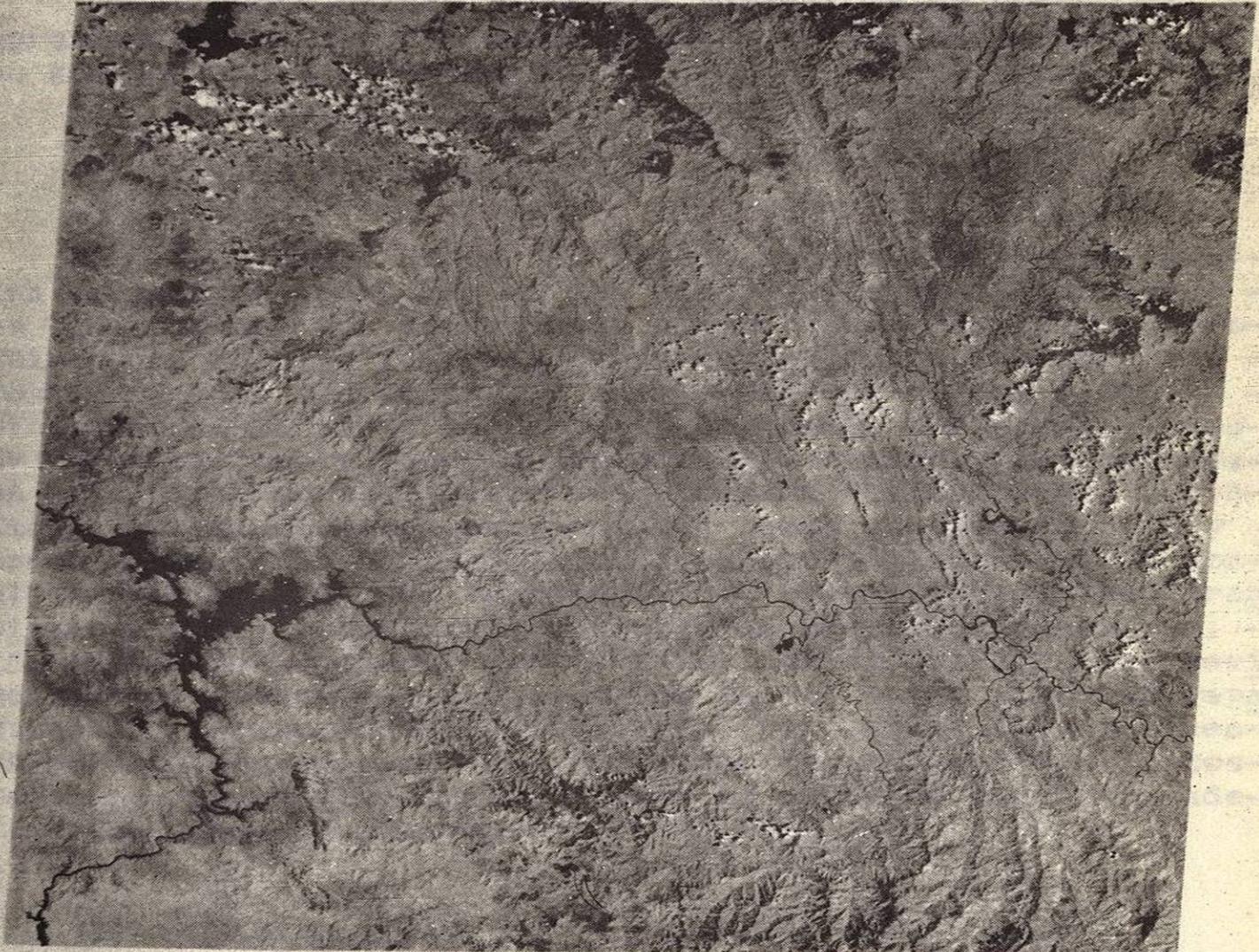
1000.0-02.2

1000.0-02.3

1000.0-02.1

1000.0-02.2

1000.0-02.3



W102-00 N010-00 W101-30 7 D SUN EL53 AZ120 188-1045-G-1-N-D-1L NASA ERTS E-1075-16394-7 02  
26OCT72 C N18-48 W101-11 N N18-47 W101-05 MSS

**T-M**

**IMAGEN M-7**

rétaro y Jalisco, al oriente con el Estado de México, al Sur con el Estado de Guerrero y Océano Pacífico y al poniente con los Estados de Jalisco y Colima.

Dicho estado tiene una superficie de 60,093 km<sup>2</sup> -- aproximadamente y en él se encuentran tanto rocas ígneas, como sedimentarias y metamórficas.

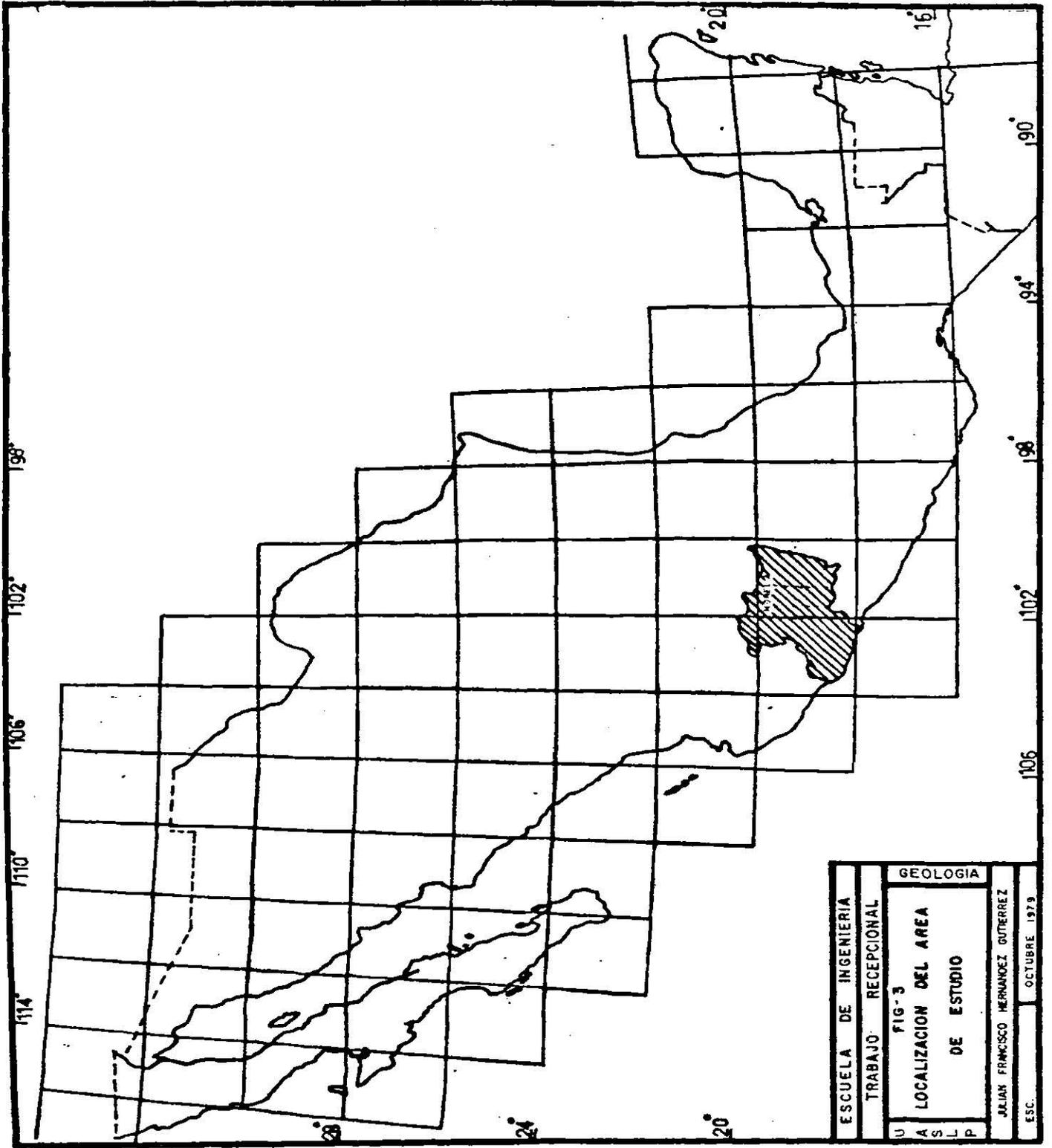
### II.3. Vías de comunicación.

La parte Norte del Estado de Michoacán se encuentra bien comunicada, una de las principales vías terrestres es la carretera No. 15 que pasa por Mil Cumbres, comunicando Toluca con Morelia y además atraviesa el estado de Este a Oeste. Otras, son todas las carreteras que van al Bajío. Sin embargo, la parte Sur del estado cuenta con escasas vías de comunicación, ya que los principales caminos pavimentados en esta parte son las carreteras: Uruapan-Playa Azul, Nueva Italia-Apatzingán-Tepalcatepec, los demás son terracerías y brechas, que en tiempo de lluvias es imposible transitar por algunas de ellas. Una terracería en la cual sí se puede transitar en toda época, es la No. 51, que une la carretera No. 15 con Huetamo, pasando por Tzitzio. Existe otro camino pavimentado que parte del entronque de la 51, entre Limón de Papatzingán y Tiquicheo hacia Zitácuaro (Fig. No. 4). Actualmente se está construyendo una carretera que vá por toda la Costa a comunicarse con Colima, hasta la fecha se encuentra adelante de Caleta de Campos.

### II.4. Fisiografía.

El Estado de Michoacán se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas que son:

- a) Provincia del Eje Neovolcánico.
- b) Provincia de la Sierra Madre del Sur.



ESCUELA DE INGENIERIA	
TRABAJO RECEPCIONAL	
GEOLOGIA	
FIG-3	
LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	
U A S L L P	JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ
ESC.	OCTUBRE 1979



**Provincia del Eje Neovolcánico:** La provincia del Eje Neovolcánico Mexicano cruza el Continente en la parte de la República Mexicana de Este a Oeste, entre los paralelos -- 19° y 21° de latitud Norte, se extiende desde el Macizo Volcánico de los Tuxtlas, Ver., por el lado del Golfo de México hacia el Oeste, atravesando la República hasta Bahía de Bandejas, en la Costa del Pacífico (E. Raisz 1959). Esta zona está caracterizada por predominar en ella derrames basálticos, numerosos volcanes y lagos cuya morfología, orientación y distribución sugieren la idea de estar situados en fosas tectónicas. Entre los lagos formados en fosas el más característico es el Lago de Chapala, cuyas márgenes más extensas son paralelas a la zona principal de fracturas (que pueden observarse perfectamente en las imágenes de satélite Landsat) y en el -- que se ha acumulado un enorme espesor de basaltos. Los lagos de Cuitzeo y Yuriria tienen la misma orientación que el de -- Chapala, en tanto que el de Pátzcuaro no parece tener una -- orientación definida con respecto a dicha zona (Alvarez Jr.).

**Provincia de la Sierra Madre del Sur:** Como su nombre lo indica esta provincia bordea a la parte Continental de la República Mexicana por el Sur y corre de NW a SE en los Estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, en donde se intersecta con una de las fracciones de la Sierra Madre Oriental.

Dentro de la Sierra Madre del Sur, se encuentra -- comprendida la parte montañosa de la costa del Suroeste en la cual regionalmente pueden distinguirse tres subprovincias dentro del Estado de Michoacán, que son:

- a) Depresión de Tepalcatepec.
- b) Sierra de Coalcomán.
- c) Cuenca del Balsas.

**Depresión de Tepalcatepec:** Se caracteriza por -- constituir una extensa región de mesas y llanuras, cubierta -- en su mayor parte por terrenos cuaternarios. Comprende principalmente el lecho del Río Tepalcatepec, los límites prácticamente están confinados a la margen derecha del Río Tepalcatepec y a la margen derecha del Río Del Marqués que es uno de los principales afluentes. Las rocas predominantes en esta -- región son tobas de composición basáltica, fuertemente atacadas por el intemperismo que ha originado la formación de extensas zonas de suelos.

**Sierra de Coalcomán:** La vertiente norte de la Sierra de Coalcomán es una zona montañosa en estado de juventud -- que se eleva a partir del Río Tepalcatepec hacia el Sur, junto con la depresión de Tepalcatepec constituye la parte Septentrional de la Sierra Madre del Sur. Presenta una topografía bastante accidentada, formando una región de bloques a fallados, fuertemente atacados por la erosión. En la vertiente sur de la Sierra de Coalcomán, la actitud de las principales cadenas montañosas es de NNW a SSE, los valles intermontados -- son estrechos debido a lo extremadamente montañoso de la región, que constituyen un relieve más accidentado.

**Cuenca del Balsas:** La cuenca del Río Balsas está -- constituida por valles que están circundados por una serie de cerros formados por rocas del Terciario volcánico. Se observan calizas de la formación Morelos descritas por J. Pantoja, 1959 y el grupo Balsas constituido por sedimentos clásticos -- continentales que subyacen a las rocas de la serie volcánica -- Charándaro en el Sur y al Norte, las pertenecientes al eje -- Neovolcánico.

## II.5. Rasgos Geomorfológicos.

Los rasgos Geomorfológicos que se pudieron -- apreciar en el Estado de Michoacán en base a las cuatro imágenes estudiadas en Bandas 5 y 7 con ayuda de las diapositivas --

de las Bandas 4 y 6, que son los que a continuación se describen:

En la parte NNW del Estado de Michoacán se encuentra el Lago de Chapala, el cual ocupa una fosa tectónica denominada Graben de Chapala, una pequeña porción del lago que pertenece a este Estado.

El sector central de Michoacán tubo una tremenda actividad volcánica Cuaternaria en una zona que abarca una superficie aproximada de 20,000 Km<sup>2</sup> en la cual se encuentran más de 3,000 volcanes (E. SCHMITTER C.P.), cuyos conos cineríticos de diferentes tamaños y de composición basáltica, están generalmente en la mayoría de los casos bien conservados, lo que nos permite tener una idea de la frecuencia de las erupciones en el Cuaternario reciente, estos conos basálticos presentan un cierto alineamiento con rumbo NE-SW, por lo general se encuentran en los flancos de aparatos Andesíticos más importantes, como es el caso del Tancítaro. Este se caracteriza por un cono escoráceo, en general bien conservado, pero muchas veces abierto de un lado por donde salió la lava en numerosos casos, o sea, que a la fase explosiva procedió la fase efusiva.

En la parte Noroccidental de Michoacán, al Norte de Uruapan, se localiza el volcán Parícutín, probablemente el más conocido y estudiado de México; dicho volcán nació el 20 de Febrero de 1943 permaneciendo activo hasta el 4 de Marzo de 1952. Durante todos estos años las emanaciones de lava y ceniza fué constante y notable (R. Wilcox, 1954), las lavas cubrieron una superficie de 25 Km<sup>2</sup> aproximadamente, en la imagen de satélite Landsat se presenta con una tonalidad muy obscura debido a lo joven de sus lavas.

Más al Este tenemos los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Yuriria en cuya orilla Occidental de este último se localizan las Calderas del Valle Grande de Santiago en el Esta-

do de Guanajuato y en donde la Morfología de los aparatos volcánicos cambia, son volcanes de mayores dimensiones como el Cerro de Gavia o el Cerro Mesa de Parácuaro.

En el mirador de Mil Cumbres tenemos una buena vista sobre el basamento terciario del eje Neovolcánico, el cual se encuentra afectado por un gran pliegue Anticlinal que se alarga por mas de 100 Kms., con una orientación NNW-SSE.

En el Municipio de Benito Juárez y sus alrededores Geomorfológicamente se encuentran en una etapa de madurez, ya que la red de drenaje está bien definida, los cerros y las lomas han sido modificados por los agentes de intemperismo de su forma original.

Entre Tuxpan y Ocampo, la región presenta una topografía muy irregular representada por las Sierras del Campanario y Chincua, constituyendo lomeríos en las partes mas bajas, sobre todo la zona occidental perteneciente al Graven Tuxpan-Maravatio, ya que la parte oriental que es abrupto se le considera como un Horst. La región en conjunto dentro del ciclo Geomorfológico se encuentra en gran parte en una etapa de juventud temprana, aun se presentan las formas recientes de las erupciones de rocas ígneas jóvenes que constituyen en cierto modo formas sobrepuestas en el terreno preexistente, en el que corrientes de estas rocas han rellenado valles, formando mas o menos mesetas uniformes. Las reducidas llanuras o planicies que separan las partes altas estan siendo rellenadas constantemente por sedimentos, creando así una expresión geomórfica que corresponde a una etapa de submadurez.

En el Este del estado, por la población de Tlalpujahua, se notan dos formas principales de relieve generalmente hablando, la parte mas alta de las eminencias montañosas está constituida por mesas y llanadas levemente onduladas, mas o menos planas y a nivel cuyos flancos en su mayoría son acantilados o presentan una pendiente abrupta, compuestas por

rocas extrusivas y Piroclásticos de tipo Andesítico y que cubren en parte al resto del relieve topográfico, formado por las laderas de los cerros y montañas de menor altura que tienen formas mas arredondadas, con pendientes mas suaves y que estan compuestas en su mayoría por rocas Metamórficas del tipo pizarras carbonosas en ocasiones fracturadas y rellenas -- por calcita o vetillas de Cuarzo.

Entre las poblaciones de Apatzingán y Uruapan, siguiendo el camino que las une se eleva la alta cadena de montañas del Cerro de Tancítaro, de poco mas de 3,840 M.S.N.M. -- que tanto al Poniente como al Oriente desprende contrafuertes de gran importancia que lo ligan con otras cadenas de altos cerros sobre todo hacia Ajuno y Ario de Rosales. La porción mas alta de esta cadena de montañas separa los valles de Pátzcuaro hacia el Noreste de los de Apatzingán, Ario de Rosales, La Huecana, por el lado opuesto hasta el Río Tepalcatepec. Ya en la planicie del río el valle tiene una anchura media de 20 kilómetros, geomorfológicamente su porción comprendida desde Pizándaro y hasta mas allá de Nueva Italia, queda formada por una serie de lomas bajas de altura casi uniforme entre los 25 y 35 metros.

La región al sur de Tepalcatepec, hasta el Océano Pacífico, o sea la parte correspondiente a la Sierra Madre -- del Sur, es de una orogenia extremadamente complicada, integrándola rarísimos valles y planicies, algunos anticlinales y mesas poco extensas de calizas y lutitas en lo alto de las -- sierras. A partir de Arteaga las elevaciones empiezan a descender hacia el Litoral del Pacífico, que se ve levemente interrumpido por el Delta del Río Balsas, el cual forma parte de la estrecha llanura costera y que además delimita el Estado de Michoacán de el de Guerrero. El Delta presenta algunos rasgos como son:

a) Amplias llanuras de inundación.

b) Abundancia de meandros e islas que han modificado su extensión.

c) Ligera tendencia a erosionar las márgenes de los menadros, en la posición superior del Delta.

d) Anchura del cause.

Al Sureste del estado, en la región que va de Huetamo a San Lucas, se encuentra una serie de anticlinales y -- sinclinales paralelos, de rumbo aproximadamente N 20° W (J. - Pantoja, 1959) en las rocas sedimentarias marinas. R. Mauvois, A. Demant y I. Silva (1976) han considerado esta zona y mas - hacia el Norte, como un gran anticlinal que se extiende desde Huetamo hasta Tzitzio, donde queda cubierto por las lavas del eje Neovolcánico y proponen que este anticlinal fué plegado - durante el Mioceno temprano o tardío.

## II.6. Rasgos geográficos.

Como rasgos geográficos que se presentan en el plano No. 1, podemos citar además de las principales poblaciones, el Lago de Chapala que es el mas grande de la República Mexicana, el Lago de Pátzcuaro, gran atractivo turístico con sus paseos en lancha a la Isla de Janitzio y demás lagos, como el Zirahuen y el de Cuitzeo, por donde atraviesa la carretera -- que vá de Morelia a Valle de Santiago, Gto. También se observan gran cantidad de presas pequeñas, sobre todo en la parte-Norte del Estado y en otras de dimensiones mayores, como las presas Taripo, Guaracha, Terécuaro, Melchor Ocampo, Mal País, Tepuxtepec, El Bosque, Zicuirán y la de mayor tamaño, la Presa del Infiernillo, que alimenta la planta hidroeléctrica --- más potente de América Latina hasta la fecha; la Presa José-- María Morelos y Pavón (La Villita), que es una planta hidroeléctrica pequeña y que además abastece con agua potable algunas poblaciones, con lo cual solucionan parte del problema de escasez de este líquido.

## CAPITULO III

### HIDROGRAFIA

El drenaje o avenamiento, es decir, la manera en -- que un área dispone del agua que escurre sobre ella (R.R. -- HARTMAN y K.N. ISACCS, 1958) se encuentra, como la erosión, -- estrechamente unido a la naturaleza de las rocas.

D.P. KRYNINE y W.R. JUDD (1957), estiman que las -- configuraciones del drenaje son características de un tipo de suelo o roca, o de un complejo de varios materiales y un cambio en el tipo de suelo o de roca generalmente es acompañado por un cambio en la configuración del drenaje. Así pues, cada modelo o diseño del drenaje corresponderá a determinada -- clase de roca, dentro de un clima específico y reflejará la -- estructura geológica oculta y sus expresiones superficiales -- topográficas.

El drenaje o red hidrográfica, es quizás el factor -- más importante que puede llevar el análisis de los rasgos naturales, que registran las fotografías aéreas y así mismo es de las características que aparecen en la mayoría de las imágenes. La forma del drenaje puede ser descrita de acuerdo -- con sus características mayores. Las principales características usadas por los intérpretes son:

- a) Grado de Integración.
- b) Densidad.
- c) Grado de Uniformidad.
- d) Angulo de las juntas o de las uniones de sus ramas.

El drenaje es un factor dinámico, o sea, una fuerza que labra el terreno dándole diversas formas fisiográficas y ocasionando texturas de erosión como consecuencia de su traba

jo. El drenaje es producto derivado de la acción del escurrimiento, siendo éste una parte del ciclo hidrológico.

El estudio del drenaje en las imágenes debe ser de lo primero que se efectúe, pues dá excelentes resultados en la interpretación que se lleva a cabo.

Debe tomarse en cuenta que a la altura a que está tomada la imagen, las escalas con que se trabaja (1:1.000,000 y 1:500,000) son por lo consiguiente muy pequeñas, lo cual nos hace que no se pueda percibir todo el detalle que se puede apreciar en las fotografías aéreas, cuyas escalas son más grandes, es por ésto que en este trabajo nos limitamos a marcar presas, lagos, corrientes principales y sus tributarios más importantes con los cuales podemos definir los diferentes patrones o tipos de drenaje existentes.

Dentro del área estudiada las principales depresiones que se encuentran comprendidas en la red hidrográfica de la zona norte de Michoacán son de Este a Oeste, la de Maravatío, Cuitzeo, Pátzcuaro y parte de la cuenca denominada Chapala-Lerma-Santiago.

El Principal colector que existe en la parte Norte de Michoacán es el Río Lerma, que entra en el estado cerca de Contepec y llega a su desembocadura en el Lago de Chapala. La parte de la cuenca de este gran río que corresponde al Estado de Michoacán tiene una superficie de 12,160 kilómetros aproximadamente.

Las principales cuencas Endorreicas que se encuentran en la región son las de Cuitzeo y Pátzcuaro. El Lago Pátzcuaro está alimentado por las aguas superficiales que en tiempo de lluvia descienden por las faldas de los cerros basálticos, que limitan esta depresión y por el agua que sale de los manantiales situados en esa misma falda, y se reúne en

la ondonada que ocupa el lago. El contorno de este lago es muy irregular, su mayor longitud es de SW a NE distinta a la que presentan los lagos de Chapala y Cuitzeo, los cuales parecen tener la misma orientación.

La parte NW de Michoacán está caracterizada por numerosos volcanes de tipo basáltico, principalmente en los cuales el drenaje es de tipo radial, este mismo tipo se presenta también en domos extrusivos de tipo félsico.

En el área del Anticlinal de Tzitzio el drenaje es de tipo rectangular principalmente, pero también es dendrítico en algunas partes, las principales corrientes son los ríos Patámbaro y Chapatuato, que al juntarse forman el Río Chinapa y tanto éste, como el Río Tuzantla al unirse dan lugar al Río Cutzamala.

En Tamiaro y zonas colindantes los arroyos que drenan en el área son pequeños, los que van a desembocar al arroyo Susupuato, el cual es perene y a la vez afluente del Río Tuzantla, tributario éste del Río Balsas.

Entre Tuxpan y Ocampo, Mich., las corrientes que integran el sistema hidrográfico son de tipo consecuente y subsiguiente. Varios arroyos se unen al Río Anganguero, el cual va a depositar sus aguas a la presa Tuxpan, todos éstos se encuentran en la parte central, en la porción Norte y drenando con ese rumbo se encuentran varios arroyos que drenan sus aguas al Río de Soto, proveniente de la Presa Chincua y por último, en la parte Sur se encuentra el Río Cresencio Morales, el cual deposita sus aguas en la presa Del Bosque. A estos arroyos y ríos se les une una cantidad de arroyuelos intermitentes, desarrollados a través de fracturas que presentan un perfil irregular con cortes verticales y laderas de gran pendiente con profundidad hasta de 100 M., como es el caso de los arroyuelos San Mateo, San Bartolomé, etc., que fluyen con una dirección NS-SW y que son afluentes del Río Cresencio Morales. La gran cantidad de pequeñas corrientes que drenan la región en conjunto forman un sistema dendrítico, esta red hi-

drográfica corresponde a la vertiente del Pacífico, ya que to dos los ríos vierten sus aguas a la Cuenca del Río Balsas.

En Tlalpujahua la zona es muy montañosa y está profundamente disectada por numerosos torrentes y arroyos que -- son tributarios del Río Lerma, por lo que la vertiente hidrográfica corresponde a la del Océano Pacífico.

Drenando toda la región Sur pueden ser considerados dos sistemas de desagüe, en primer lugar el Balsas y su gran-afluente el Río Tepalcatepec y en segundo término, el sistema de corrientes paralelas sin conexión entre sí, que podemos de- nominar corrientes paralelas del Pacífico, integradas por -- ríos de poco desarrollo y reducida cuenca fluvial, que con- -- trastan grandemente en este sentido con el Balsas, según se -- describen en seguida. Ambos sistemas arrojan sus aguas al -- Océano Pacífico.

Tanto el sistema hidrográfico del Río Balsas, como el grupo de corrientes paralelas tienen su parteaguas en la -- cima de la Sierra de la Aguja de Tumbiscatío, donde nacen -- gran número de arroyuelos que hacia el Norte escurren para su marse al Tepalcatepec, corriente colectora de innumerables -- riachuelos y alimentador de la Presa del Infiernillo; hacia -- el Sur corren separadas por sierras o largas cadenas montaño- sas hasta su desembocadura al Mar.

Sistema del Balsas: Este gran río, uno de los más- grandes de la República que entran en el Pacífico, nace casi- en los límites de los Estados de Veracruz y Puebla, después -- corre por los Estados de Puebla y Guerrero recogiendo la con- tribución de su amplia red hidrográfica, llega al lugar deno- minado Tacupa, a partir del cual y hasta su salida al mar, si gue de límite natural a Guerrero y Michoacán, recibiendo del- lado Michoacano los Ríos Cutzmala, que separa los Estados de- México y Michoacán y las aguas del Río Turicatio, posterior- mente se une al Río Tepalcatepec, el cual tiene su origen más allá de Tingudín, recibiendo también aguas de la vertiente --

oriental de la Sierra del Alo en Jurisdicción de Talisco. El Tepalcatepec por el Norte recibe la contribución de algunas corrientes principales como son: El Río Apatzingán, Río Coróndiro, Río Parácuaro o Marqués que nace en las cercanías de Uruapan, donde se le denomina Río Cupatitzio.

A partir de la confluencia del Tepalcatepec con el Balsas, el río cambia decididamente de rumbo siguiendo hacia el Sur hasta un punto denominado La Goleta, donde vuelve a correr por corta distancia hacia el Poniente, para después continuar su curso otra vez hacia el Sur hasta su desembocadura con el mar, donde se forma el Delta del Balsas.

Sistema de corrientes paralelas del Pacífico: Coincidiendo en orientación general Norte Sur con los tributarios que del Norte recibe el Tepalcatepec, se diferencian sin embargo en que aquí se trata de corrientes de corta distancia, cuencas de drenaje reducidas y a la vez aisladas entre sí por las cadenas montañosas que las separan desde su origen, hasta su desembocadura al mar. Los ríos que en estas circunstancias se encuentran en el Estado de Michoacán, son como El Carrizal o Arteaga, Popoyuta, Chuta o Toscano, Nexpa, Tupitina, Guagua, San José y Cachán, el primero nace dentro del Valle de Arteaga, donde toma su nombre y en su camino hacia el mar recoge varios arroyuelos, que bajan de lo alto de las montañas, como son los del Timbiriche y Las Truchas.

El Río Popoyuta corre serpenteando en el fondo de profundas y angostas barrancas hasta alcanzar su salida al mar, situado al Este del Río Chuta.

El Río Chuta, al igual que el Nexpa son los de mayor importancia del sistema que se describe, pues son los Principales en todos sentidos ya que tienen una cuenca más amplia y con desarrollo más extenso, el agua nunca deja de correr en su lecho.

Los Ríos Tupitina y Guaguá son corrientes mucho más pequeñas que las anteriores y quedan alimentadas por una cuenca bien definida. Los Ríos San José y Cachán vienen paralelos y se juntan antes de desembocar al mar.

Además de las corrientes principales existen un gran número de arroyos de interés secundario como el Cayaco, Chicuititán, Teolón, etc., que aisladamente corren por unos cuantos kilómetros desde su origen, hasta su fin en el océano.

El drenaje tiene diversos tipos de controles naturales de los cuales es importante señalar los que destacan más como son el control Litológico y el control Estructural o control de las zonas y líneas de debilidad de las rocas o de los suelos. Consideramos como líneas de debilidad las juntas, fracturas y fallas que se encuentran en las rocas o sea lineamientos. Estos controles se pueden combinar entre sí, aunque algunos de ellos pueden ser el predominante o puede ser falante.

Las corrientes principales que se aprecian en este trabajo están gobernadas por el control estructural, como es el caso del Río Tepalcatepec, el Balsas, Lerma y otras corrientes menores, el control litológico se aprecia en algunos tributarios. En la parte montañosa de Michoacán, la hidrografía está definida por los rasgos estructurales de las rocas, es decir, por las fallas, fracturas, esquistocidad, lo que dá un patrón de drenaje casi recto y con arroyos en "V" de costas muy pendientes.

Los principales tipos de drenaje que se pudieron apreciar en la elaboración de este trabajo fueron:

- a) Drenaje dendrítico de textura gruesa, en donde los afluentes secundarios y terciarios nunca llegan a formar ángulos rectos con las corrientes principales, es el más común y se presenta en todo tipo de roca.

- b) Drenaje dendrítico subparalelo, los tributarios tienen una dirección mas o menos paralela a la corriente principal, - generalmente lo encontramos en rocas ígneas extrusivas de tipo intermedio (Andesitas), tobas de tipo ácido y en calizas.
  
- c) Drenaje radial, en este tipo de drenaje las corrientes con secuentes fluyen en forma radial en relación a un punto -- central (centrífugo), se desarrolla sobre conos volcánicos de tipo basáltico generalmente, así como en domos extrusivos de tipo ácido.
  
- d) Drenaje rectangular, en este tipo de drenaje el curso de - las corrientes adopta vueltas en ángulos casi rectos, lo - tenemos presente en rocas metamórficas y en algunas extrusivas de tipo intermedio.

## CAPITULO IV

### GEOLOGIA

#### IV.1. Interpretación geológica.

La interpretación geológica en el Estado de Michoacán se realizó bajo el método de observación pseudoestereoscópico, utilizando un estereoscopio de espejos y copias de contacto de las cuatro imágenes empleadas en las bandas 5 y 7, - en escalas 1:1.000,000 y 1:500,000, auxiliándose de las diapositivas en las cuatro bandas.

En la elaboración del plano correspondiente a geología, las unidades se han marcado utilizando una clave Alfanumérica, puesto que en las imágenes no se puede usar otra nomenclatura más adecuada.

En este estudio se pudieron diferenciar varias unidades litológicas, aunque no en su totalidad, otras se observaron durante los recorridos que se hicieron por el terreno, - con los cuales se pretendía corroborar la interpretación dada. Las unidades Litológicas que se encontraron en el Estado de Michoacán abarcan tanto rocas sedimentarias, ígneas extrusivas e intrusivas, como metamórficas. A continuación se hace una descripción de estas unidades, las distintas gamas de gris en que se presentan y otras características que sirvieron para su identificación.

#### IV.2. Rocas metamórficas.

En esta unidad predominan pizarras de coloración gris claro a oscuro, son de metamorfismo regional con estructura foliada, fallada y fracturada, están frecuentemente rellenas de cuarzo lechoso e incoloro, en capas de muy delgadas a delgadas (1 a 10 Cms.). Las orientaciones múltiples de las estructuras evidencian una historia de compleja deformación.-

Sobreyaciendo a las pizarras yacen areniscas de coloraciones gris clara a obscura, estructura compacta, fracturada, estratos de muy delgados a delgados (2 a 40 Cms.), guardan la misma posición que las pizarras, encontrándose únicamente remanentes.

Estas rocas afloran al NE y SE del estado, en las poblaciones de Tumbiscatío y Sur de Arteaga. En el área de Tumbiscatío este paquete tiene una extensión bastante grande que se encuentran rodeando a un intrusivo granítico-granodiorítico, que se sitúa en el centro. La actitud general de estas rocas, es de rumbo que varía entre el N15°W y el N72°W -- con echados predominantemente al NE.

Las pizarras forman gruesos espesores que oscilan de 200 a 1500 M, en muchos casos forman pliegues debido a -- fuerzas de compresión, ocasionadas por el empuje o rozamiento de rocas intrusivas.

Sobre la carretera de Arteaga a Playa Azul, se encuentran aflorando esquistos de coloraciones gris claro a negro, que al alterarse los esquistos presentan tonos café y rojo herrumbre y adoptan formas de poco relieve, redondeadas y alargadas en sentido de la esquistosidad, la foliación es -- bien definida.

#### IV.3. Rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias tienen una amplia extensión en el Estado de Michoacán, abarcan los tipos continentales y marinos que van del Jurásico al Reciente, las más antiguas -- subyacen discordantemente a las rocas metamórficas y constan de lutitas, areniscas y margas, su edad comprende del Jurásico superior al Cretácico inferior, subyaciendo a estos sedimentos se presenta una secuencia de calizas de estratificación gruesa y sobre éstas descansan discordantemente arenis--

cas, brechas y conglomerados del Terciario.

Las lutitas, areniscas y margas, sedimentos netamente arcillosos se han incluido como un solo grupo por encontrarse interestratificadas. Se presentan en las imágenes con una tonalidad de gris claro a gris intermedio. Generalizando, podemos decir que los colores que predominan en estas rocas - en el campo es: En las margas el ocre graduando a negro débil, gris oscuro para las lutitas, las cuales presentan textura pelítica y estructura laminar. Las areniscas se presentan en delgadas capas con finas intercalaciones de lutitas, - este grupo de acuerdo a sus características litológicas, corresponde a la formación Angao descrita por J. Pantoja A - -- (1959). Su distribución se restringe a áreas como el noreste de Huetamo, así como en San Lucas y posiblemente las de Villa Victoria también correspondan a éstas.

Se observa que a este paquete le sobreyace en discordancia erosional otro paquete formado por areniscas, conglomerados, lutitas y limolitas con interestratificaciones de caliza. Su color varía entre rojo, ocre, gris y negro. El conglomerado de color rojo y mal graduado se encuentra en la base, en la parte media, areniscas de color ocre de textura fina, cementadas por sílice, interestratificadas con lutitas negras de textura pelítica. Hacia la parte superior, la alternancia de areniscas y lutitas cambia a un color negro pálido. Su mayor distribución regional, cubre casi en su totalidad los Valles de Huetamo y San Lucas. Los espesores en el área de Huetamo son los mayores y varían de 500 hasta posiblemente más de 600 M. Este grupo de acuerdo a sus características litológicas corresponde a la formación San Lucas descrita por J. Pantoja (1959) y sugiere que esta formación corresponde al Cretácico inferior.

Las calizas se presentan en las imágenes con una tonalidad de gris claro a intermedio con drenaje dendrítico - subparalelo, relieve bajo con pendientes suaves, se localizan en la Sierra de Coalcomán, se extienden desde la parte Norte y Sur del poblado de Coalcomán, hasta el contacto con las ro-

cas metamórficas al Oeste del poblado de Tumbiscatio, con una actitud regional E-W; se localizan también aunque en extensión menor al NW y Sur de Arteaga como remanentes dispersos, principalmente en las cimas de los cerros próximos a la planicie costera, que representan restos de una extensa formación, como en el caso de Las Truchas y el Cerro de Chucutitan.

En la parte SW del estado se encuentran también en contacto con andesitas, así como sobreyaciendo a un intrusivo de composición granítico-granodiorítico posterior a las calizas, que se extiende por varios kilómetros, el cual plegó y metamorfizó en parte estas calizas, debido a fuerzas compresionales producidas por el mismo.

En la parte SE del estado, en los alrededores de los poblados de Huetamo y San Lucas, se encuentran sobreyaciendo a las lutitas y areniscas de la formación San Lucas, formando una serie de anticlinales y sinclinales paralelos de rumbo N20°W (J. Pantoja, 1959). El mayor de ellos es el Anticlinal Characo que se extiende con rumbo general N-S y longitud aproximada de 23 Kms., la unidad litológica que forma los flancos y al mismo tiempo las mayores alturas de este pliegue, son las calizas y en el núcleo las lutitas y areniscas de la formación San Lucas.

Estas calizas con correlacionables con las pertenecientes a la formación Morelos, descritas por C. Fries Jr. y Zoltan de Cserna (1956). En los Estados de Morelos y Guerrero, dándole una edad correspondiente al Albiano-Cenomaniano. Tienen un color gris claro a oscuro, fractura subconcoidea, se presentan en estratos masivos de 0.20 a 1.0 M de espesor.

Los conglomerados se presentan en las imágenes con tonos que van de gris intermedio al gris oscuro, con drenaje dendrítico grueso y topografía accidentada al Norte de Aguayllita y Coalcomán, así como al Sur de Tumbiscatio, y con poco -

drenaje y topografía suave en la mayoría, lo que aflora entre Tiquicheo- Tuzantla y Limón de Papatzingán- Tzitzio.

Estos conglomerados de color rojo, de textura clásica gruesa, mal graduada, están constituidos por fragmentos de rocas volcánicas y fragmentos de calizas pertenecientes a la formación Morelos, el tamaño de los fragmentos van de 1 a 4 Cms., envueltos en una matriz arcillosa sin cementante en espesores de 3 a 4 M.

Estos conglomerados en ocasiones se encuentran alternando con areniscas, lutitas y limolitas y en la parte superior en áreas más restringidas se encuentra en ocasiones, un conglomerado de textura clástica fina, mejor graduada con diámetros que van de 3 a 4 mm., de forma subredondeada, en una matriz arcillosa cementada por carbonato de calcio. Estos conglomerados pertenecen a la formación Balsas y forman parte de una serie de clásticos Continental, ya que no son sedimentos de litoral, pues los fragmentos presentarían caras curvas originadas por la intensa acción mecánica de rozamiento entre los fragmentos, provocada por el continuo movimiento de las aguas del mar, por lo que se cree que son producto de depósito por corrientes fluviales, que en época de creciente depositan los fragmentos gruesos, dado que su poder de acarreo es mayor que en la época de estiaje, en la que depositan fragmentos de menor tamaño. (C Acosta del Campo, 1944). El color rojo se debe a la presencia de óxidos de hierro hidratado como constituyentes de los fragmentos.

#### IV.4. Rocas ígneas intrusivas.

Estas rocas de distribución muy amplia, dentro del Estado de Michoacán están representadas por granitos, granodioritas y dioritas. Se presentan en las imágenes con tonalidades de gris claro a intermedio, con drenaje principalmente dendrítico subparalelo. Afloran en la cuenca del Balsas y en

la Sierra Madre del Sur. En la cuenca del Balsas guardan una orientación sensiblemente al NW45°SE, afectadas por grandes fallas que son notables en las imágenes. El de la Sierra Madre del Sur forma parte de un macizo llamado Batolito Granítico de Michoacán-Guerrero (descrito por Zoltan de Cserna en el año de 1959). Tiene forma alargada con su mayor dimensión orientada de NW a-SE, la composición es en general de granito a granodiorita, unidad que como es obvio presenta una diferenciación magmática, ya que la solidificación no se llevó al mismo nivel, su transición a granodiorita únicamente difiere por menor contenido de cuarzo y considerable aumento de plagioclasa.

En la Sierra Madre del Sur, aflora desde el Cerro de la Bola hacia el Sur, pasando por el poblado de Arteaga, integrando la sierra del mismo nombre, con una superficie de varias decenas de Km<sup>2</sup>, continuándose al Oriente hasta el Río Balsas al Sur de la boquilla de la Presa del Infiernillo, se observa discordante subyaciendo a pizarras, esquistos y calizas a las cuales intrusión al Sur y Oeste.

El intrusivo al alterarse se presenta en tonos de gris claro a amarillo y bastante deslesnable a causa del intemperismo, el cual actúa de manera muy característica al avanzar hacia el núcleo en capas concéntricas exfoliables, encontrando en cortes de arroyo algunos metros de suelo residual antes de llegar a la roca sana, que es de color gris claro a rosado.

Este Batolito de Arteaga acusa una edad de 70 a 90 millones de años, determinados por el método Plomo-Zircón. La parte más baja topográficamente, está ocupada por la granodiorita, aunque no únicamente ocupando el fondo de los arroyos y barrancas, sino también formando cerros tan altos como los del grupo de la batea que por el poniente cierran el Valle de Arteaga. Esta granodiorita se encuentra también en la

carretera Cuatro Caminos - Playa Azul, en las inmediaciones de los poblados Los Coyotes y San Luis, se encuentra intrusionando a los esquistos en la parte NW. Otra unidad de este tipo es el Stock granítico del cerro Las Bufas, el cual es importante por estar asociado a varios yacimientos de fierro. Se encuentra al SE del Rancho Barranca Seca, en el Municipio de Coalcomán, integra parte de la Sierra de Coalcomán y por último, en la Costa SW del estado aflora otro intrusivo de consideración, encontrándose varios kilómetros antes del poblado Motin del Oro hasta después de Cachán.

En la Cuenca del Balsas encontramos esta roca en la región de Inguarán, en las inmediaciones del poblado de La Huacana, se encuentra otro macizo plutónico de composición granítica con un rumbo general NW-SE, se puede observar en la región de la gran falla regional, que con rumbo NW-SE se presenta desde Mina Verde hasta el SE de Inguarán, así como en la zona de San Isidro, Municipio de La Huacana, donde se han datado algunos intrusivos por el método plomo-zircon, determinándose la edad de 13.5 millones de años (C.R.M. 1977).

Además existe un gran número de pequeños intrusivos como el del Cerro de Purungueo en las cercanías del poblado Limón de Papatzingán y el de Carácuaro, los cuales están intrusionando a las pizarras y esquistos respectivamente.

La diorita es abundante en Inguarán, Municipio de La Huacana y en los pozos Toscano y Las Truchas, en el Municipio de Arteaga, en donde se continúan hacia el Este, hasta el pueblo de Limón de Guerrero, en donde intrusionan a las calizas.

Son de color verdoso y en partes bastante alteradas, no fueron cartografiadas por lo reducido de su tamaño y además por presentar características fotogeológicas semejantes a los demás intrusivos ya descritos, con los cuales se encuentran relacionados.

#### IV.5. Rocas ígneas extrusivas.

Dentro de esta clasificación tenemos tanto rocas félsicas como intermedias y máficas, de las cuales se hará una pequeña descripción.

##### Riolitas.

El vulcanismo de tipo riolítico aflora en la parte Norte del estado, representado por la Sierra de San Andrés y el cerro del Cuervo al Norte de Ciudad Hidalgo, en los alrededores de Morelia, Zitzió y otras localidades, son rocas de distribución más restringida que las andesitas y basaltos que cubren áreas de bastante consideración. Son de colores claros, generalmente rosado, muy pobres en ferromagnesianos, los únicos cristales visibles son las plagioclasas, con frecuencia aparece obsidiana, tienen textura fluidal y se presentan en forma de pequeñas mesetas. En las imágenes se presentan con drenaje incipiente y su color varía de gris claro a intermedio.

##### Andesitas.

Estas rocas ocupan áreas de consideración dentro del estado. Se caracterizan por presentar una tonalidad de gris intermedio a oscuro, con topografía abrupta y drenaje dendrítico subparalelo y rectangular. Estas rocas en ocasiones se encuentran cubriendo a rocas sedimentarias e intrusivas, algunas veces suelen presentar cierta pseudo-estratificación y su base en ocasiones es brechoide. Su color es generalmente de gris a pardo rojizo. Las tenemos aflorando en la parte Norte, en el macizo de Mil Cumbres (carretera México-Morelia) en donde éstas se ven afectadas por un gran pliegue anticlinal, observable en las imágenes.

En las inmediaciones del poblado de Zitzió se han datado por el método plomo-argón brechas y lavas de composición andesítica de hace 14 millones de años (A. Demant, 1976).

Otro afloramiento de bastante magnitud se encuentra desde la boquilla de la Presa del Infiernillo, prolongándose hacia el Norte hasta cerca del poblado de La Huacana y continuándose a lo largo de la orilla Sur del Río Tepalcatepec, formando parte de las estribaciones septentrionales de la Sierra de Coalcumán, hasta el poblado de Tepalcatepec, donde entra en contacto con un intrusivo ya en jurisdicción de Jalisco.

Las Andesitas desde Zicuirán se extienden hasta el poblado de Churumuco, en donde también se encuentran en contacto con el intrusivo. Afloran también en la margen del Río Balsas, se les considera de un espesor aproximado de 500 metros. Con frecuencia subyacen en discordancia notable a la formación Balsas y en ocasiones a rocas más antiguas, éstas pertenecen a la serie volcánica Charándaro, nombre introducido por J. Pantoja, 1959.

Se les encuentra también a lo largo de la Carretera Cuatro Caminos- Arteaga- Playa Azul, soliendo presentar pseudo-estratos constituyendo espesores de varios cientos de metros y por último, un afloramiento localizado en los alrededores del poblado de Caleta de Campo, bordeando la costa del Pacífico.

#### Tobas y brechas andesíticas.

Se encuentran directamente relacionadas con derrames de rocas andesíticas, encontrándose en las partes bajas de éstas y cuyos contactos en algunos casos es imposible definir. En las imágenes presentan una tonalidad de gris intermedio y topografía suave, su color es pardo rojizo en material fresco, que al intemperismo presentan color café amarillento, las tobas tienen textura compacta. Las tenemos localizadas principalmente en la orilla Sur del Río Tepalcatepec, así como en las áreas adyacentes al vaso que forma la Presa del Infiernillo.

## Basaltos.

Es quizá la roca más abundante dentro del estado, encontrándose principalmente ocupando la parte Norte en casi todas las sierras, son de color gris oscuro y azulado negro, en las imágenes presentan tonos que van del gris oscuro en rocas más antiguas, a tonos completamente oscuros en rocas más recientes (como en el caso del Volcán Parícutín). La densidad de aparatos volcánicos resultó impresionante, observándose éstos formando numerosos cerros aislados con un cono, por lo general bien conservado y que por su tamaño parecen haber tenido una vida muy breve, presentan también la forma clásica lobulada de corrientes de basalto. Su drenaje es del tipo radial en estos conos.

Estas rocas básicas las tenemos localizadas al Norte del Río Tepalcatepec, el cual no solamente viene a constituir un límite o división orográfica e hidrográfica, sino que marca también una separación de unidades litológicas bien definidas. Hacia el Sur del Río, con excepción de las andesitas, todas las rocas ígneas encontradas son intrusivas, mientras hacia el Norte del Tepalcatepec dominan las extrusivas y son casi en su totalidad rocas basálticas, que corresponden a las erupciones volcánicas que cerraron la época de actividad ígnea del Tancítaro y demás sierras vecinas que se prolongan por el Este, hasta Ario de Rosales y El Jorullo.

Durante los períodos eruptivos se verificaron violentas explosiones, la acumulación de productos piroclásticos fué enorme. En el caso del Tancítaro de composición andesítica se abrieron numerosos cráteres a través de los cuales se verificaron las explosiones y emisiones de basaltos, en la región de Ario de Rosales, además de los volcanes, las erupciones se efectuaron por grietas por donde se derramó quietamente la lava, extendiéndose hacia tierra caliente.

Desde Ario de Rosales hasta llegar a la zona del Volcán del Jorullo, se observan únicamente rocas basálticas -

y sus productos de desintegración y alteración "in situ", así como cenizas y arenas volcánicas, apareciendo por lo regular-completamente alteradas, formando el material arcilloso de color rojo que cubre a rocas menos alteradas.

En el sector central de Michoacán estos aparatos volcánicos se encuentran alineados sobre fracturas con orientación ENE-WSW, además sobre estas fracturas se encuentran manantiales muy calientes, como es el caso de Ixtlan de los Hervores.

#### Piroclásticos máficos.

Arenas y cenizas.- Las arenas se presentan en tonos de color negro a rojizo, constituyendo gran número de cerros que corresponden a conos volcánicos. Las cenizas basálticas presentan tonos amarillentos a blanquiscos, encontrándose se en depósitos de cierta importancia en los alrededores de Morelia hasta las cercanías con el Lago de Cuitzeo, en el Valle de Zamora, por Ixtlan de los Hervores y algunos lugares del Valle de Jiquilpan.

#### Tobas y brechas.

Se encuentran diseminadas al Sur de las llanuras de Nueva Italia y Lombardía, extendiéndose por varios kilómetros hasta llegar al cauce del Río Tepalcatepec. Están caracterizadas en la imagen con tonos de gris claro a intermedio.

Las tobas de esta localidad presentan típicamente pseudoestratificación horizontal y un importante desarrollo de suelo residual, como consecuencia de la misma naturaleza de la roca que es bastante afectada por la erosión. Las brechas están constituidas por fragmentos de andesitas cementadas en matriz cinerítica.

## CAPITULO V

### LINEAMIENTOS Y FALLAS

Al observarse las imágenes de satélite de la Serie Landsat, se notan unas líneas continuas o discontinuas, gruesas o delgadas, tenues o destacadas, rectilíneas o curvilíneas, que se interceptan o no y que pueden ser la manifestación sobre el terreno de algunas de las siguientes características:

Los lineamientos rectilíneos pueden ser grandes fallas de la corteza terrestre del orden de los 10, 50, 100 o más kilómetros de longitud; pequeñas fallas, fallas transformacionales; fracturas; alineamientos de cursos de ríos con control estructural; líneas de drenaje a grandes rasgos en general; linderos geomorfológicos o estructurales; linderos litológicos; rumbos de afloramientos regionales de estratos; valles a rumbo; valles tectónicos; depresiones rectilíneas, tales como acantilados de falla o acantilados de erosión; espinazos alargados de serranías, en ocasiones combinados con fallas; variaciones de tonos de gris o de color debido a diversas reflectabilidades del terreno; linderos de vegetación marcados o por cambios de textura, cambios de tonos en la imagen y otras características que no se identifican sobre el terreno.

Unos lineamientos están bien definidos, sobre todo los más recientes o los que han experimentado renovación en sus desplazamientos; otros son difusos o poco notables debido quizá a mayor edad geológica, a la acción de la erosión o a sepultura por materiales clásticos en general, o por derrames de rocas efusivas, o por todos esos factores combinados; algunos continúan por decenas de kilómetros sin interrupción, pero otros están rotos en segmentos, desplazados por otros lineamientos, o terminan en estructuras que los interceptan, que en ocasiones son lineamientos curvilíneos que pueden ser la expresión en el terreno de un cuerpo intrusivo, un aparato volcánico, un cráter de impacto u otra característica geológica, y por último, algunos lineamientos son fortuitos y difíciles de clasificar.

Lo mismo que los lineamientos rectilíneos, los curvilíneamientos están bien definidos mientras que otros se presentan difusos, tienen diversos tamaños, mostrando o no interrupción en sus linderos, pueden estar en la intersección de dos o más lineamientos, se pueden presentar cortados y/o desplazados por otros lineamientos.

Dada su longitud, estos lineamientos son difíciles de correlacionar y de localizarse a lo largo de su extensión en las fotografías aéreas convencionales; en cambio lo son y muy fácilmente en las imágenes de gran visión sinóptica, o sea, que cubren una gran extensión superficial.

Los lineamientos-fallas de gran longitud se han formado por los esfuerzos tectónicos de compresión, tensión y cizalleo, pero de mucha mayor intensidad de lo usual, puesto que son ocasionados por el desplazamiento de las placas corticales, con sus movimientos de apartado, choque y deriva. (C. Acosta del Campo).

No todos los lineamientos son de la misma edad geológica, pues los efectos tectónicos se han repetido a lo largo de la Historia Geológica.

Cuando un mayor número de lineamientos de diversas direcciones y variadas edades geológicas se interceptan, -- crean zonas de debilidad en la corteza, desquebrajándola en -- sumo grado y que a la profundidad alcanzan el manto superior. En la actualidad estas intersecciones son buscadas por ser sitios adecuados para la búsqueda de yacimientos minerales, -- pues estas intersecciones, como ya se dijo, debilitan la corteza terrestre y suministran las vías de acceso para la migración y emplazamiento de las soluciones hidrotermales mineralizadas.

En este trabajo no se pretende hacer este tipo de estudio, sino de mostrar el diferente patrón estructural que muestran estos lineamientos dentro del Estado de Michoacán.

En el Noreste del estado, burdamente se observa un posible control tectónico con cambios de dirección, representados por un sistema de grabens y horst, que se podría definir de la siguiente manera:

- a) En la parte Occidental de este sistema se observa un horst representado por la Sierra de San Andrés, con un rumbo preferencial N-S. En esta sierra es donde se localiza la zona geotérmica de los azufres. En seguida a éste se encuentra un graben denominado Tuxpan- Maravatío, el cual muestra un cambio de dirección a la altura del poblado de Tuxpan (C. Acosta del Campo, 1977).
- b) En la porción Oriental del área se observa otro horst, que tiene una orientación preferencial también N-S. Posteriormente se encuentra otro graben, denominado Tlalpujahuá- El Oro- Villa Victoria. (C. Acosta del Campo, 1977).

Hacia la parte Sur del Macizo de Mil Cumbres, se puede observar un curvilineamiento seguido por una serie de fallas de tipo normal, con rumbo  $N20^{\circ}W$ , produciendo una serie de montañas paralelas típicas de la zona. Hacia el Sur de éstas, a la altura de la población de Huetamo, se encuentran también una serie de lineamientos paralelos entre sí y con rumbo aproximadamente igual, correspondientes a una serie de anticlinales formados en rocas marinas.

En el extremo Noroeste del estado se puede ver que los lineamientos, en algunas partes son difusos y poco observables, como en el caso de los piroclásticos y cenizas volcánicas, donde no se ven con claridad, sin embargo, las direcciones predominantes son los lineamientos NE-SW y los NW-SE que en ocasiones intersectan a los primeros.

Desde el Lago de Chapala hasta Querétaro y al Norte de Michoacán, aparecen gran número de fracturas con orientación E-W (como en el caso del Lago de Chapala, que probablemente forman parte de los lineamientos que se ven formando el graven), hasta ENE-WSW. Esta red de fracturas parece que no ha tenido un importante papel en la subida de los magmas y explica así la tremenda actividad volcánica cuaterna de la zona de Michoacán, ya que los aparatos volcánicos se encuentran -- alineados en estas direcciones.

Uno de los lineamientos de mayor longitud apreciado en las imágenes, se localiza en el límite Norte de la Sierra Madre del Sur, atraviesa la parte baja del vaso de la Presa Infiernillo, con una orientación SE y continúa hacia el NW. Al llegar a los límites del Río Tepalcatepec cambia hacia el Oeste, prolongándose por decenas de kilómetros.

En la porción Suroeste del estado, se pueden agrupar los lineamientos observados en dos grupos, los que se presentan en mayor cantidad tienen una orientación NE-SW y paralelos entre sí, cuyas dimensiones son variables. El otro grupo, de dimensiones también variables, con una orientación NW-SE en ocasiones intersectados por los lineamientos NE-SW, todos éstos corresponden a fracturas y fallas que posiblemente deban su origen, en algunos casos a la solidificación de la roca.

En la porción Suroeste del estado, en donde aflora el intrusivo granítico de Arteaga, se encuentran grandes lineamientos del orden de los 15 kilómetros de longitud, con dirección predominante N-S y paralelos entre sí, continuándose hacia el Norte hasta la cuenca del Río Tepalcatepec. Al Oeste de este intrusivo, la orientación de los lineamientos es NE-SW y su longitud disminuye alcanzando escasamente algunos 5 kilómetros. Además se aprecian algunos lineamientos en la parte Sur del estado, los que se presentan casi paralelos a la línea de costa con longitudes bastante considerables, intersectados por lineamientos pequeños de dirección NE-SW principalmente.

En general podemos decir que no existe un patrón estructural definido, ya que la orientación de los lineamientos es en todas direcciones, sin embargo, podemos definir de acuerdo con su abundancia los lineamientos en tres direcciones principalmente. Las más abundantes son los NE-SW, sobretudo en la parte Norte del estado y que pertenecen al eje neovolcánico. Como segundo grupo podemos presentar los que se encuentran con una dirección NW-SE y en tercer termino los que tienen una dirección E-W que son los de dimensiones mayores, tal y como se observan los situados paralelos a la costa. Estos tres patrones son los que predominan en todo el estado, aunque en diferentes magnitudes, pues como en la parte NW del estado presenta muy escasos lineamientos en comparación con el resto del estado.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo recepcional, pretende ser una demostración de cómo la percepción remota, por medio de las imágenes de Satélite Landsat puede ser una herramienta de gran ayuda para trabajos en que se trata de abarcar áreas de dimensiones regionales.

La iniciación del geocientífico en la percepción remota debe ser una realidad, no importando cual sea su especialidad (minerales, petróleo, etc.). Las técnicas geológicas por percepción remota son aplicadas cada vez con mayor frecuencia, pudiéndose comprobar que los costos efectuados en los proyectos a realizar son disminuidos, al mismo tiempo que los resultados de las investigaciones geológicas sobre el terreno aumentan, ya que es posible observar rasgos que ni aún en las fotografías aéreas se notan.

Por otra parte el geólogo deberá seguir alternando su trabajo de campo con el de gabinete, el hecho de contar con una herramienta para desarrollar más completamente un estudio, no significa que cambie en todo su metodología de trabajo, son tan solo pequeñas modificaciones o ajustes que se requiere para llevar a cabo un estudio rápido, eficiente y más económico, dado el rango de cobertura que tienen estas imágenes.

Hasta ahora el uso más grande de las imágenes Landsat en mapas geológicos reside en la producción de mapas estructurales y tectónicos-estructurales, así como litológicos a escalas regionales, donde se pueden delinear los sistemas de fallas en la corteza, así como su influencia para la detección y exploración de nuestros recursos terrestres, las escalas por conveniencia más usadas hasta la fecha son 1:500,000, 1:1.000,000 y 1:250,000 según el orden respectivo.

Los mapas generados de los datos del satélite Landsat se pueden hacer en menor tiempo que los adquiridos por métodos convencionales. En regiones topográficas accidentadas e inaccesibles aún en países como los Estados Unidos de Norteamérica, Rusia o Canadá, donde los programas para la elaboración de mapas son avanzados, está resultando ser una tecnología ya indispensable.

De los problemas más comunes a vencer con las imágenes Landsat son: Las correcciones a que están sujetas, debido a deformaciones o distorsiones, la nubosidad, el efecto de sombreado (de las nubes y la topografía) y el efecto topográfico de la altura.

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

- ACOSTA DEL CAMPO CARLOS. Apuntes de interpretación de imágenes obtenidas por percepción remota. CONEE. Marzo de 1976. México.
- ACOSTA DEL CAMPO CARLOS. Investigaciones por percepción remota en el sitio de pruebas El Oro-Tlalpujahua, N° 701. Junio de 1970. México.
- ACOSTA DEL CAMPO CARLOS. Estudio geológico de los depósitos metalíferos de Chapatuato y San Carlos, en el Municipio de Tzitzio y Tiquicheo del Edo. de Michoacán. Tesis Profesional. 1944. UNAM.
- ACEITUNO S. M. A. Reconocimiento geológico del área de Arteaga-Playa Azul, Edo. de Michoacán.
- ALVAREZ JR. MANUEL. Geología, Paleogeografía y Tectónica de México. 1969. México.
- BLASQUEZ L. Y LOZANO R. Hidrogeología y Minerales no metálicos de la zona Norte del Estado de Michoacán. An. del Instituto de geología IX. 1946.
- GARZA GONZALEZ VELEZ CARLOS EDUARDO. Metalogenia del distrito minero de Tiamaro, Mich. y sus relaciones con los yacimientos de tipo "Cobre porfídico". Tesis Profesional. 1978. UNAM.
- FLORES T. Geología minera de la Región N.E. del Estado de Michoacán. Boletín del Instituto de Geología N° 52.- 1946.
- FONDO ESPECIAL NACIONES UNIDAS, SECRETARIA DE PATRIMONIO NACIONAL. C.R.N.N.R. Geología regional y prospección minera de la porción Sur del Estado de Michoacán y surponiente del Estado de Guerrero.

- GUTIERREZ E. M. Fisiografía y sedimentología del Delta del --  
Río Balsas, Michoacán. México. Boletín del Intitu-  
to de Geología N° 93. 1971.
- GONZALEZ R. J. Geología y Recursos Minerales de una porción -  
Suroccidental de Michoacán.
- MERIDA CRUZ ANGEI, AMADOR. Yacimientos de fierro de la provin-  
cia de Coalcomán, Estado de Michoacán. Gerencia de  
Exploración del Consejo de Recursos Minerales. Sex-  
to Seminario Interno.
- MAUVOIS R. DEMANT A. y SILVA L. Estructuras terciarias en la-  
base del eje neovolcánico (ejemplo de la depresión  
Tzitzio-Huetamo), Tercer Congreso Latinoamericano  
de Geología. Resúmenes. 1976.
- MIRANDA GASCA M. A. Reconocimiento geológico, geoquímico del-  
área Tzitzio, Ciudad Altamirano, Estados de Michoa-  
cán y Guerrero. Tesis Profesional. 1977.
- PANTOJA ALOR J. Estudio geológico de reconocimiento de la Re-  
gión de Huetamo, Estado de Michoacán. Boletín N° -  
50. C.R.N.N.R.
- RUIZ PINEDA ROMULO. Exploración Geológico-minera, Area El --  
Campamento proyecto Ag. Cuatro Caminos, Municipio-  
de Arteaga, Estado de Michoacán. Gerencia de Explo-  
ración C.R.M.
- SALAS GUILLERMO P. Carta y provincias metalogenéticas de la -  
República Mexicana. Publicación 21 E. C.R.M.
- SALGADO LOPEZ SALVADOR. Exploración geológica y prospección -  
minera del área El Arenoso, Municipio de Tumbisca-  
tío, Estado de Michoacán. Gerencia de Exploración.  
Séptimo Seminario Interno. C.R.M.

VELASCO HERNANDEZ JUAN. Exploración de yacimientos minerales en el Estado de Michoacán, México. Gerencia de Exploración. Sexto Seminario Interno. C.R.M.

VELASCO HERNANDEZ JUAN. Estudio geológico minero, geoquímico y geofísico de Tamiaro en el Municipio de Benito Juárez, Estado de Michoacán. Quinto Seminario Interno sobre exploración Geológico-Minera. México. C.R.M. 1975.

L I S T A D E P L A N O S

PLANO N° 1 .- GEOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA.

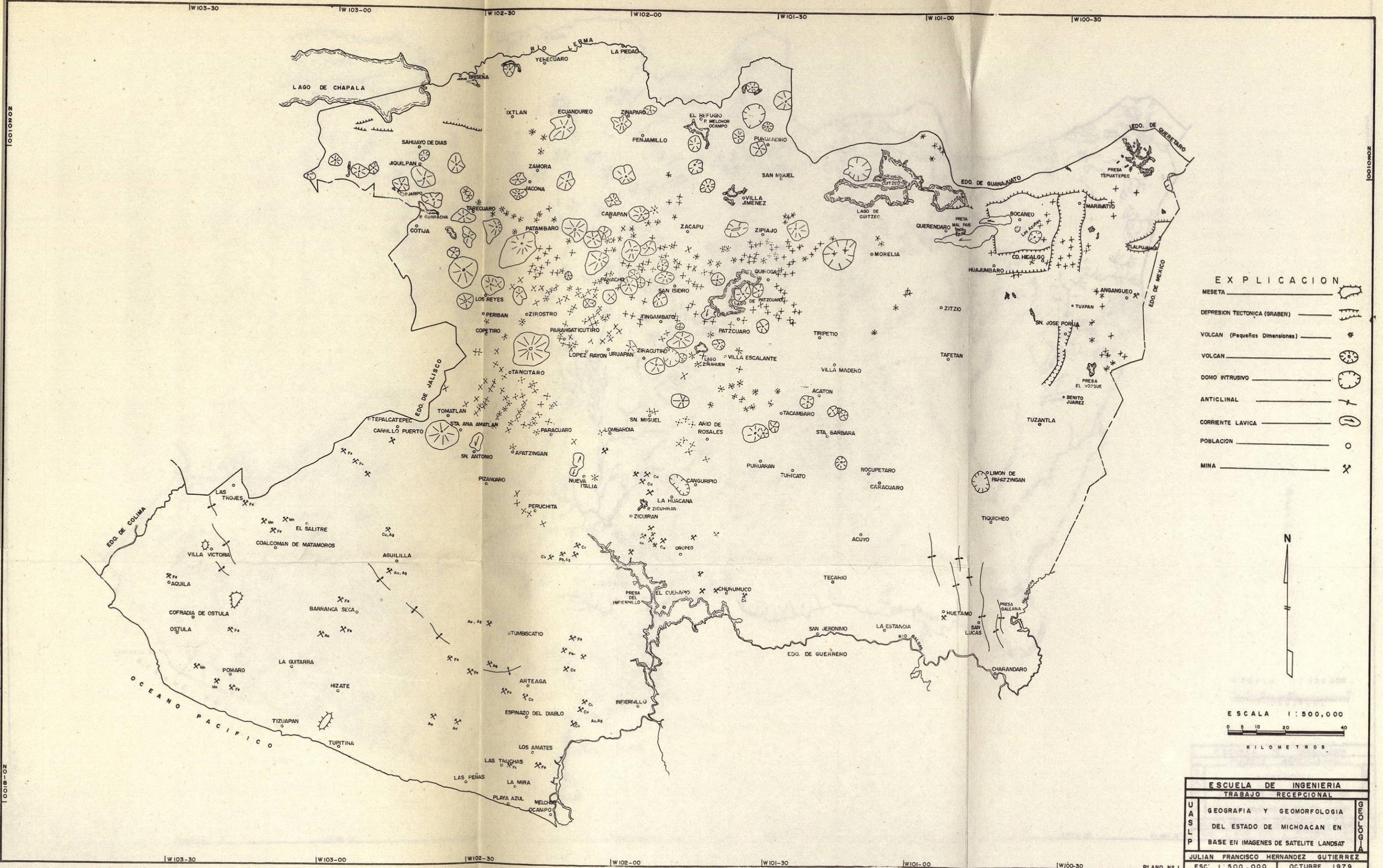
PLANO N° 2 .- HIDROGRAFIA.

PLANO N° 3 .- GEOLOGIA.

PLANO N° 4 .- LINEAMIENTOS Y FALLAS.

## I L U S T R A C I O N E S

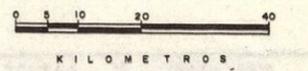
- FIG. N° 1 CONFIGURACION DEL BARREDOR MULTI  
ESPECTRAL (MSS).
- FIG. N° 2 CUBRIMIENTO DE LAS IMAGENES EN -  
EL ESTADO DE MICHOACAN.
- FIG. N° 3 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.
- FIG. N° 4 VIAS DE COMUNICACION.



EXPLICACION

- MESETA
- DEPRESION TECTONICA (GRABEN)
- VOLCAN (Pequeñas Dimensiones)
- VOLCAN
- DOMO INTRUSIVO
- ANTICLINAL
- CORRIENTE LAVICA
- POBLACION
- MINA

ESCALA 1:500,000



ESCUELA DE INGENIERIA	
TRABAJO RECEPTACIONAL	
U A S L P	GEOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA
	DEL ESTADO DE MICHOACAN EN
	BASE EN IMAGENES DE SATELITE LANDSAT
JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ	
PLANO N° 1	ESC: 1:500,000 OCTUBRE 1979

W 103-30 W 103-00 W 102-30 W 102-00 W 101-30 W 101-00 W 100-30

W 103-30 W 103-00 W 102-30 W 102-00 W 101-30 W 101-00 W 100-30



W103-30

W103-00

W102-30

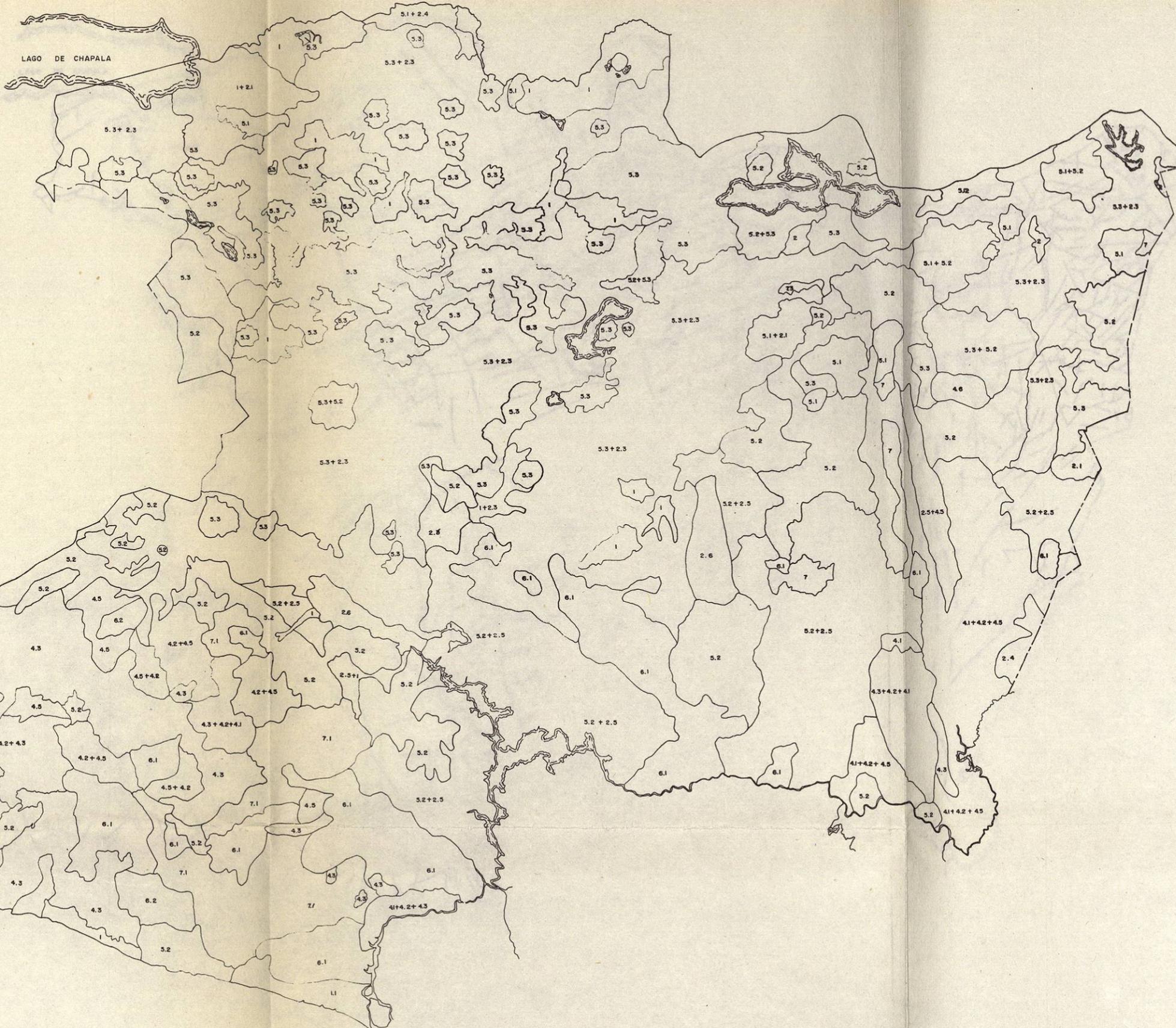
W102-00

W101-30

W101-00

W100-30

W100-00

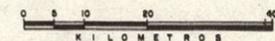


### EXPLICACION

- 1-ALUVIALES    1.1)ELUVIAL    1.2) FANGLOMERADO
- 2-PIROCLASTICOS    2.1)ACIDO    2.2)INTERMEDIO
- 2.3)BASICO    2.4)TOBAS Y BRECHAS RIOLITICAS
- 2.5)TOBAS Y BRECHAS INTERMEDIAS
- 2.6)TOBAS Y BRECHAS BASICAS
- 3-BRECHAS TECTONICAS
- 4-SEDIMENTARIO    4.1)LUTITAS    4.2)ARENISCAS
- 4.3)CALIZAS    4.4)DEPOSITO LACUSTRE
- 4.5)CONGLOMERADO    4.6)BRECHAS
- 5-IGNEO EXTRUSIVO    5.1)ACIDO
- 5.2)INTERMEDIO    5.3)BASICA
- 6-IGNEO INTRUSIVO    6.1)ACIDO
- 6.2)INTERMEDIO    6.3)BASICO
- 7-METAMORFICO    7.1)ALTO GRADO
- 7.2)GRADO INTERMEDIO    7.3)BAJO GRADO



ESCALA 1 : 500,000



ESCUELA DE INGENIERIA	
TRABAJO RECEPTIONAL	
LITOLOGIA	
DEL ESTADO DE MICHOACAN EN	
BASE EN IMAGENES DE SATELITE LANDSAT	
JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ	
ESC: 1:500,000	OCTUBRE 1979

W103-30

W103-00

W102-30

W102-00

W101-30

W101-00

W100-30

PLANO N° 3

IW103-30

IW103-00

IW102-30

IW102-00

IW101-30

IW101-00

IW100-30



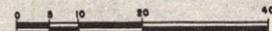
EXPLICACION

FALLA 

LINEAMIENTO 



ESCALA 1 : 500,000



KILOMETROS

ESCUELA DE INGENIERIA	
TRABAJO RECCIONAL	
U A S L P	LINEAMIENTOS Y FALLAS
	DEL ESTADO DE MICHOACAN EN
	BASE EN IMAGENES DE SATELITE LANDSAT
JULIAN FRANCISCO HERNANDEZ GUTIERREZ	
ESC: 1:500,000 OCTUBRE 1979	

PLANO N° 4

IW103-30

IW103-00

IW102-30

IW102-00

IW101-30

IW101-00

IW100-30



FRANCISCO ZARCO NO. 184  
COL. ALAMITOS  
SAN LUIS POTOSÍ, S. L. P.  
TEL. 2-17-33