

15  
2 ej

## RECONOCIMIENTOS

En la elaboración de esta Tesis recibí mucha ayuda intelectual y personal, por lo que deseo agradecer al Dr. José I. Lugo Hubp del Instituto de Geografía de la UNAM, el haber seguido etapa tras etapa hasta su defensa este escrito, y al Mtro. Gilberto Hernández Corzo el haberme prodigado su estímulo y sus amigables consejos durante su composición, así como la crítica del Mtro. José Luis Palacio, quien me advirtió de algunas inconsistencias del trabajo.

Recae sobre mí, sin embargo, entera responsabilidad por él.

LUZ MARIA LUNA  
LAGUNES

No olvido a todos aquéllos que han participado directa o indirectamente en una forma u otra. A ustedes también mi agradecimiento.



FACULTAD DE LETRAS Y FILOSOFÍA  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

A la memoria de mis Padres y de Carlitos Antonio

Su entereza significará en mi vida constante recuerdo  
y eterno agradecimiento

A mis hermanos

Con gran afecto

**RIBLIOTECA CENTRAL**

# C O N T E N I D O

INTRODUCCION	1
. Metodología	2
. Objetivos	3
. Antecedentes	4
. Justificación de la delimitación del área de estudio	6
 MARCO GEOGRAFICO	 8
. Localización geográfica y geopolítica	8
. Características Generales:	
Climas	10
Hidrografía	15
Suelos	17
Vegetación	21
 MARCO GEOLOGICO GENERAL	 23
. Tectónica Regional	23
. Estratigrafía	28
. Descripción de los rasgos Geológicos y Fisiográficos de la zona en estudio	32
 GEOMORFOLOGIA GENERAL	 41
. Morfometría	41
. Geomorfología General	47

. Zonificación Geológico-geomorfológica	62
FORMAS KARSTICAS	65
. Karst Superficial	65
. Karst Subterráneo	71
. Factores que han influido en el desarrollo del karst	78
APLICACIONES	84
CONCLUSIONES	88
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	91
CARTOGRAFIA CONSULTADA	93

## I N T R O D U C C I O N

El estudio que se presenta es parte de un programa de investigación que se lleva a cabo en el Instituto de Geografía de la UNAM, sobre geomorfología volcánica y kárstica de México. Para su realización se cuenta con la asesoría del Dr. José Iugo Hubp y del técnico académico Carlos Lazcano S., quien dirigió el trabajo de campo y asesoró a la autora en todo lo que se refiere a la geomorfología kárstica.

Un elemento de trabajo es dar a conocer un panorama general de la zona, a la vez que se busca aportar información útil para distintos especialistas.

Inicialmente se hace mención de los aspectos geográficos, tectónico regionales, estratigráficos, geológicos y fisiográficos. En el aspecto geomorfológico se hace un estudio sobre las condiciones actuales en este terreno, incluyendo un análisis general sobre disección del relieve. Asimismo, para la zona del karst, se hace referencia a los factores que han influido en su desarrollo y características sobre estas formas.

Aparte de las cartas geomorfológica y de densidad de la disección del relieve que se incluyen, se presentan a manera de valiosa información, 2 planos de cavernas y uno de localización de ellas, y como un complemento al estudio 10 mapas adicionales, siendo estos el de localización geográfica y política, de localización geológica y regional, geológico, altimétrico, climas, isothermas, isoyetas, hidrográfico, suelos y vegetación.

#### Metodología.

Para la elaboración de este estudio se han aplicado algunos métodos de la geomorfología moderna, lo mismo que de la espeleología, lo que incluye la topografía subterránea.

Como resultados principales se tiene una carta geomorfológica preliminar y otra geomorfométrica, así como 2 planos de cavernas y uno de localización de éstas en la zona kárstica.

La información geomorfológica que se presenta es original. Se ha obtenido a partir de la interpretación de mapas topográficos y geológicos en escala 1:50 000, así como

de un laborioso trabajo en el campo, lo que ha incluido la exploración de varias cavernas.

### Objetivos.

Este trabajo pretende un bosquejo geomorfológico de una pequeña porción del territorio nacional en los límites de los estados de Colima y Jalisco, y hace especial énfasis en las formas kársticas, características del paisaje de una gran parte de esta zona, detectando los efectos de los procesos endógenos y exógenos en toda el área, su influencia en las distintas geoformas y condiciones litológicas del relieve.

Por otro lado, se da un enfoque de los procesos geomorfológicos erosivos (su cuantificación y ubicación), mediante parámetros morfométricos de densidad de la disección, información que puede ser utilizada para diversos objetivos como programas de reforestación o detección de problemáticas a mayor detalle.

La mayor importancia de este tipo de estudios radica en la relación estrecha que tienen con las aguas subterráneas,

pretendiendo con ello la posible explotación de algunas cavernas con fines ya sea de abastecimiento de agua, turísticos u otros.

#### Antecedentes.

Es muy poco lo que se ha publicado en México sobre su relieve, no desde un punto de vista puramente descriptivo, lo que encontramos en los diversos manuales sobre geografía de México sino geomorfológicos, siendo la fuente principal de estos el Instituto de Geografía de la UNAM.

Cabe mencionar que la geomorfología es la ciencia que se ocupa del estudio del relieve de la Tierra para lo cual posee métodos propios y además se apoya en otros, geográficos y geológicos principalmente.

La zona en estudio se caracteriza por su cambiante topografía, su variedad de climas, su diversa vegetación, su riqueza forestal y minera, lo que ha inducido a los estudiosos a una investigación de la misma, lo cual lo vemos en los varios trabajos que se han elaborado, estando entre ellos los de Glennie (1920), Reserva Geológica del Estado de Jalisco (1937),

Ortiz, Gabriel (1944), Rodríguez, Valentín (1960), Solís, Jorge (1961), Constantino, Sergio (1966), Arciniega, Antonio (1975), Síntesis Geográfica de Colima y de Jalisco (1981) y Lazcano (1983).

Es de saberse que el estado de Colima tiene actualmente una importancia relevante y se le ha dado una mayor atención en los últimos años, por ejemplo, el Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior (PRONACIFE), considera al estado de Colima como centro matriz para la desconcentración industrial. Asimismo, el Plan Nacional de Desarrollo (1983), pretende fomentar una creciente integración entre las distintas subregiones de la franja costera desde Nayarit hasta Oaxaca en que se promoverá la integración de circuitos turísticos entre los centros de la costa, además de que se pretende intensificar la explotación de recursos mineros, aprovechando la facilidad de comunicación por cabotaje, tomando como municipios prioritarios Villa de Alvarez y Comala en Colima, así como Autlán y Venustiano Carranza en Jalisco, (en su capítulo de Reservas Territoriales).

Por otro lado el Plan Colima en el Capítulo de Aprovechamientos Hidráulicos tiene como propósito el aprovecha

miento racional de los recursos en materia de aguas superficiales y subterráneas, mediante el manejo adecuado de las cuencas hidrológicas tanto para usos agropecuarios como de industrias rurales. Dentro de este mismo Plan, en el capítulo de Energéticos y Minería, algunos de sus propósitos son el de elaborar programas de exploración de minerales siderúrgicos para impulsar el proceso primario en la explotación del mineral ferroso y de otros minerales; así como realizar estudios de prospección para cuantificar los recursos mineros existentes en la entidad e incrementar su explotación y diversificación.

Está claro que la intensificación de las actividades económicas a través del desarrollo industrial, turístico, hidráulico, minero, de una zona del país, exige el conocimiento íntegro de la misma, empezando por la geografía.

Justificación de la delimitación del área de estudio.

En la selección de esta zona se han aplicado algunos criterios que se pueden categorizar en tres tipos:

a) Operatividad.- se ha considerado la extensión superficial del área de estudio y su relativa cercanía geográfica respecto de la zona de las formas kársticas (área que inicialmente fue la que despertó el interés en este estudio, dada a

conocer por el técnico académico Carlos Lazcano), así como la posibilidad de acceso.

b) Metodológicos.- la necesidad de que exista suficiente información sobre el área.

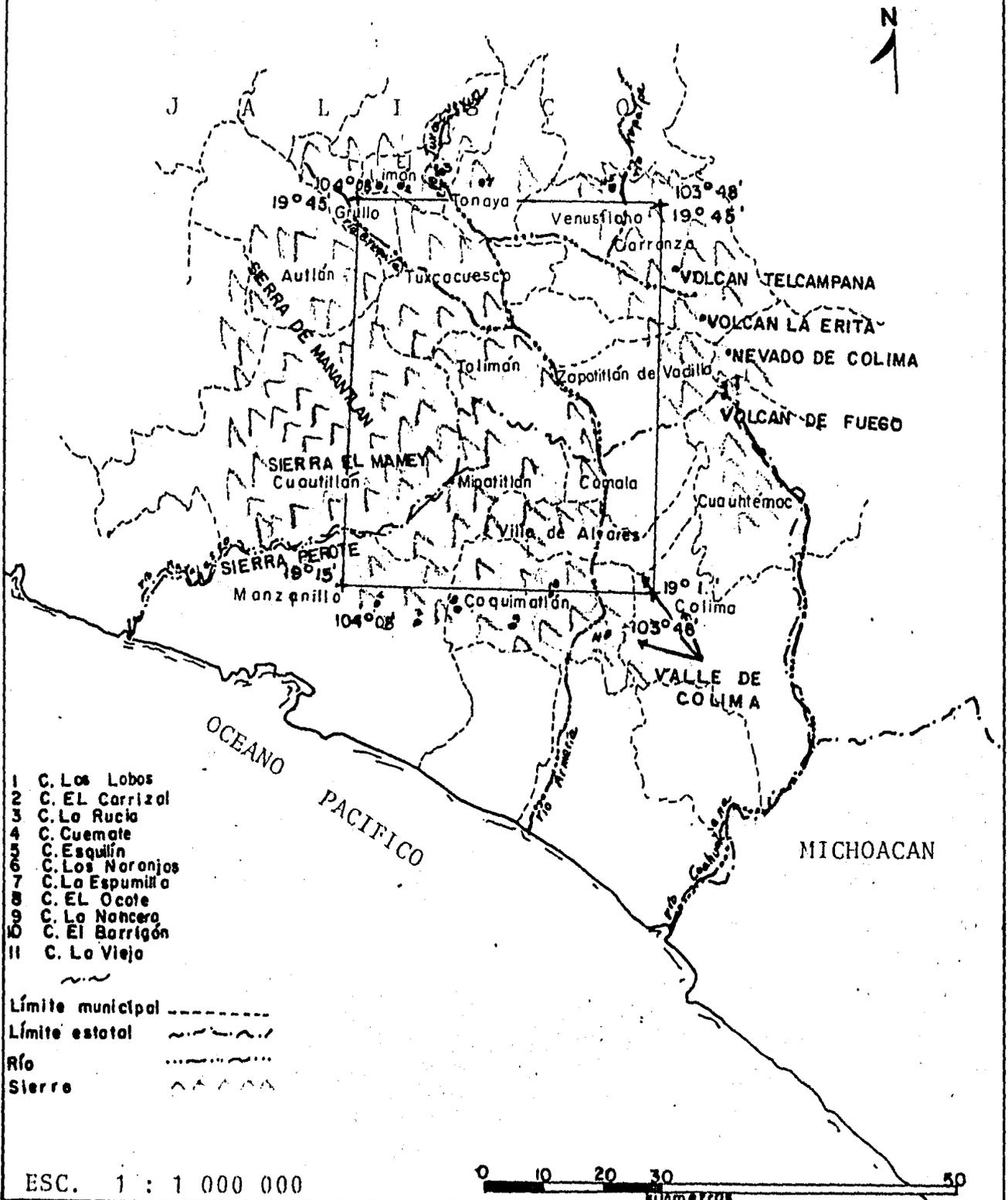
c) Contenido.- diversidad en cuanto a condiciones climáticas, fisiográficas y edáficas, entre otras, que condicionan sus recursos y su expresión.

## Localización geográfica y geopolítica.

La zona que se ha planteado estudiar queda comprendida dentro de las provincias fisiográficas del Sistema Volcánico Transversal y Sierra Madre del Sur; específicamente dentro de las subprovincias de la Sierra de la Costa de Jalisco y Colima y parte de las Sierras de Jalisco y Volcanes de Colima (SPP).

Su localización geográfica está definida por los paralelos  $19^{\circ}15'$  y  $19^{\circ}45'$  de latitud norte y los meridianos  $103^{\circ}48'$  y  $104^{\circ}08'$  de longitud oeste. Abarca una superficie aproximada de  $1\ 400\text{ km}^2$ . Tiene como fronteras físicas al norte con los Cerros Los Lobos, El Carrizal, La Rucia, Cuemate y Esquilin, entre los ríos Ayuquila y Tapaipa; al sur colinda con los Cerros Los Naranjos, La Espumilla, El Ocote, La Nancera, El Barrigón y La Vieja, así como parte del Valle de Colima; al este limita con las estribaciones de los volcanes de Telcampana, La Erita, los de Colima y también parte del Valle de Colima. Al oeste limita prácticamente con las Sierras de Manantlán, El Mamey y Perote (Fig. 1).

# LOCALIZACION GEOGRAFICA Y POLITICA



- 1 C. Los Lobos
- 2 C. EL Carrizal
- 3 C. Lo Rucio
- 4 C. Cuemate
- 5 C. Esquilín
- 6 C. Los Naranjos
- 7 C. La Espumilla
- 8 C. EL Ocote
- 9 C. La Nancera
- 10 C. El Barrigón
- 11 C. Lo Viejo

Límite municipal -----  
 Límite estatal ~~~~~  
 Río .....  
 Sierra ^^^^

ESC. 1 : 1 000 000

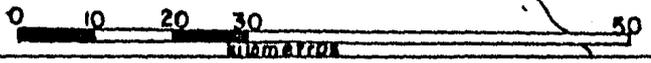


FIG. 1

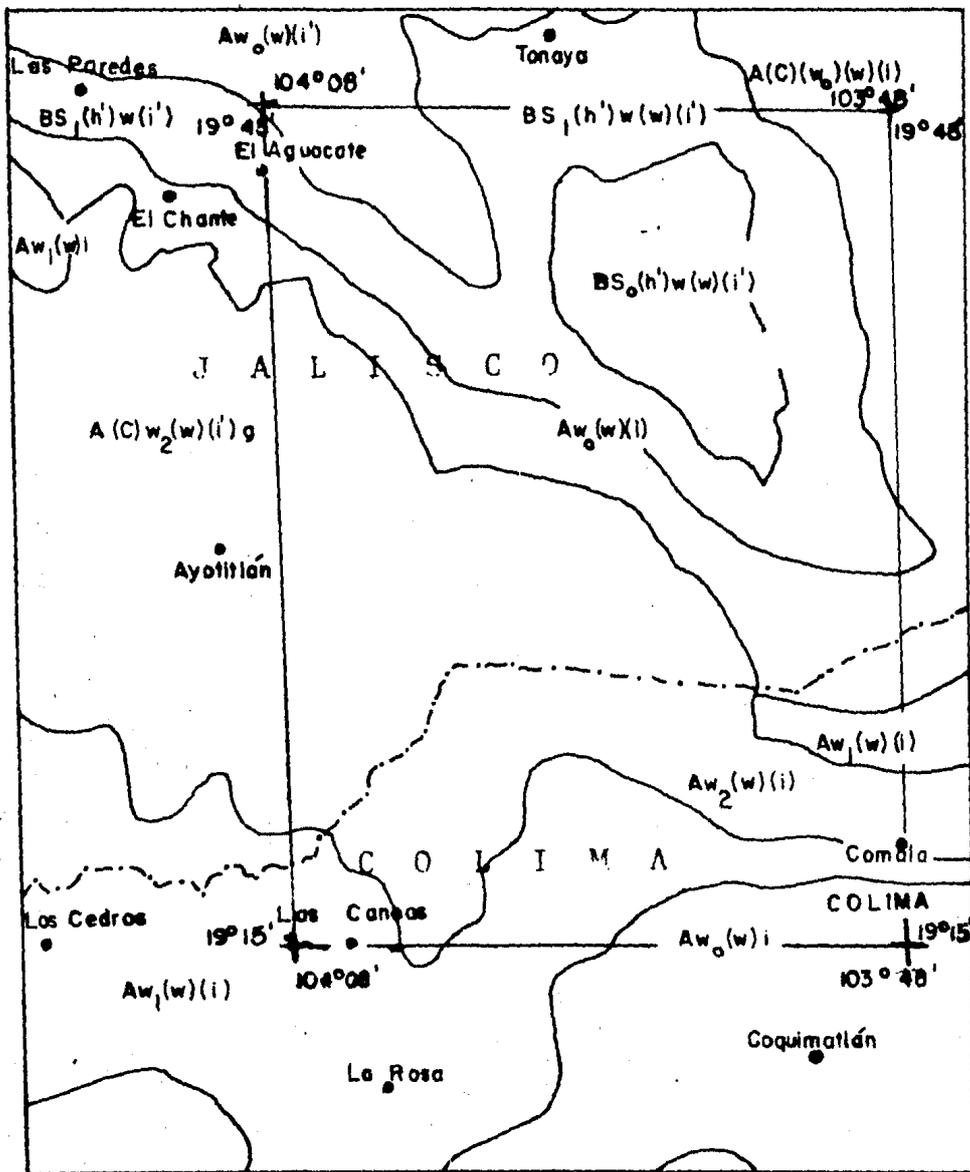
Y políticamente se ubica dentro de los estados de Colima y Jalisco, abarcando casi en su totalidad a los municipios de Minatitlán, Coquimatlán, Villa de Alvarez, Comala y una pequeñísima porción del municipio de Manzanillo en lo que respecta a Colima. En Jalisco comprende parte de los municipios de Cuautitlán, Tolinán, Autlán, El Grullo, El Limón, Tonaya, Tuxcacueco, Venustiano Carranza y Zapotitlán de Vadillo (fig. 1).

### Características Generales.

#### Climas

En el modelado del relieve, influyen en un grado importante las condiciones climáticas, presentándose en la zona una variación de temperaturas medias anuales entre 20 y 26°C, dispuestas en una clara zonalidad. Las temperaturas de 20°C se reconocen de dos zonas, una de la parte montañosa más elevada que rebasa incluso los 2 800 msnm; una segunda zona se reconoce en la porción nororiental del mapa que corresponde a un nivel considerablemente más bajo de aproximadamente 1 500 msnm. En el relieve pertenece a las faldas de los volcanes de Telcampana, La erita y de Colima.

Las temperaturas más elevadas (26°C), se aprecian en las depresiones, menores de 500 m, de esta manera el resto de los valores de temperatura media anual 22° y 24°C se presentan en

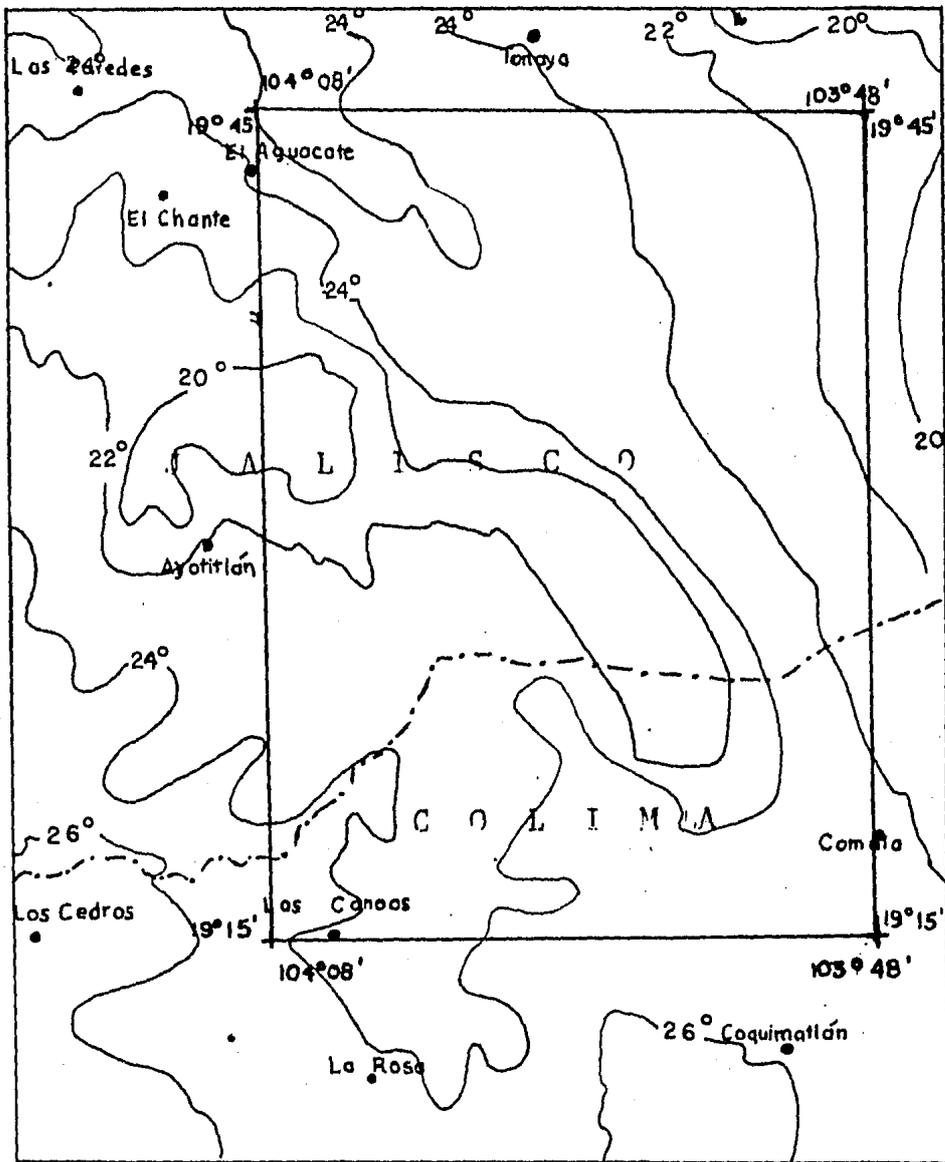


Escala 1 500 000

C L I M A S



FIG. 2



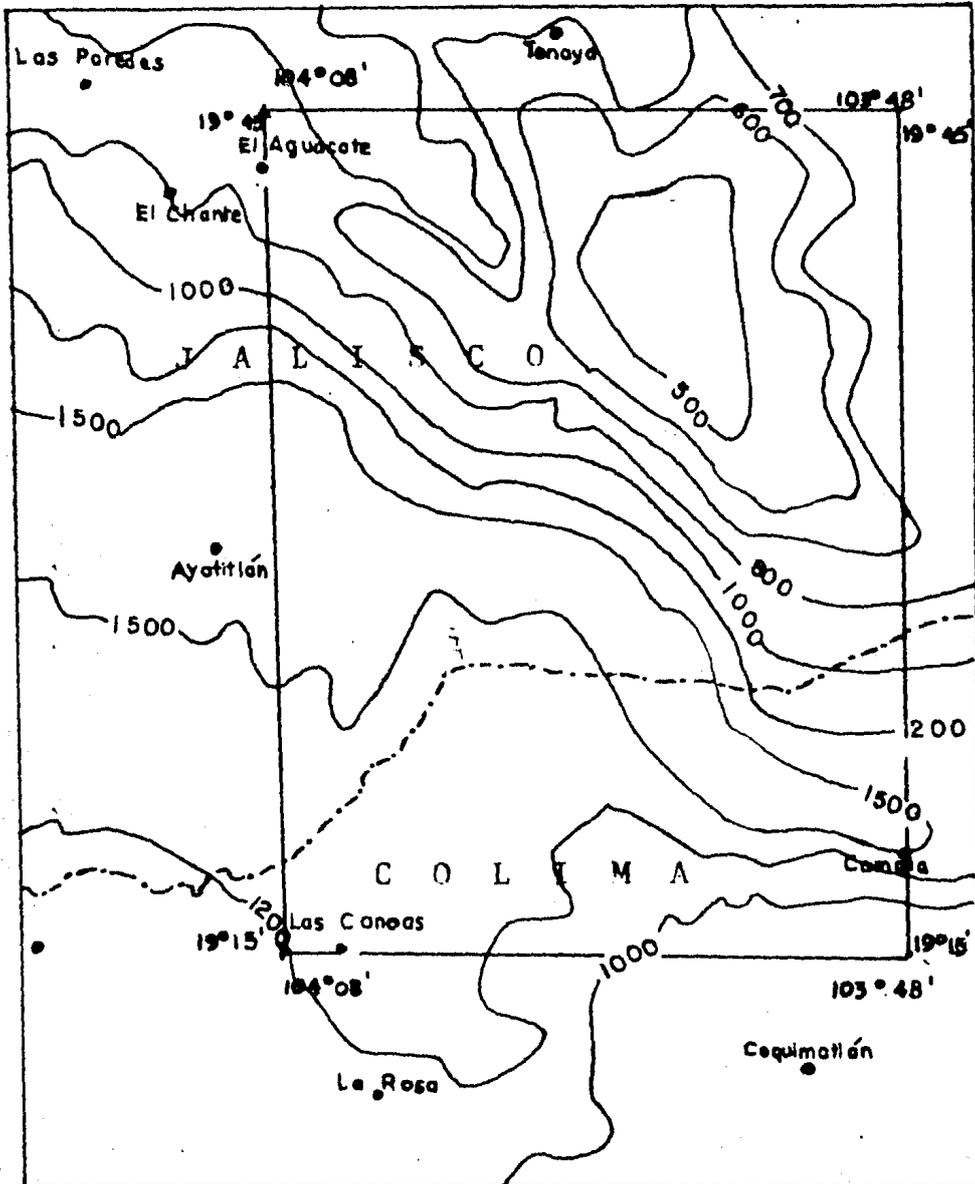
Escala. 1 : 500 000

ISOTERMAS



kilometros

FIG. 3



Escala. 1 : 500 000

ISOYETAS

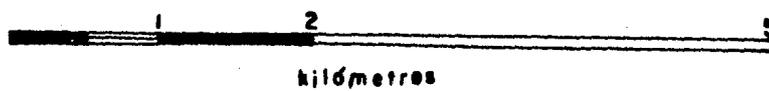


FIG. 4

Las temperaturas más elevadas ( $26^{\circ}\text{C}$ ), se reconocen en las depresiones, menores de 500 m, de esta manera el resto de los valores de temperatura media anual  $22$  y  $24^{\circ}\text{C}$  se presentan en porciones intermedias entre las mencionadas (Fig. 3).

Los tipos de climas dominantes son tropicales y secos, en menor proporción templados, limitados a las mayores altitudes del relieve (Fig. 2).

Las precipitaciones medias anuales se presentan con una gran diversidad y son en general elevadas, el valor mínimo reconocido es de 500 mm anuales y se presenta en la zona intermedia entre las montañas plegadas y las faldas de los grandes volcanes de Colima. Gradualmente aumentan hacia todos lados alcanzando valores de 1 500 mm en la zona de parteaguas en la porción central del mapa en una franja aproximadamente con dirección oeste-sureste. En el relieve corresponde a las montañas más elevadas. Se puede apreciar que la mayor parte de la zona en estudio recibe una p.m.a. superior a los 1 000 mm (Fig. 4).

Estas condiciones climáticas permiten observar que en esta región se presentan las condiciones favorables para un fuerte intemperismo (clima cálido-húmedo) y una inten

sa erosión fluvial, además de que casi no hay indicios de de deflación en esta zona, más aún, en los lugares, en que la precipitación en superficie del carbonato cálcico, el yeso y otras sales transportadas por el agua de saturación, tiende a cementar los cantos y a construir de este modo una protección efectiva contra la deflación posterior.

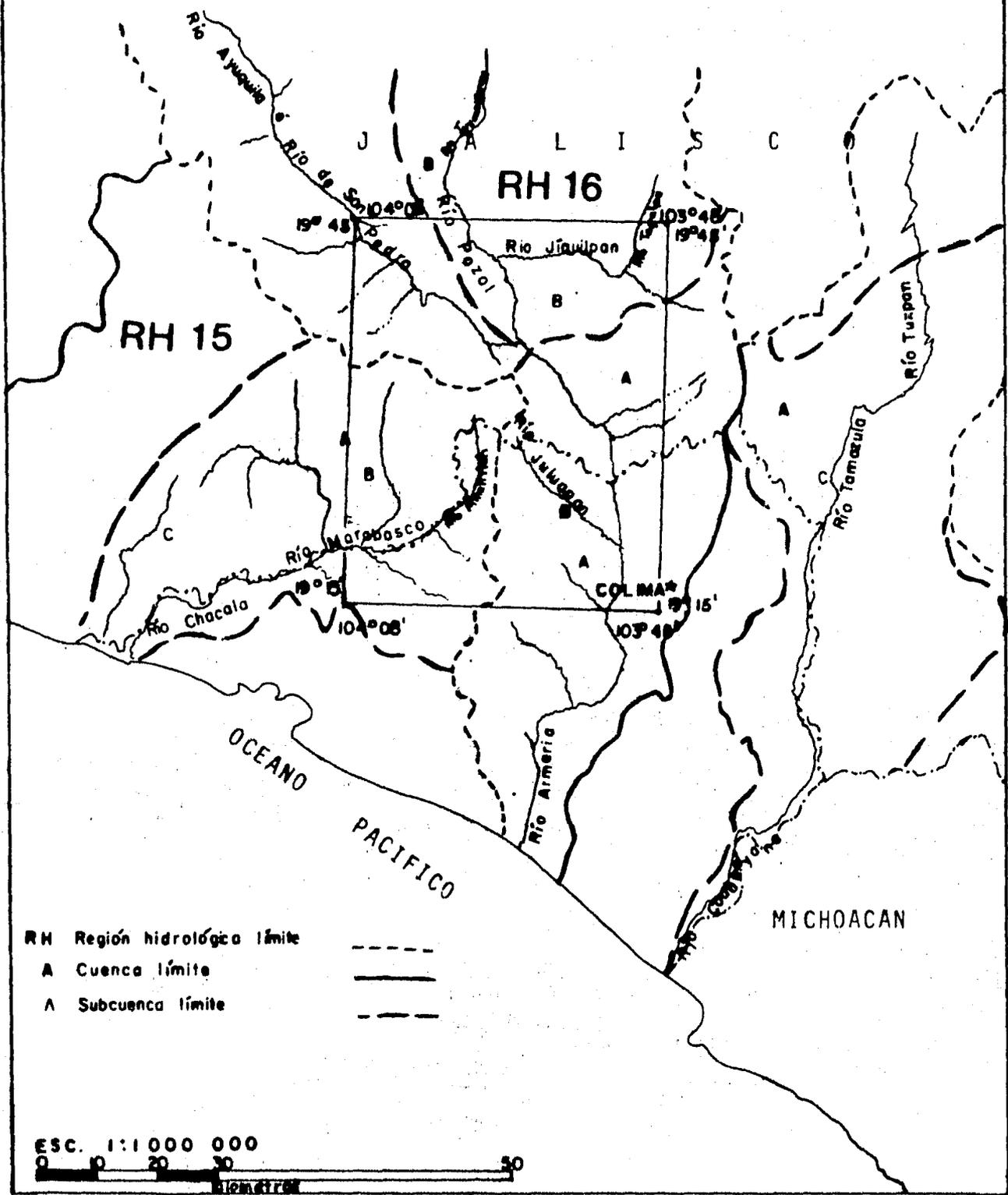
#### Hidrografía.

La zona que comprende este estudio pertenece a dos grandes cuencas fluviales de la vertiente del Pacífico, la primera la del Río Armería, alimentado por varios afluentes como los ríos Jiquilpan y Juluapan. Una divisoria (parteaguas) orientada hacia el norte, cortando transversalmente la Sierra Madre del Sur separa la cuenca del Río Armería de la del Chacala-Marabasco (Fig. 5).

Se trata en ambos casos de corrientes que nacen en las altas montañas, localmente escurren por planicies elevadas y desembocan al océano después de escaso recorrido por planicies costeras.

En la zona kárstica el desagüe es esencialmente subterráneo, en la superficie se manifiesta solamente a través de pequeñas escorrentías que son captadas por las formas kársticas principales de desarrollo vertical.

MAPA HIDROGRAFICO (COL-JAL)



- RH Región hidrológica límite
- A Cuenca límite
- A Subcuenca límite

ESC. 1:1 000 000  
 0 10 20 30 50  
 KILOMETROS

FIG. 5

## Suelos.

Las diferentes topofomas se encuentran asociadas con los suelos de la zona en estudio, presentándose con mayor frecuencia el grupo de los regosoles originados por la intemperización de rocas volcánicas intrusivas de conformación granítica aportando materiales primarios los cuales les dan las características originales a estos suelos (Fig.6).

El grupo de los litosoles se encuentra en menor proporción en casi toda la franja central (norte-sur) resultado de un proceso incipiente de formación con acarreos de materiales.

También se encuentra en la zona el grupo de los feozem háplicos en las porciones suroriental y suroccidental en menor grado.

Por último, en reducidas superficies se aprecian otros grupos de suelos tales como los cambisoles, andosoles, vertisoles, fluvisol eútrico, rendzina, gleysoles, planosoles y chernozem háplicos.

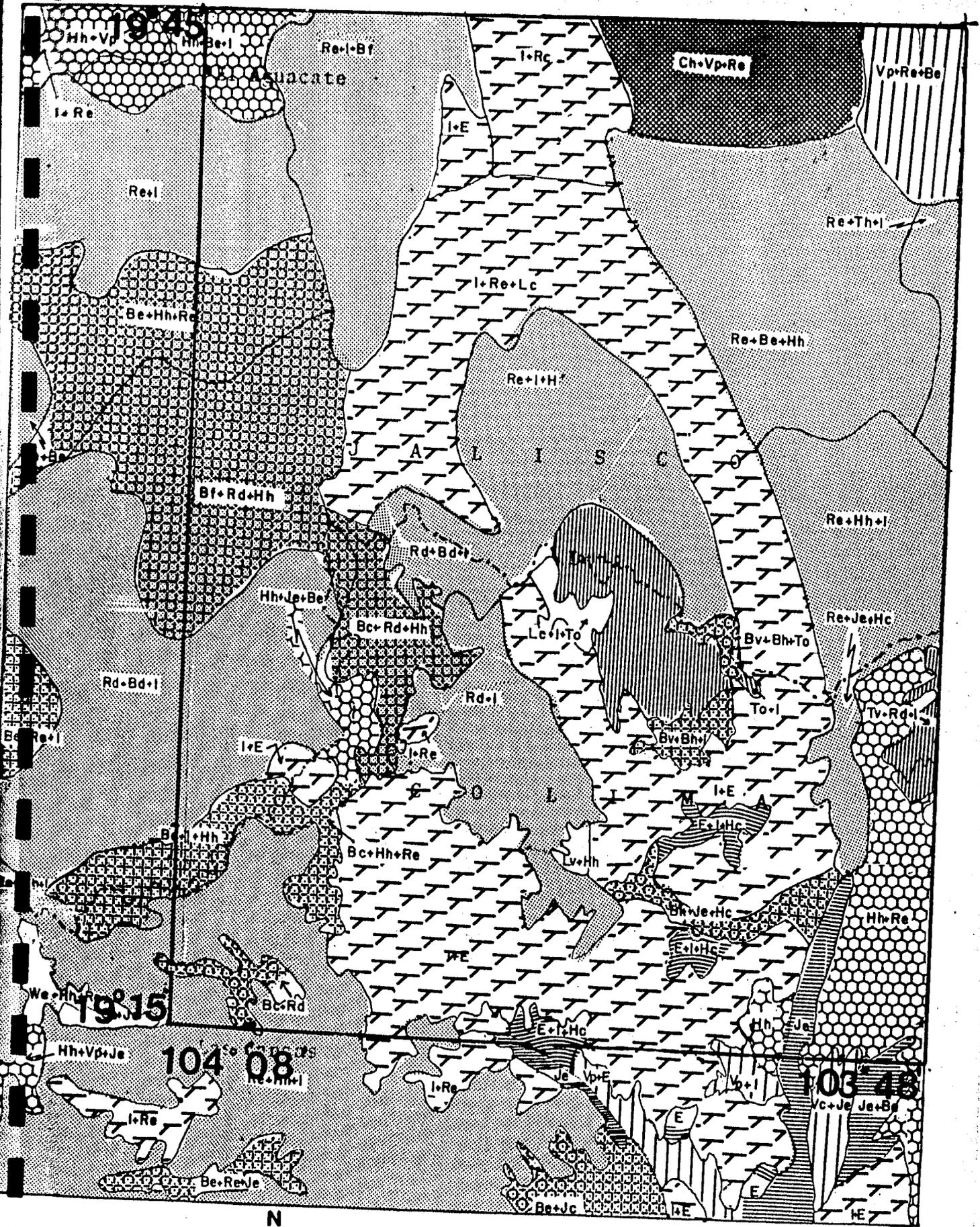


FIG. 6

SUELOS

19° 45'

El Aguacate

BPQ

J A L I S C O

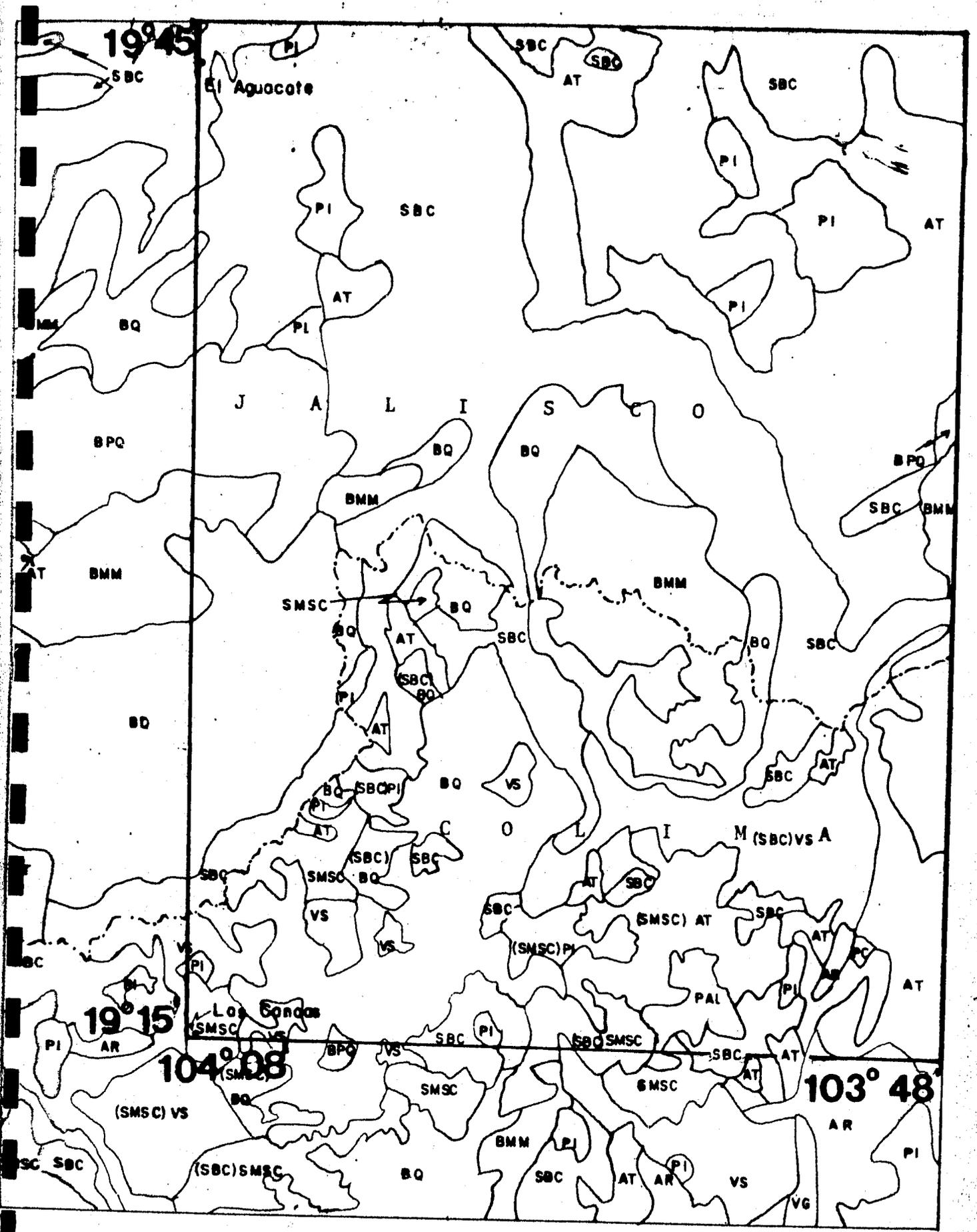
M (SBC) VS A

19° 15'

Los Gatos

104° 08'

103° 48'



# S I M B O L O G Í A

## S U E L O S

Bk	- Cambisol cálcico	
Bv	- Cambisol vértico	
Bc	- Cambisol crómico	
Be	- Cambisol éútrico	
Bf	- Cambisol ferrático	
Re	- Regosol éútrico	
Rd	- Regosol dístrico	
To	- Andosol ócrico	
Tv	- Andosol vítrico	
Vp	- Vertisol pélico	
Vc	- Vertisol crómico	
Hh	- Feozem háplico	
I	- Litosol	
Je	- Fluvisol éútrico	
E	- Rendzina	
Ch	- Chernozem	
We	- Planosol éútrico	
Ge	- Gleysol	
Lc	- Luvisol crómico	

## VEGETACION

BQ	- Bosque de Encino
BPO	- Bosque de Pino-encino
BMM	- Bosque Mesófilo de Montaña
SBC	- Selva Baja Caducifolia
SMSC	- Selva Mediana Subcaducifolia
VS	- Vegetación Secundaria
VG	- Vegetación de Galería
PAL	- Palmar
PI	- Pastizal inducido
AT	- Agricultura de temporal
AR	- Agricultura de riego

NOTA. Estos suelos están asociados de la siguiente manera:

Suelo predominante + suelo secundario + fase salina y/o sódica

Tomado de la Síntesis Geográfica de los estados de Colima y Jalisco  
(1981).

De esto se desprende que la presencia de suelos similares en diferentes medios puede resultar de el débil desarrollo de los mismos sobre sedimentos recientes, los cuales aún no reflejan una marcada influencia del clima sobre su formación.

### Vegetación.

El complejo morfológico y edafológico, aunado a la climatología regional interrelacionado con los factores de altitud y latitud determinan la presencia de tipos particulares de vegetación, siendo la vegetación predominante en la zona de estudio el bosque de encino, pino encino, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia y bosque mesófilo de montaña. La distribución es irregular dentro de la zona, ya que se advierte que la actividad del hombre no ha sido previsoría, puesto que al ampliar la frontera productiva en otras actividades primarias, se encuentran superficies aisladas ya sea con pastizal inducido, agricultura de temporal y de riego. (Fig. 6b)

En las sierras mencionadas impera el bosque de encino, la selva baja caducifolia y en algunas porciones matorral subtropical. En lomeríos y valles se desarrolla la selva mediana subcaducifolia y vegetación secundaria así como de galería y palmar.

El bosque de encino se encuentra distribuido a los 1 300 msnm con especies tales como encino-oyamel-pino y vegetación arbórea complementaria formada por fresno, escalamo y nogal.

La selva baja caducifolia está distribuida alrededor de los 825 msnm, en forma relictica con especies tales como guácima, copal y guajes.

La selva mediana subcaducifolia está distribuida a los 720 msnm, con especies matorraleras tales como huizache, guayaba, granada, etc. (S.P.P.).

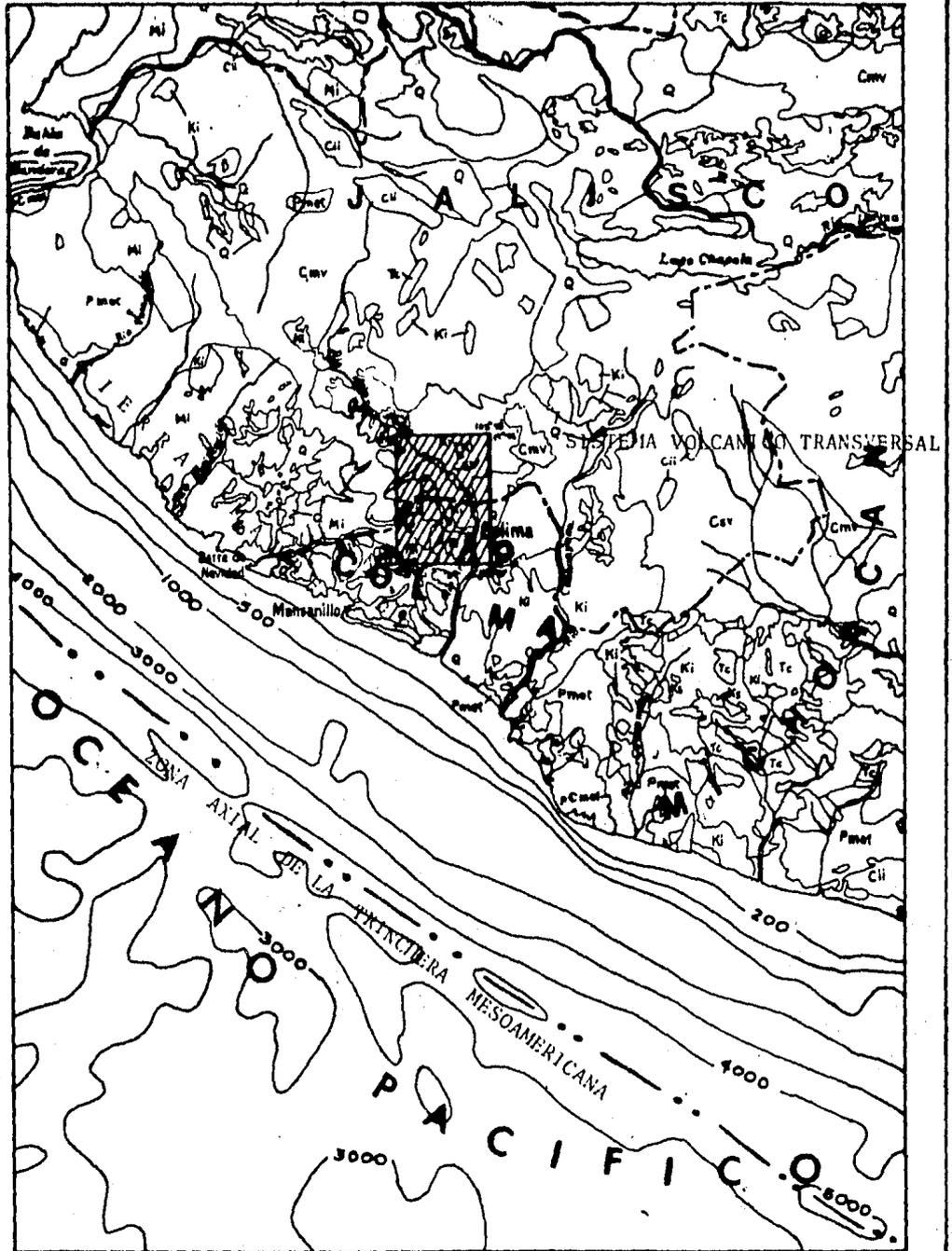
El conocimiento de los recursos físicos permite diagnosticar futuras estrategias de desarrollo, lo que lleva implícito el que se lleve a cabo el análisis sistemático de cada una de las características antes señaladas. Por lo que como un complemento se presentan los mapas correspondientes.

## Tectónica Regional.

La zona que comprende este estudio queda situada entre dos grandes estructuras geológico-geomorfológicas: la Sierra Madre del Sur, limitando territorialmente con el Sistema Volcánico Transversal. Una tercera megaestructura importante de considerar es la trinchera Mesoamericana, fosa oceánica profunda que se extiende frente a las costas de la República Mexicana, desde Cabo Corrientes (Jalisco) hasta Centroamérica (Panamá), (Fig. 7).

Esta zona en estudio se encuentra a unos 50 km de la línea de costa y a partir de ésta se extiende hacia el océano una plataforma continental estrecha de alrededor de 15 km y a unos 80 km en la misma dirección, se localiza la parte más profunda de la trinchera, de 4 000 a 5 000 m. Esta estructura no se considera precisamente profunda; en comparación con otras de los océanos, es somera, ya que lo normal en las trincheras es que presenten profundidades de 7 a 11 km. Es importante tener en cuenta esta estructura porque representa una zona de actividad sísmica en la que se localizan los principales epicentros de la República Mexicana. Además, de acuerdo con las teorías geológicas modernas, es

PLANO GEOLÓGICO, REGIONAL Y DE LOCALIZACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO



Q	..... Cuaternario (Pleistoceno v Reciente)-arenas, conglomerados, pliocenes, glaciales
tc	..... Terciario continental-lobes
Csv	..... Cenozoico superior volcánico-riolitas
Cmv	..... Cenozoico medio volcánico andesitas, basaltos
Cii	..... Intrusivos del cenozoico inferior
Ki	..... Cretácico inferior-calizas
Ks	..... Cretácico superior-lutitas, yesos
J	..... Jurásico
Mi	..... Intrusivas del Mesozoico-granito
Pmet	..... Metamórficas del Paleozoico
PCmet	..... Metamórficas del Precámbrico (Proterozoica)



FIG. 7

éste un límite de placas, activo, que conduce a la formación de montañas en la margen continental.

La Sierra Madre del Sur, íntimamente asociada a la trinchera Mesoamericana, se encuentra en la margen pacífica de la República Mexicana, extendiéndose desde Cabo Corrientes hasta Chiapas; aunque algunos autores diferencian como unidades montañosas independientes las comprendidas en el oriente de Oaxaca y Chiapas.

En esta zona también se inicia la gran estructura que es el Sistema Volcánico Transversal, una faja de grandes planicies escalonadas, aproximadamente entre los paralelos 19 y 20°, desmembradas por cientos de volcanes jóvenes, aislados o agrupados en pequeños conjuntos y en grandes sistemas montañosos.

La zona queda así, situada en una región tectónicamente activa, lo que se manifiesta por la sismicidad, el volcanismo y la dinámica de las tres megaestructuras mencionadas: la Sierra Madre del Sur, la trinchera Mesoamericana y el Sistema Volcánico Transversal.

La Sierra Madre del Sur es una estructura montañosa joven que debe haberse formado a partir del eoceno, época en que tienen lugar los principales movimientos orogénicos en el territorio mexicano. En su estructura, es muy compleja, puesto que está constituida de rocas sedimentarias plegadas, grandes cuerpos intrusivos que forman verdaderas cadenas montañosas y rocas volcánicas, principalmente de tipo intermedio.

El Sistema Volcánico Transversal presenta un relieve en el que los grandes estratovolcanes de más de 4 000 msnm son unos cuantos. Se inician con el Ceboruco en Nayarit y continúa con los grandes volcanes de Fuego y Nevado de Colima cercanos a la margen del Pacífico y terminan con el Citlaltépetl o Pico de Orizaba, hacia el extremo oriental del Sistema, en el estado de Veracruz.

Estos volcanes de Colima, aunque fuera de la zona en estudio, se encuentran muy próximos a ella y tienen una importancia muy especial, sobre todo el de Fuego porque ha estado activo en los últimos años. Esto es un reflejo de la actividad endógena presente en esta región del país. Como información adicional, este volcán es a juicio de Demant

(1978), el más peligroso del Sistema Volcánico Transversal, ya que es un aparato de tipo peleano con un tapón de lava dacítica, por lo que son probables las explosiones de nubes ardientes.

Por correlación con otras partes de la República Mexicana se puede concluir que a fines del cretácico tiene lugar un levantamiento regional, pasando así a un régimen de tierra firme.

De acuerdo con la información existente, el volcanismo está presente desde el mioceno, aunque es posible que desde antes, a partir del oligoceno, y continua activo en el cuaternario; precisamente, el volcán de Fuego de Colima ha tenido erupciones en los últimos 15 años.

Resulta de interés, y en especial en la zona en estudio la asociación de estructuras volcánicas cuaternarias muy jóvenes y las montañas plegadas de rocas cretácicas, que en apariencia se formaron a partir del eoceno, resaltando la conservación de estas montañas que no han sido niveladas ni tampoco cubiertas en su totalidad por la actividad volcánica.

De esto se puede suponer que la actividad endógena en esta zona, relacionada con el volcanismo del Sistema Volcánico Transversal y la presencia de la trinchera Mesoamericana, se refleja también en el desarrollo del relieve de las estructuras plegadas.

#### Estratigrafía.

El Sistema Volcánico Transversal, está compuesto totalmente de lavas y materiales piroclásticos, de aluvión y lacustres, del terciario y cuaternario. Por lo general son rocas que conforman un relieve de mesas, con alternancia de brechas y derrames, inclinadas por efectos de la tectónica pliocuaternaria (López Ramos, 1979).

La columna estratigráfica en esta región de la Sierra Madre del Sur está constituida por rocas volcánicas andesíticas interestratificadas con capas rojas de limonita, conglomerado volcánico y capas de caliza subarrecifal existiendo además, en la porción septentrional de la Sierra, afloramientos de secuencias sedimentarias de calizas de plataforma con fauna del albiano y secuencias de terrígenos pelítico-arenosos, siendo esta una unidad profundamente disecada

de rocas plegadas, afalladas y separadas por intrusiones que datan del precámbrico, paleozoico, mesozoico y aún del terciario (Geología de la República Mexicana, S.P.P. 1980).

En los estados de Jalisco y Colima la columna estratigráfica se reconoce más o menos con precisión a partir del jurásico superior y hasta el cretácico superior (turoniano) en que se alternan diversas capas de rocas sedimentarias con intercalaciones de intrusiones (esto es: anhidritas-calizas-ige-calizas-lutitas-ige-formación Morelos-calizas oscuras). Para el terciario, en los periodos paleoceno, eoceno y oligoceno (paleógeno) no se tienen registradas capas de rocas; solamente para el mioceno, plioceno y cuaternario se han registrado depósitos volcánicos (tobas y brechas), lacustres y aluviales (López Ramos, 1980)..

Petróleos Mexicanos (1975) fue de los primeros en estudiar la estratigrafía de estos 2 estados, siendo 6 unidades litoestratigráficas las que se observaron en la zona sedimentaria de este estudio, unas con nombres formales y otras con informales. La más antigua es la formación Madrid, que data del Albiano medio superior. Encima se aprecia (en aparente concordancia) la formación Morelos, a la que se le en-

cuentra cubierta en discordancia erosionada en la mayor parte del área, por los sedimentos continentales del grupo Balsas del eoceno tardío- Oligoceno temprano y por derrames lávicos del oligoceno y por los depósitos aluviales de la formación Colima. Más sin embargo, es la formación Morelos la que constituye la unidad calcárea que cuenta con los más extensos afloramientos en la región, formada por capas gruesas de caliza y dolomita en una secuencia que llega a alcanzar hasta 900 m de espesor. Sus características litológicas (calizas grises a veces masivas (arrecifales), yesos, bancos fosilíferos, mudstone, wackestone, etc) y la fauna (conchas, gasterópodos, gradaciones de gusanos rellenos de dolomitas), revelan que esta unidad se formó por el depósito de sedimentos calcáreos en un mar de aguas someras durante el intervalo albiano-cenomaniano. En la postimetría del cenomaniano ocurrió una emersión del área con el emplazamiento de varios troncos graníticos y con la erosión diferencial de la formación Morelos. La formación Madrid aflora al suroeste y poniente de Coquimatlán, al poniente de Juluapan y en pequeños lomeríos de las cercanías de la Cd. de Colima cambian a una facies de yesos, ya que esta formación está constituida por mudstone arcilloso y lutitas ligeramente carbonosas.

Respecto a las rocas ígneas intrusivas, según se aprecia en el mapa geológico, lo afectó en gran escala a partir del cretácico y aparecen casi todas las familias del clán ácido, desde granitos, granodioritas, dioritas, dacitas, cuarzo.

Al norte, oriente y poniente afloran derrames lávicos de probable edad oligoceno tardío cubriendo las formaciones anteriores. Lo mismo ocurre con los depósitos aluviales de la formación Colima de edad probable Plio-pleistoceno que tiene su mayor exposición en el valle de Colima. En los alrededores del volcán de Colima y Nevado aparecen nuevas intrusiones ígneas de época reciente, principalmente basaltos, existiendo intrusiones ígneas de tipo hipabisal (pórpidos andesíticos), (Arciniega 1975).

Un dato interesante es la presencia de andesitas cretácicas intercaladas en la secuencia marina, que sugieren depósitos de eugeosinclinal (López Ramos 1979).

Todo lo anterior permite inferir el desarrollo de esta región en un régimen marino durante el jurásico tardío y hasta los inicios del cretácico tardío, con fuertes procesos acumulativos y la presencia de un magmatismo intrusivo.

## Descripción de los rasgos Geológicos y Fisiográficos de la zona en estudio.

El relieve de la zona es en su mayor parte montañoso, con fuertes contrastes, que se manifiestan por elevaciones de más de 2 500 y 2 800 m en el centro de la zona y depresiones de planicies inclinadas, menores de 500 m de altura en las márgenes suroriental y suroccidental (Fig. 8a).

Las montañas son de distintos orígenes y se encuentran tanto en estructuras plegadas de rocas sedimentarias (calizas, lutitas, areniscas, conglomerados y yesos), como intrusivos graníticos y elevaciones volcánicas de rocas básicas (basalto), ácidas (riolitas) o intermedias (andesitas). Todos estos en una relación compleja (Fig. 8b).

Las elevaciones montañosas que corresponden a las estructuras plegadas, constituidas por calizas, se reconocen como cadenas orientadas al noroccidente. Su expresión en el mapa no es total, ya que se encuentran parcialmente cubiertas por rocas volcánicas más jóvenes y afectadas también por las intrusiones graníticas.

MAPA ALTIMETRICO

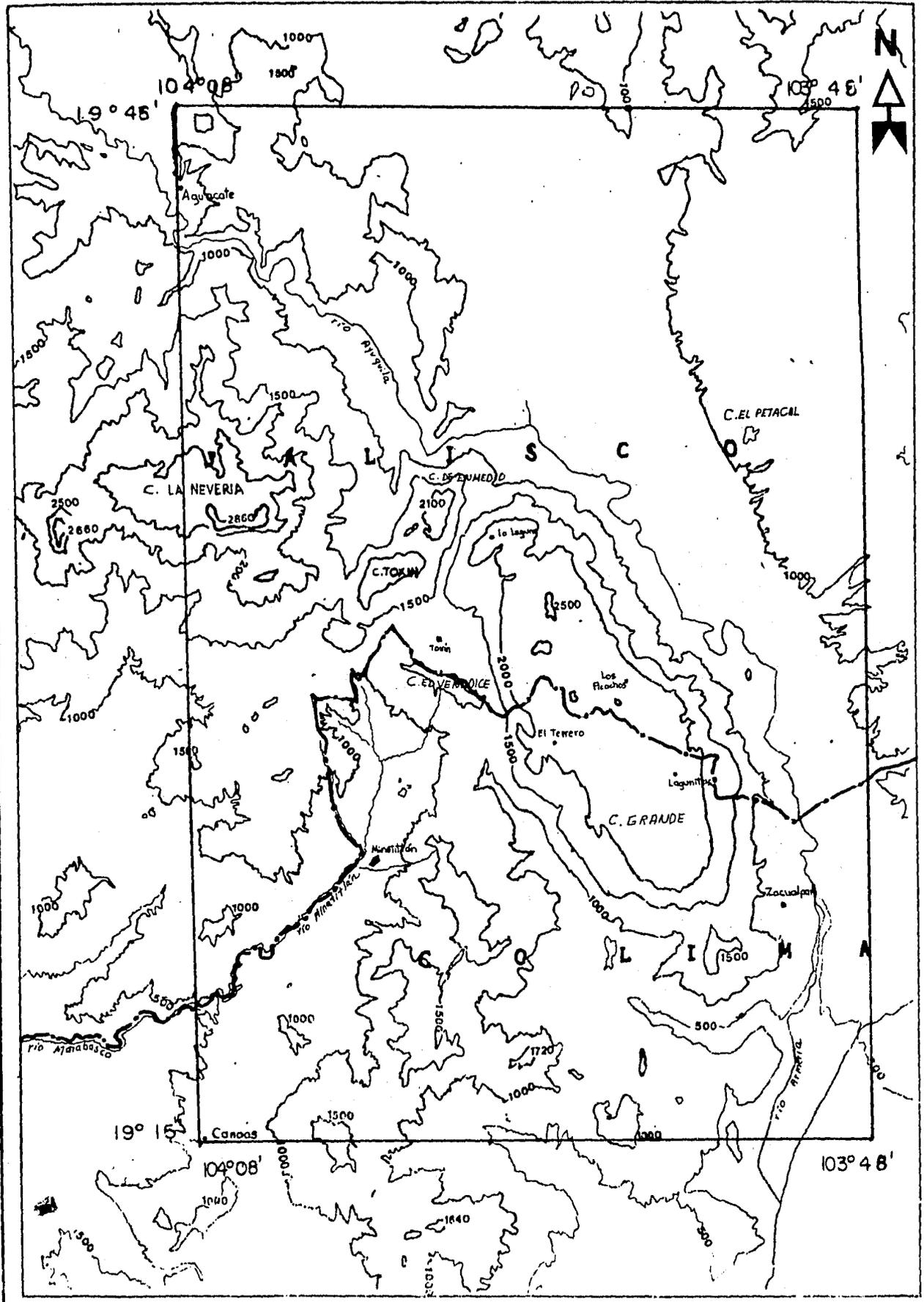


Fig. 8a

P L A N O G E O L O G I C O

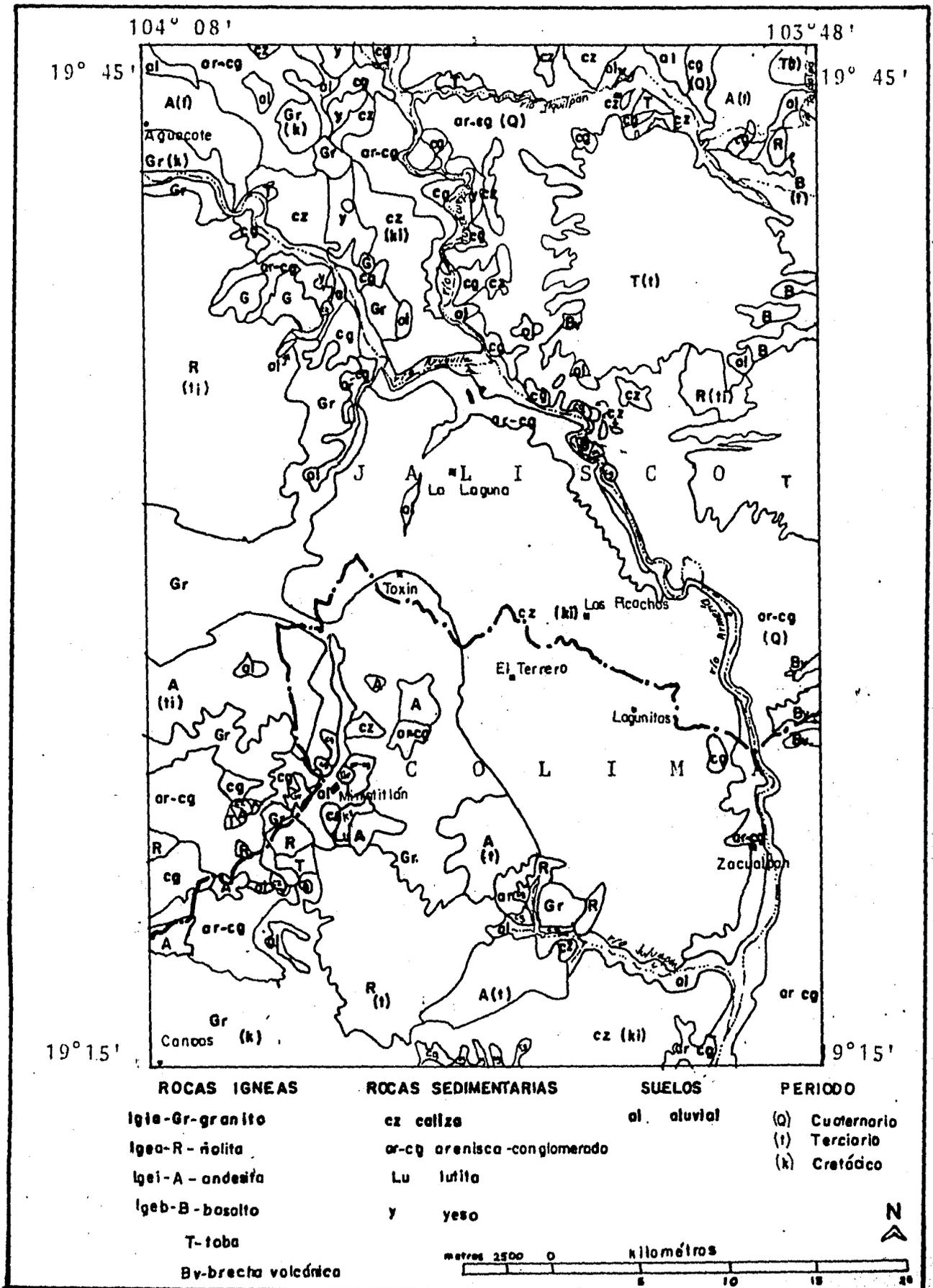


FIG. 8b

El cuerpo principal de calizas es una estructura de forma más o menos ovalada, delimitada en su margen oriental por el río Armería y en el occidente en contacto con las rocas volcánicas intrusivas. En su parte superior, por encima de los 2 100 m, tiene el aspecto de una gran mesa, actualmente con una superficie irregular desmembrada por elevaciones locales y depresiones de origen kárstico. Tiene una longitud en su eje mayor, aproximada de 18 km por unos 5 km en sección transversal. El límite inferior de la estructura es hasta de 500 m hacia el extremo sur y 1 000 m hacia el extremo norte.

Esta superficie superior está rodeada por laderas empinadas, en partes cortadas por valles profundos y amplios, sobre todo en la ladera oriental. En la occidental, la pendiente es fuerte pero la disección fluvial es considerablemente menor. Las longitudes de estas laderas empinadas son de 1.5 a 3 km, con desniveles muy fuertes de 1 000 - 1 500 msnm. Su parte superior es un escarpe que representa el límite actual de la erosión regresiva. Este es un límite claro entre la superficie de cima y las laderas que la limitan.

En distintas porciones del mapa aparecen pequeños aflo-

ramientos de calizas y también de lutitas, que son los residuos de esta gran estructura, que gradualmente ha sido cubierta por la actividad volcánica y/o las intrusiones.

Las elevaciones montañosas constituidas por rocas intrusivas no presentan en el relieve formas estructurales de finidas (domos, lacolitos, etc.). Se presentan como franjas irregulares, parcialmente cubiertas por rocas volcánicas posteriores. Están ampliamente extendidas en la margen occidental del mapa. Se caracterizan por laderas de fuerte pendiente: mayores de  $12^{\circ}$ . con un gran desarrollo de la red y la erosión fluviales. Son considerablemente más bajas que las montañas plegadas, con alturas promedio entre 2 000 y 1 500 msnm.

Hacia el centro del mapa, los afloramientos de rocas intrusivas forman una montaña (el cerro El Venadice) de 1 700 m de altura, cortado por una red radial de talwegs.

Hacia el noroccidente del mapa, las rocas intrusivas forman una franja en forma de medio círculo, alrededor de una elevación montañosa en la que representan la ladera inferior. La superior consiste en rocas volcánicas ácidas.

Es lo que se conoce como Cerro de la Nevería, con una altitud máxima de 2 860 metros.

Las rocas volcánicas forman parte del mismo sistema de montañas que las rocas intrusivas. También se aprecian, a manera de franjas irregulares, con pendientes fuertes y generalmente por encima de los 1 000 msnm. Están cortadas también por densas redes fluviales.

En el Cerro Grande, la cima es de una mesa extendida al noroccidente de aproximadamente 4 km de amplitud, por un máximo de 12 km de longitud a una altitud de 2 500 a 2 600 msnm.

Otras elevaciones montañosas menores se reconocen en el nororiente: el Cerro El Petacal, de 1 500 msnm.

Otras porciones del relieve montañoso están constituidas por materiales no consolidados: conglomerados y tobas, encontrándose éstos cubriendo a las rocas ígneas e intrusivas en el extremo nororiental de la zona, alcanzando en algunos puntos 1 000 msnm; son de laderas empinadas y están

cortadas por redes densas de barrancos profundos. Los límites de las montañas se reconocen al oriente de las mismas y consisten en mantos acumulativos estrechos de 1 a 2 km, de poca pendiente, en partes, cortados por barrancos y en sí están constituidos de conglomerados depositados por las corrientes fluviales que cortan las laderas de la estructura plegada.

El límite inferior de estos mantos de acumulación está ocupado por el río Armería que bordea a la estructura mencionada y escurre hacia el sur. Este forma en partes, una planicie aluvial estrecha que hacia el sur se amplía hasta 1 km y en su porción norte, donde desembocan los afluentes principales (Ayuquila y Tuxcacuexco) y donde confluyen estos dos, se forma una amplia llanura de inundación.

Hacia el oriente del río Armería se presenta una ladera de inclinación suave, menor de  $6^\circ$ , por la que escurren una gran cantidad de arroyos que lo alimentan, dispuestos en configuración paralela. Esta superficie inclinada está constituida en su parte inferior por conglomerados que forman una franja de 3 y más kilómetros de amplitud y posteriormente queda cubierta por materiales volcánicos piroclásticos, en apariencia más jóvenes, originados probablemente por el vol-

cán de Fuego de Colima que se encuentra a pocos kilómetros de distancia.

Toda esta zona pertenece a la cuenca del Océano Pacífico (donde desemboca el río Armería) el principal en esta zona, mismo que, con sus dos afluentes mayores queda comprendido en el mapa desde el extremo noroccidental hasta el suroriental.

El río Jiquilpan es uno de los afluentes importantes del Armería y se reconoce en el extremo norte del mapa siguiendo una dirección de oriente a occidente.

Otra corriente importante es el río Minatitlán que tiene sus cabeceras en la porción centro-occidental del mapa y se extiende hacia el suroccidente, desembocando en el Océano Pacífico también, con el nombre de Marabasco.

Por lo anterior, esta zona aun cuando es reducida en su superficie, muestra un relieve y una geología bastante complejos, donde se asocian rocas sedimentarias plegadas, intrusiones graníticas y acumulaciones volcánicas que for-

man, lo mismo elevaciones erosionadas que mantos suaves de acumulación. Además, están presentes los depósitos de piedemonte, representados por conglomerados y las acumulaciones recientes de material aluvial en las márgenes de las corrientes principales.

# GEOMORFOLOGIA

## GENERAL

La geomorfología de la zona en estudio consiste en un análisis hecho en gabinete a partir de mapas topográficos y geológicos e información bibliográfica. Con base en todo esto, se elaboró en escala 1:50 000 el esquema que se presenta (Fig. 10). En éste se diferencian sustancialmente formas del relieve pertenecientes a las elevaciones montañosas, a las planicies que las delimitan y a las superficies de piedemonte intermedias entre estas dos.

Se puede apreciar, además de los aspectos puramente descriptivos, la relación de diversos procesos geomorfológicos; en primer lugar, es muy clara la interacción de los procesos endógenos y los exógenos. Los primeros, que se reconocen a través de las elevaciones montañosas plegadas, magmáticas y volcánicas; y los segundos, por la disección que han llevado a cabo sobre estas formas.

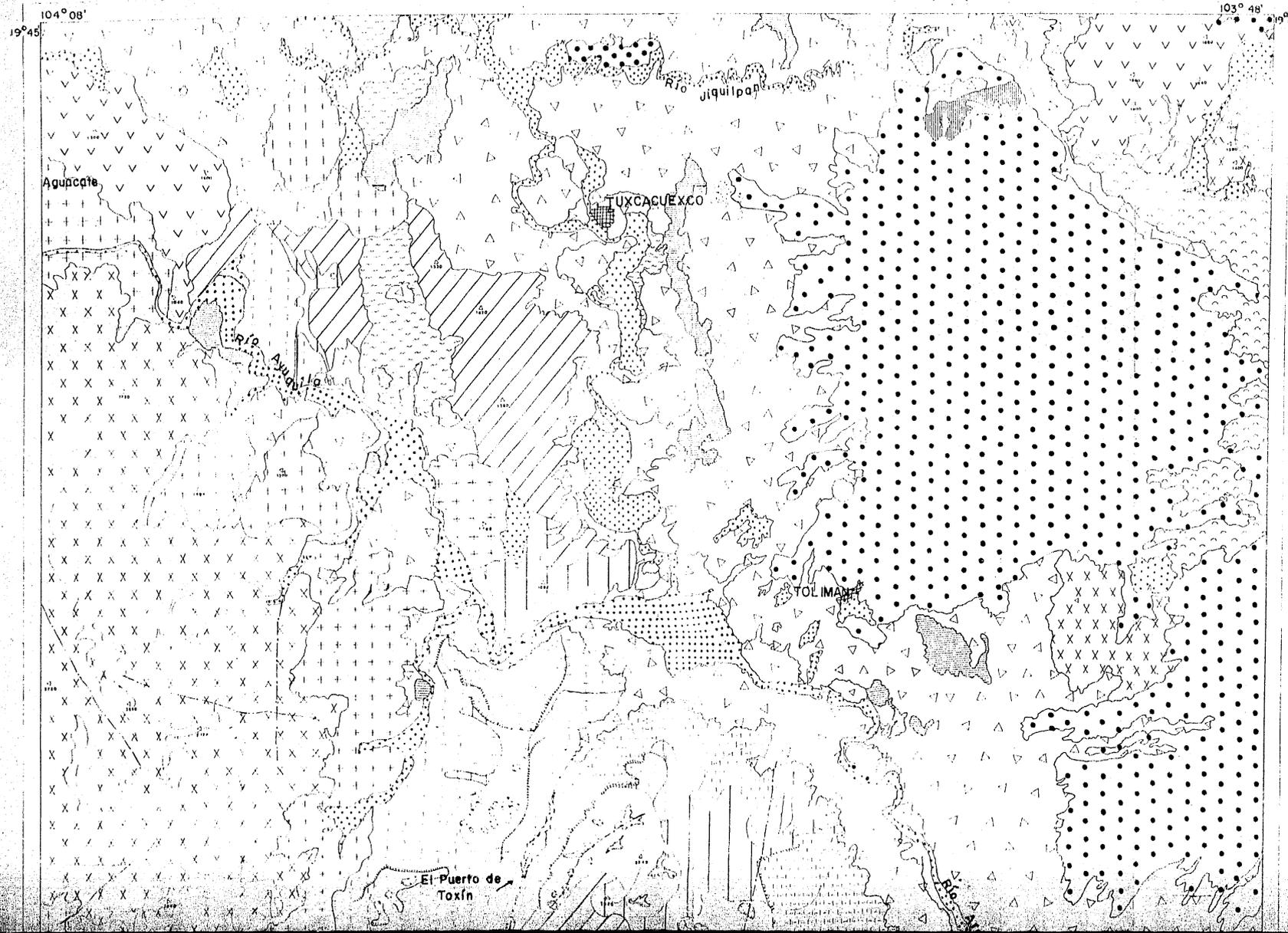
### a) Morfometría.

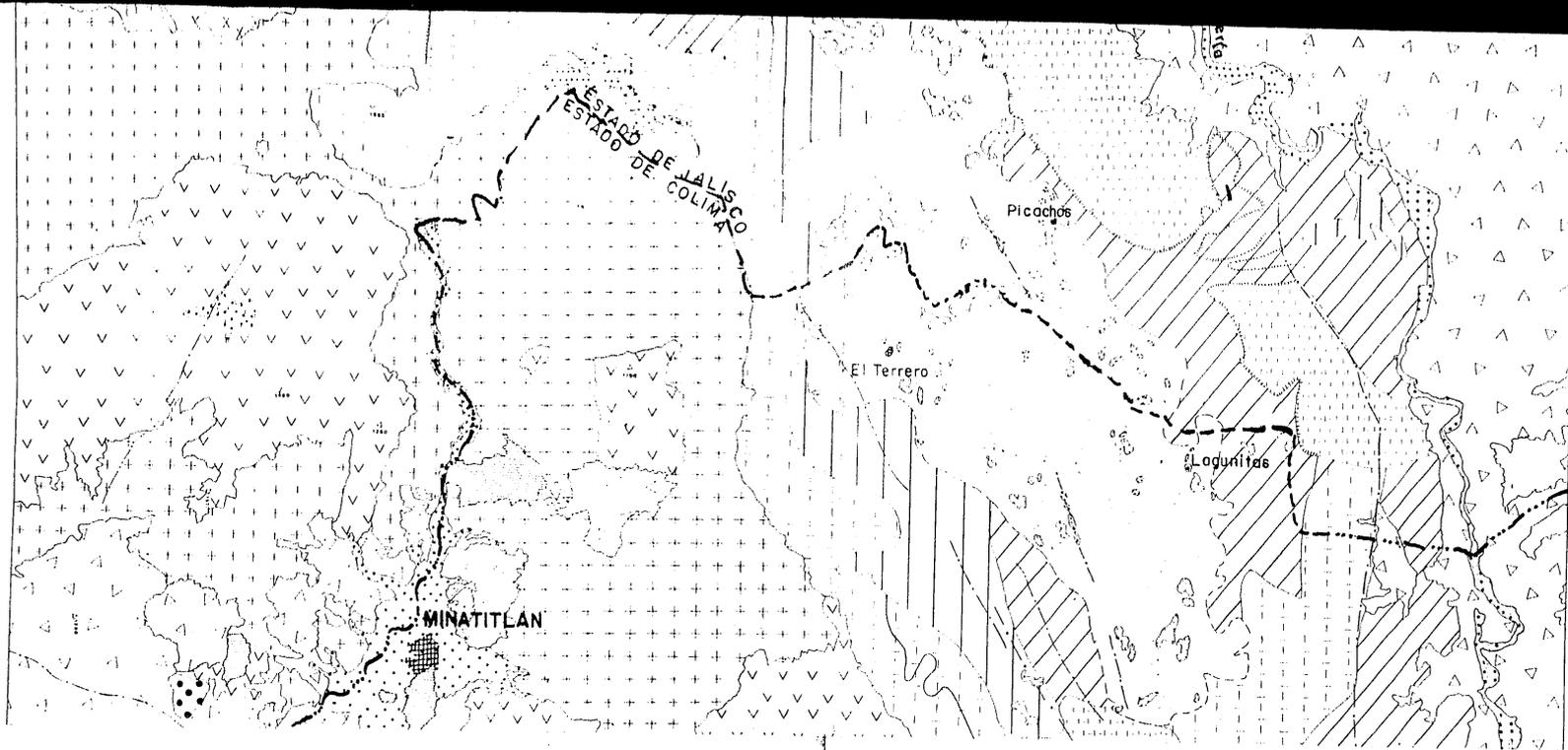
El primer análisis geomorfológico se realizó, a partir de mediciones sobre los mapas topográficos, de longitud de talwegs por unidad de superficie; ésto es, un valor de densidad de la disección del relieve o de los talwegs, la cual

**ESQUEMA GEOMORFOLÓGICO  
DE LA ZONA NORTE DEL ESTADO  
DE COLIMA Y PORCIONES  
CONTIGUAS DE JALISCO**

**LEYENDA**

- LADERAS MONTAÑASAS
- LADERAS MONTAÑASAS DE DEBIL INCLINACION Y PUEBLOS DE TORRES
- LADERAS MONTAÑASAS DE ROCAS VOLCANICAS ACTIVAS
- LADERAS MONTAÑASAS DE ROCAS VOLCANICAS INTERMEDIAS
- LADERAS MONTAÑASAS DE ROCAS INTRUSIVAS
- PLATA DE LAVAS BASICAS
- LADERAS MONTAÑASAS CONSTITUIDAS DE YESO
- ZONA MONTAÑASAS DE GRAN FUERTE INCLINACION DE MONTAÑAS
- LADERAS DE MONTAÑAS PLEGADAS PARALELAS CON DESECCION DEBIL
- LADERAS DE MONTAÑAS PLEGADAS CALIZAS CON DESECCION MODERADA
- PORCIONES SUPERIORES DE LAS ELEVACIONES PLEGADAS (CALIZAS), CON INCLINACION MODERADA
- RESIDUOS DE ELEVACIONES MONTAÑASAS PLEGADAS (CALIZAS)
- RESIDUOS DE MONTAÑAS PLEGADAS CONSTITUIDOS DE LUTITAS (YESO)
- PLANICIES INCLINADAS DE PIEDEMONTE





SÍMBOLOS COMPLEMENTARIOS

- POLIFES
- YIVALAS
- DOLINAS
- ESCARPES
- PARTE AGUAS
- SUPERFICIES DE PARTE AGUAS
- LINEAMIENTOS
- CIMAS



**LA ZONA NORTE DEL ESTADO DE COLIMA Y PORCIONES CONTIGUAS DE JALISCO**

**LEYENDA**

-  SERVICIOS MINERALES
-  ZONAS DE DEBIL INCLINACION DE LAS TORAS
-  SIERRAS MONTAÑAS DE ROCAS CANICAS ACTIVAS
-  LADERAS MONTAÑAS DE ROCAS VOLCANICAS INTERMEDIAS
-  LADERAS MONTAÑAS DE ROCAS INTRUSIVAS
-  PLAZA DE LAVA BASICA

**ESCALA**



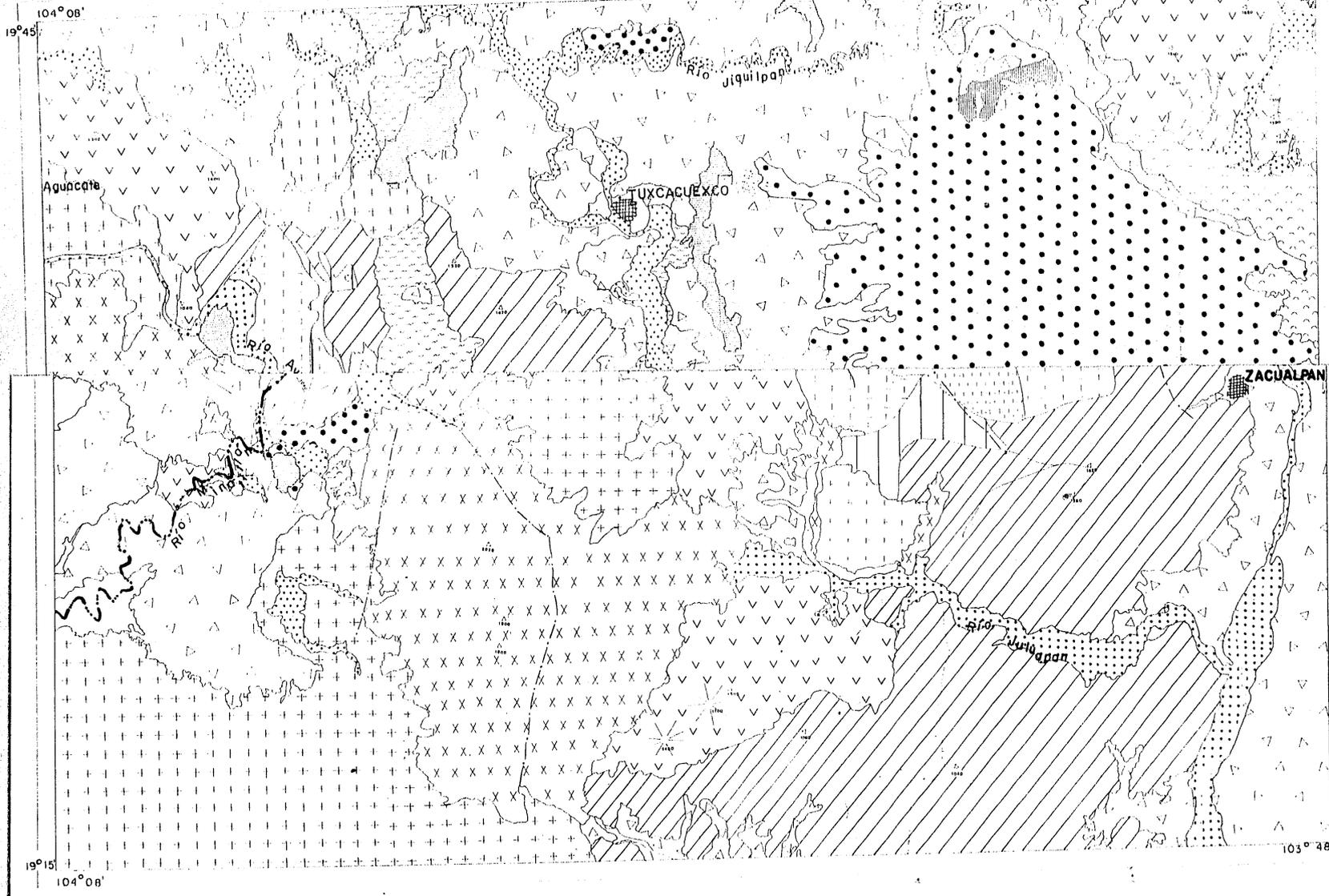
TESIS PROFESIONAL

LUZ MARIA LUNA LAGUNES

Colegio de Geografía (Facultad de Filosofía y Letras)

U. N. A. M.

1983



se expresa en  $\text{km}/\text{km}^2$ .

Las mediciones en los mapas topográficos se hacen para zonas pequeñas de unos  $20 \text{ km}^2$ ; en el centro de cada una se anota el valor de densidad y posteriormente se lleva a cabo una interpolación para obtener valores complementarios y finalmente se configura obteniéndose así el mapa definitivo.

Este mapa es un apoyo importante en el análisis geomorfológico. Por un lado expresa la concentración de corrientes fluviales y por otro la de talwegs como formas elementales de la erosión fluvial. Esto es, se puede contemplar con criterios hidrológicos y geomorfológicos.

El mapa dio como resultado la presencia de valores que varían de  $1.0$  a  $3.5 \text{ km}/\text{km}^2$  (Fig. 9). Los valores que presenta de mayor interés son los más elevados y en el análisis geomorfológico es importante definir la causa de esto; asimismo, es necesario correlacionar la densidad de talwegs con otros procesos diversos que influyen en la morfología del relieve. Los valores elevados de más de  $3$  y con localidades de más de  $3.5$  se encuentran bien definidos en el mapa en dos zonas, la primera ocupa la porción suroccidental del

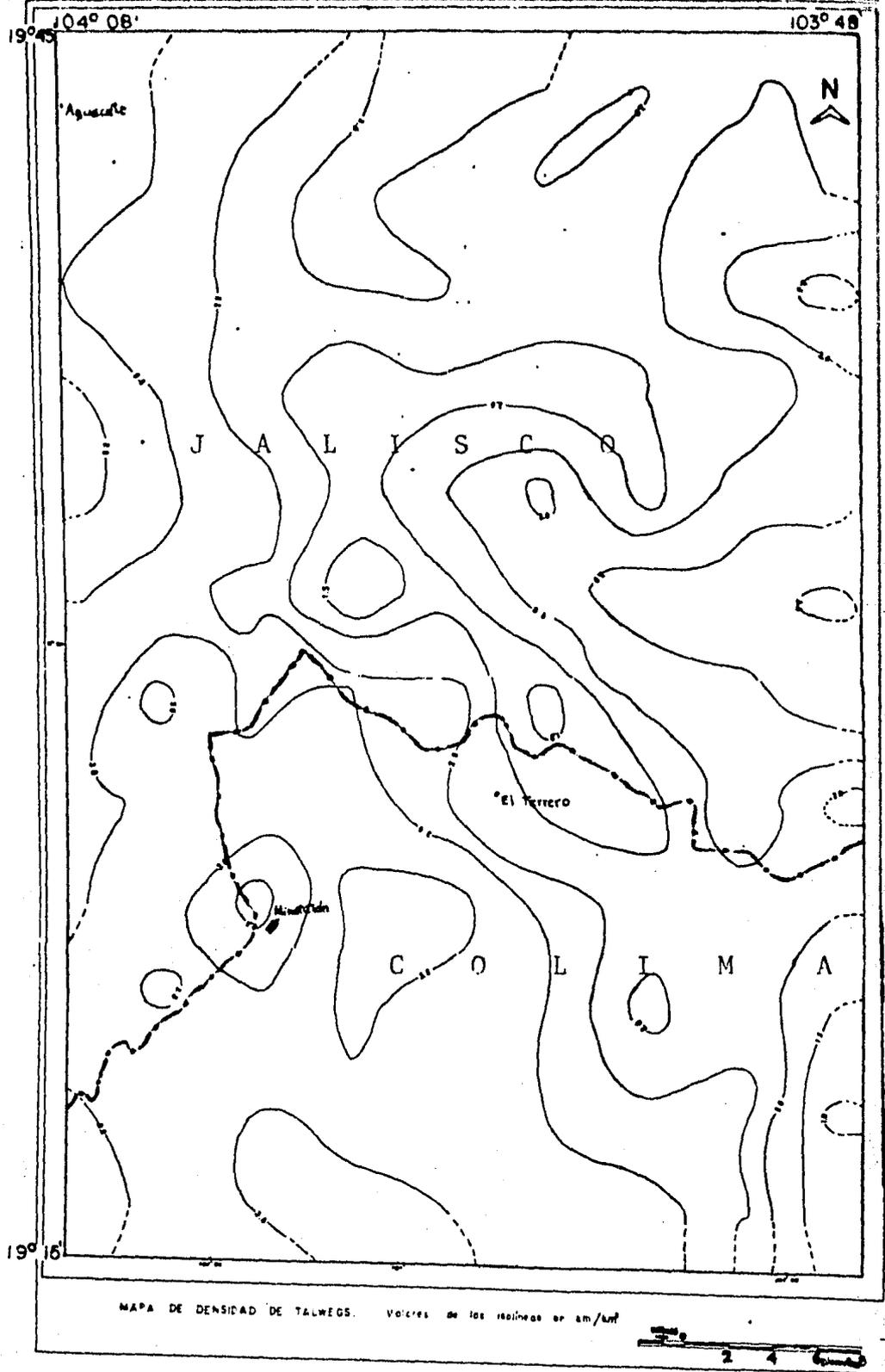


Fig. 9

mismo y la segunda, la centro-oriental, delimitadas por una zona alargada de orientación noroccidente donde se encuentran los valores más bajos.

Estas zonas de altos valores de densidad de talwegs corresponden a relieves montañosos. En el primer caso se presentan en las laderas de rocas volcánicas e intrusivas. En el segundo, en las superficies inclinadas de piedemonte constituidas de materiales de acarreo y de acumulaciones de material volcánico no consolidado. Esto significa que la erosión fluvial se ha manifestado y se manifiesta con mayor intensidad en dos condiciones distintas del relieve.

En lo que se refiere a las montañas volcánicas e intrusivas, se trata de formas antiguas del relieve alteradas por fractura e intemperismo, ambas en alto grado; además, las pendientes del terreno normalmente fuertes mayores de  $12^{\circ}$  han favorecido el desarrollo de barrancos y valles por un fuerte escurrimiento fluvial. En el caso de la segunda zona se presentan condiciones muy distintas, estas formas del relieve (la superficie de piedemonte) son más jóvenes, su desarrollo es posterior al de las montañas y ésta continúa mientras aquellas se erosionan; además, la presencia

de volcanes jóvenes activos como el Volcán de Fuego de Colima deben haber contribuido en la acumulación de material piroclástico. La pendiente de esta superficie es también menor; resulta así que en el piedemonte la erosión fluvial se está produciendo hoy día con mayor intensidad que en las laderas montañosas. Las condiciones en que ésta se da para ambos casos son muy distintas al igual que las velocidades de la erosión fluvial.

El contraste del relieve en nuestra zona en estudio se manifiesta, en un caso, en su disección; en las montañas plegadas constituidas de calizas los valores de densidad de talwegs son los más bajos que en el resto de las montañas, presentando densidades menores de 2.5 descendiendo incluso en localidades a menos de 1.5. Esto se interpreta como una zona de una alta resistencia a la erosión fluvial, por otro lado es una zona de muy alta infiltración.

Esto último queda muy claro en las zonas de parteaguas donde disminuyen bruscamente los valores de densidad de tal-

wegs quedando bien marcadas las zonas con desarrollo kárstico.

Otros valores menores de 2.5 se distribuyen en el resto del mapa sobre todo en el norte del mismo y corresponden a las laderas inferiores de rocas volcánicas intrusivas, al piedemonte y a elevaciones plegadas.

En la porción inferior del mapa en el extremo suroriental se reconoce una franja estrecha de valores bajos de menos de 2.0 que corresponden a depósitos aluviales y de piede monte.

Todo lo anterior permite establecer la presencia de 3 zonas montañosas de especial interés en relación con la intensidad con que ha actuado en el tiempo la erosión fluvial. Dos zonas de relieve montañosos volcánico intrusivo con valores elevados de hasta 3.5 entre las cuales se dispone otra de montañas de rocas calizas con valores menores incluso de 1.5 .

Todo esto expresa no solamente la diversa intensidad con que han actuado los procesos erosivo-fluviales a través



del tiempo, sino también permite apreciar, aunque parcialmente, el comportamiento hidrológico, dos zonas de alto escurrimiento y una tercera de muy alta infiltración con la particularidad de que se tienen valores de densidad de talwegs, lo que permite inferir la diferencia de intensidades de estos procesos fluviales, (ver mapa geomorfológico).

## b) Geomorfología General.

El segundo análisis geomorfológico se hizo a partir de la correlación de las formas con la estructura geológica. Para esto se utilizaron como base las cartas topográficas y geológicas, así como la de densidad de disección. Y con esto fue posible establecer las formas del relieve que se describen a continuación.

### 1. Laderas montañosas de rocas volcánicas ácidas.

Ocupan superficies considerables, en especial en la porción occidental del mapa. Se trata de elevaciones montañosas con cimas planas que superan, en partes, los 2 800 msnm. Las laderas de las montañas están disecadas por valles profundos, muchos de ellos de más de 200 m, lo que se reconoce muy bien en la vertiente oriental, ya que la opuesta queda fuera del mapa. Estos valles alcanzan longitudes de hasta 10 km, desembocando en el río Ayuquila y hacia su parte superior pre-

sentan amplias cabeceras, generalmente de 1 y más kilómetros de amplitud, y se reconocen con claridad por un cambio brusco de pendiente con la superficie de parteaguas, donde se forma un escarpe, en partes de más de 200 m de altura. Estas son zonas muy activas, en las que el escarpe representa el límite de la erosión remontante. Se puede apreciar que la erosión fluvial ha actuado lo suficiente para poner al descubierto, hacia la base de estas laderas, a las rocas del sustrato subyacente, que consisten en rocas intrusivas ácidas. Por otro lado, en estas laderas montañosas tiene lugar un fuerte escurrimiento superficial que da lugar a una red fluvial dendrítica y plumbiforme que representa, en conjunto, una buena recarga acuífera.

## 2. Laderas montañosas volcánicas intermedias.

Estas ocupan superficies considerablemente menores que las anteriores, y se disponen en distintos puntos del mapa, en especial en sus márgenes al norte, occidente y sur. En todos los casos consisten en elevaciones montañosas, con cimas que van de los 1 400 a 1 600 m, aunque en localidades superan estos valores. Presentan características de disección distintas a las de las laderas de la montañas antes mencionadas. En primer lugar, se disponen en una red dendrítica con profundidades de erosión, generalmente mayores de 100 m para

los valles principales, que muy pocas veces rebasan los 200 m de profundidad. Se encuentran también cubriendo a las rocas intrusivas ácidas, y la erosión fluvial ha ido removiendo gradualmente los materiales volcánicos, de tal manera que va en aumento el afloramiento del sustrato rocoso.

### 3. Laderas montañosas de rocas intrusivas.

Consisten, en el mapa, en superficies con una disposición irregular en la franja occidental del mismo, desde el extremo norte al sur. Constituyen, en apariencia, un gran cuerpo intrusivo, posiblemente un batolito, cuya expresión en la superficie terrestre ha estado condicionada por la erosión de las rocas más jóvenes que las cubren, principalmente volcánicas. Hacia el oriente limitan con un gran conjunto de montañas plegadas de rocas calizas. Sin embargo, estas montañas presentan relieves relativamente elevados, con cimas entre los 1 500 y 2 000 msnm, donde los afloramientos son mayores. Hacia la parte central del mapa se puede apreciar mejor la estructura general, a manera de formas ovaladas en plano, cortadas por una red radial de valles montañosos de profundidades variables, generalmente de menos de 100 m, aunque en algunos casos rebasan los 200 m de profundidad. La configuración de la red fluvial tiene en esta estructura un control notable por las fracturas de las

rocas, lo que se observa en orientaciones rectilíneas y anulares de algunas corrientes. Sin embargo, estas estructuras no se aprecian en su totalidad, ya que en apariencia, se extienden a profundidad bajo las rocas sedimentarias plegadas. Estas rocas representan el sustrato rocoso de toda la zona, o sea, la porción más antigua sobre la que descansa el resto de las estructuras litológicas.

4. Una superficie considerable de la zona en estudio está ocupada por elevaciones montañosas constituidas de rocas sedimentarias plegadas, principalmente calizas. Su expresión en el relieve nos ha permitido diferenciar distintos tipos de laderas:

4.1 Laderas de montañas plegadas (calizas) con intensa disección.

En la parte oriental del mapa se reconoce una gran estructura montañosa, de forma ovalada, delimitada al occidente por rocas magmáticas intrusivas y extrusivas. Al norte y oriente está bordeada por el río Armería, su orientación es inicialmente de sur a norte y posteriormente adquiere una clara orientación al noroccidente. Especialmente, su flanco norte y oriental consiste en una ladera montañosa de pendiente fuerte, de amplitud aproximada de 4 a 5 km, disecada

por numerosos valles montañosos con profundidades que llegan a superar los 200 m. Estos valles presentan cabeceras activas que se reconocen a manera de circos amplios, profundos, con escarpes que llegan a rebasar los 500 m de altura, de tal manera que el escarpe de cabecera está marcando el límite actual de la erosión regresiva, que avanza sobre lo que es una superficie amplia de parteaguas. Este flanco oriental es la porción más alterada de todo este cuerpo montañoso, por lo que se puede inferir que las rocas representadas por calizas, en su composición química y estructura, no son estrictamente iguales a las del resto del conjunto, o bien, puede tratarse de una zona con un mayor grado de fractura que ha favorecido el desarrollo de la red fluvial.

#### 4.2. Laderas de montañas plegadas (calizas) con disección débil.

Se trata en este caso, del flanco occidental del conjunto plegado, cuya descripción se inicia en el punto anterior. Es una ladera empinada, más estrecha que la opuesta, con una amplitud que varía de uno a tres km, está cortada por una red paralela de barrancos, cuya disección vertical es en general del orden de 40 a 60 m, aunque en algunos casos llega a rebasar los 100 m de profundidad. En compara-

ción con el flanco oriental, en éste, la concentración de corrientes es considerablemente menor, y en los extremos superiores de los barrancos no tienen desarrollo cabeceras a manera de circos, o sea que, no hay una erosión remontante de importancia. Estas diferencias notables de uno a otro flanco permiten apoyar la suposición de que se trata de calizas distintas.

#### 4.3. Laderas de montañas plegadas (calizas) con disección moderada.

Se trata de superficies inclinadas que ocupan una porción intermedia entre la zona amplia de parteaguas y el flanco oriental de la estructura montañosa, mismo que ya ha sido descrito. En estas laderas se presenta una red fluvial aproximadamente paralela, que corta la ladera en toda su amplitud con una distancia media de 2 km. Todas las corrientes presentan cabeceras en proceso de desarrollo, con profundidades que rebasan incluso los 150 m. Se aprecia un cambio con respecto a la vertiente descrita en el punto 4.1. En realidad, es una sola, con diferencias morfológicas importantes. Sin embargo, no se trata de una extensión continua de estas formas, sino que hay porciones donde una de las dos está ausente, aunque en la mayor parte se presentan ambas.

#### 4.4. Porciones superiores de las elevaciones plegadas (calizas) con inclinación débil.

Nos referimos a la superficie amplia de parteaguas que se extiende, generalmente, por encima de los 2 000 - 2 200 msnm. Está desmembrada por elevaciones y depresiones; subdividiéndose en 2 partes, una, con amplio desarrollo de formas kársticas subterráneas, y otra, donde éstas no son muy apreciables. Esta última es la que tratamos en este punto. Es la parte más alta de la estructura montañosa plegada, donde las pendientes del terreno se hacen más suaves y la red fluvial se presenta con una concentración débil. Se reconocen también en la extensión montañosa plegada, que a manera de franja estrecha y desmembrada, se presenta al norte del río Ayuquila, donde las alturas absolutas rebasan los 1 300 msnm.

#### 4.5. Zona montañosa con fuerte desarrollo kárstico.

Esta ocupa una superficie importante, en lo que es el parteaguas, orientada al noroccidente con una longitud de unos 25 km, por una amplitud media de unos 6 km. Esta zona se encuentra generalmente arriba de los 1 100 - 2 200 msnm y está afectada por una gran cantidad de formas nega-

tivas kársticas, cuyas dimensiones se pueden determinar en el mapa y varían desde 150 m hasta más de 3 km. Simultáneamente se asocian a éstas, elevaciones con alturas relativas de hasta 200 m y numerosas corrientes fluviales que forman valles ciegos, resurgentes y otras más que se han integrado a la red fluvial general que corta las laderas. Se trata así, de una zona con un gran desarrollo del relieve kárstico, donde se presentan dolinas, uvalas y poljes, entre las principales que se pueden reconocer en la escala 1:50 000 que estamos trabajando. Se puede apreciar que el desarrollo de este proceso kárstico está condicionado por varios factores:

- 1) Junto con la litología influye el relieve de la superficie de parteaguas, amplia y elevada, donde se ha visto favorecido el escurrimiento y la infiltración de las aguas de lluvia.
- 2) El sistema de fracturas de las rocas que fijan la dirección de los escurrimientos principales y se convierten en las porciones más débiles, mismas que van siendo modeladas por la disolución, por esto es que estas formas se aprecian en el plano generalmente orientadas al noroccidente, siguiendo el eje de la estructura montañosa.

Esta zona es importante por la alta infiltración que se produce en ella, de las aguas de lluvia, la que viene a recargar los mantos subterráneos y a alimentar los ríos que corren al pie de estas montañas.

5. Laderas montañosas constituidas de yeso.

Es un pequeño afloramiento que se localiza en la parte noroccidental del mapa, a manera de una franja de unos 5 km de largo por 2 a 4 km de ancho. En el relieve consiste en una porción de un valle fluvial (del arroyo El Camie-hín). Los yesos han quedado al descubierto al ser erosionadas las calizas que los cubren, y ya que el yeso es una roca de muy poca resistencia a los procesos erosivos, se presentan aquí a manera de laderas fuertemente alteradas y con una alta concentración de talwegs. En otra localidad se reconoce también un pequeño afloramiento, en la margen oriental del río Tuxcacuexco. Se han diferenciado estas laderas de yeso de las calizas, ya que su modelado es sustancialmente distinto por la diferencia que presentan en su resistencia a los procesos erosivos.

6. Otras elevaciones montañosas diferenciadas son aquéllas producto de la erosión, que las convierte en formas aisladas, o bien, que han sido cubiertas por rocas más jóvenes principalmente volcánicas. Estas se han subdividido en 2 grupos que se señalan en los siguientes puntos:

6.1. Elevaciones montañosas plegadas aisladas (calizas).

Estas se presentan dispuestas en distintas porciones del mapa que cubre la zona en estudio, pero especialmente en el extremo norte hacia la parte central donde se extienden, a manera de franjas estrechas, rodeadas por depósitos de piedemonte, con alturas relativas generalmente del orden de 100 a 200 m. Por lo común, son formas bien conservadas, con poco desarrollo de la erosión fluvial y son testigos de la extensión original que tenían las montañas plegadas, actualmente cubiertas por rocas más jóvenes.

6.2. Residuos de montañas plegadas, constituidos de lutitas.

Se trata de un afloramiento aislado, localizado hacia el sur de la población de Minatitlán, conformado por lutitas, por ser rocas de muy poca resistencia a los procesos erosivos, se presentan con otros rasgos morfológicos y en éste, en particular, se trata de la parte inferior de una

ladera cortada por numerosas corrientes fluviales transversales a la misma. Hacia la parte superior se presentan rocas volcánicas que cubren a las lutitas. Se puede inferir que la erosión ha removido la cubierta volcánica, dejando al descubierto las lutitas, actualmente en un intenso proceso de destrucción.

Su ausencia en el resto del mapa se interpreta por la fuerte acción de los procesos erosivos que se encargan de remover estos cuerpos de rocas, los que posiblemente no son de un espesor considerable. En el afloramiento descrito se presentan con una altura relativa, sobre la planicie aluvial, de 150 m, aunque no se trata forzosamente del espesor real. También hay que considerar a las acumulaciones volcánicas que pudieron haber contribuido a su cubrimiento.

#### 7. Superficies de débil inclinación, constituidas de tobas.

Estas ocupan importantes superficies hacia la parte nor-oriental del mapa y en el relieve se presentan a manera de una planicie inclinada de piedemonte, orientada hacia el occidente. Posiblemente se encuentran cubriendo un piedemonte original, producto de la acumulación de materiales al pie de un frente montañoso volcánico que queda fuera de la zona en estudio, al oriente de la misma. Se ha formado esta super-

occidente y la planicie aluvial del río Armería por el oriente. Hacia el otro lado del río Armería, este piedemonte es considerablemente más amplio, llega a alcanzar más de 5 km. Sin embargo, y a diferencia del anterior, no se aprecia totalmente en su amplitud, ya que se encuentra cubierto por material volcánico muy joven.

#### 9. Coladas de lava básica.

Hacia la porción nororiental del mapa se presentan superficies que se extienden hacia el oriente, fuera de la zona en estudio, consistentes en lavas de tipo basáltico. Se presentan como planicies inclinadas hacia el occidente con pendientes menores de  $5^{\circ}$  cortadas por numerosos barrancos en una red paralela, pero con una profundidad de erosión mínima, a excepción del río Jiquilpan, cuyo corte por erosión rebasa los 60 m. Estas también son manifestaciones de una actividad volcánica muy joven, proviniendo de las zonas contiguas al oriente.

#### 10. Planicies aluviales.

Estas formas del relieve no representan superficies considerables en el área en estudio, están limitadas a los márgenes de los ríos principales, como el Armería y sus afluentes: el Ayuquila y el Tuxcacuexco, el Jiquilpan,

afluente de este último y el río Minatitlán. La planicie aluvial se reconoce prácticamente de un extremo a otro del mapa, de noroccidente a suroriente, en su mayor parte con amplitudes de unos cientos de metros, con ampliaciones en la porción norte que alcanzan hasta 2 km, y al extremo sur alrededor de 1 km. Estas planicies aluviales son resultado de una erosión lateral que se ve complementada con fuertes acumulaciones, ya que son corrientes fluviales que tienen una buena alimentación hídrica. Se trata de planicies aluviales de ríos montañosos, por lo que su desarrollo es aún incipiente. Los ríos que forman estas planicies cortan principalmente los depósitos de piedemonte, que por ser poco resistentes, favorecen una rápida erosión vertical, provocando que el río se encajone y no se incremente así, la erosión lateral, la que contribuye al desarrollo de las planicies aluviales. Otro es el caso del río Minatitlán, que corta los cuerpos de rocas volcánicas e intrusivas, aprovechando, aparentemente, las fracturas de las rocas y se produce una ampliación del mismo hacia la población de Minatitlán, favorecida por condiciones estructurales muy complejas en una depresión donde se conjugan rocas intrusivas, conglomerados, calizas, lutitas, andesitas y se levanta un volcán riolítico, cerrando totalmente la

llanura de inundación. Estos depósitos aluviales, junto con las tobas, ya mencionadas, son las rocas que constituyen las formas más jóvenes de esta zona.

c) Zonificación Geológico-geomorfológica.

La descripción que se ha hecho de las formas del relieve de la región en estudio, permite reconocer aquí, 3 zonas geológico-geomorfológicas principales:

I. La zona montañosa de la porción occidental, constituida principalmente por estructuras ígneas intrusivas (batolito) y volcánicas intermedias y ácidas.

Se trata de un relieve totalmente montañoso, con alturas mínimas de 500 m hacia el extremo sur, 2 860 m en la porción central (ligeramente hacia el norte), lo que constituye un bloque elevado y de alrededor de 1 000 m hacia el extremo norte. Presenta una red fluvial de fuerte densidad, controlada sustancialmente por los sistemas de fractura de las rocas. Predominan los procesos de erosión fluvial y los gravitacionales, característicos para estas zonas geomorfológicas (derrumbes, deslaves y deslizamientos). De acuerdo con los mapas geológicos consultados, se presentan yacimientos de hierro.

.II. La segunda zona ocupa la porción central del mapa, extendiéndose en forma diagonal, del extremo noroccidental al suroriental y está constituida principalmente, por un conjunto montañoso de rocas calizas, con altitudes medias de 1 000 m hacia el extremo norte, de 2 000 a 2 500 m en la porción central y 500 hacia el extremo sur. Se trata también de un relieve montañoso, donde los procesos exógenos se reconocen por zonas de erosión fluvial, de procesos gravitacionales y kársticos. Estos últimos ocupan una superficie importante de forma aproximadamente ovalada por encima de los 2 000 msnm. El mapa geológico registra yacimientos de cobre y yeso.

III. La tercera zona, a diferencia de las anteriores, es intermedia entre montañosa y de planicie, en en sí, transicional. Se reconoce en la porción nororiental del mapa, a partir del centro del mismo y en la franja oriental (estrecha del centro hacia el sur. Es una planicie inclinada que limita un conjunto montañoso fuera de la zona en estudio y se extiende hasta la planicie aluvial del río Armería. Está constituida de conglomerados, característicos del piedemonte, pero en una gran parte cubierta por material piroclástico y lavas. En esta zona tienen desarrollo

principalmente los procesos de crecimiento de barrancos que se encuentran en su etapa inicial.

De esta manera, en esta zona cartografiada se presenta una amplia variedad de formas y procesos geomorfológicos, condicionados por distintos regímenes tectónicos de desarrollo de formas intrusivas (batolitos, el más antiguo), de formación de montañas plegadas, posteriormente de volcanismo ácido e intermedio y en la actualidad de volcanismo intermedio y básico. Como una reacción a estos procesos endógenos como la erosión fluvial, desarrollo de barrancos, procesos gravitacionales, karst, acumulación fluvial y gravitacional.

## FORMAS KARSTICAS

La geomorfología general de la zona en estudio se ha descrito ya a partir de una clasificación de formas del relieve, que como se ha podido apreciar, éstas son de una gran variedad y complejidad. Por el interés que representan, nos abocamos a un estudio más detallado, el de las formas kársticas. En la carta geomorfológica quedan bien definidas las zonas de los terrenos de calizas.

Dentro del área en estudio, se presenta una topografía muy especial en las mesas del Cerro Grande, el Cerro de Enmedio y el Cerro de Toxín, debido a la predominancia de calizas, originadas por la disolución de esta roca. Se trata de un relieve kárstico el cual se manifiesta tanto con carácter superficial como subterráneo.

### KARST SUPERFICIAL

El paisaje kárstico de las mesas arriba mencionadas se caracteriza por presentar gran cantidad de dolinas de todo tipo de dimensiones. Una parte de ellas muestra una superficie extendida con pendiente suave, característica de las dolinas de disolución, así como un diámetro

mucho mayor que la profundidad. También se encuentran dolinas originadas por el colapso del techo de alguna caverna. Estas generalmente dan acceso a una sima y la pendiente de sus laderas es abrupta, presentando una superficie pequeña. Asociadas a las dolinas, existen una serie de uvalas y algunos poljés que captan la mayor parte del drenaje del área, por lo que existe poca circulación de las aguas superficiales. Se advierte la presencia abundante de terra rossa (de arcillas residuales de la disolución de la caliza), la cual ha formado una pequeña capa de suelo, aunque con frecuencia, la acumulación de grandes depósitos de terra rossa ha llegado a azolvar algunas cavernas y dolinas, originándose pequeños cuerpos de agua.

Prácticamente, la superficie caliza de estas mesas se encuentra salpicada por una gran cantidad de bocas de cavernas. Dominan ampliamente las cavernas o simas de tipo vertical. Estas se encuentran en las partes altas de la sierra y conducen hacia la profundidad el drenaje de ésta; las cavernas de tipo horizontal (cuevas o grutas), se encuentran en su mayoría al pie del macizo y son resur-

gencias, es decir, permiten que el agua vuelva a salir a la superficie, ya sea por medio de las bocas de las cavernas o de numerosos manantiales kársticos, alimentando a su vez a los ríos principales. Otra característica de este paisaje es que los campos de lapiaz no se encuentran muy extendidos y presentan escaso desarrollo.

Con el fin de evitar confusiones por el uso de la terminología, cada tipo de forma kárstica se definirá de acuerdo con Llopis Lladó (1970).

#### DOLINAS.

Son depresiones kársticas a modo de embudo, de boca redonda u ovalada, más ancha que profunda y sin desagüe visible. Se deben a la infiltración del agua por la intersección de dos diaclasas y por las fisuras menores.

Las dolinas se han formado prácticamente en toda la superficie caliza del Cerro Grande y del Cerro de Enmedio. La mayoría de ellas tienen un perímetro de forma circular, pero ligeramente alargado con una cierta orientación correspondiente a la de alguna falla o fractura que les dio origen. También es frecuente encontrar sucesiones

de dolinas alineadas, lo que nos indica que están asociadas también a alguna estructura tectónica. Como ya se expuso, algunas dolinas se han azolvado debido a la gran acumulación de terra rossa durante las temporadas de lluvia; en ellas es frecuente encontrar lagos de pequeñas dimensiones. Dolinas con estas características se encuentran en algunos poblados como Lagunitas en el estado de Colima y La Laguna en Jalisco.

#### UVALAS.

Son el resultado de la conjugación de varias dolinas que originan una depresión más amplia, con tendencia a formas elipsoidales por lo regular. Las uvalas de la región, presentan en la mayoría de los casos, formas alargadas e irregulares, de entre 200 y 500 metros.

Hacia el extremo norte y sur del Cerro Grande hay una concentración mayor de uvalas que en el centro de la meseta. Una uvala típica se localiza en el poblado de La Laguna con una forma muy irregular, orientada a lo largo de una fractura; mide un kilómetro de longitud y 300 m de ancho en promedio. En su interior se encuentran numerosas dolinas satélites, siendo cada una independiente de las demás.

Otras uvalas notables, se encuentran en las cercanías de los poblados del Terrero, Los Picachos, Llano Verde y otros, reconociéndose además en el Cerro de Enmedio dos pequeñas uvalas, pero son incipientes.

#### POLJES.

Constituyen las formas de absorción del karst de mayor extensión superficial, siendo sus formas también alargadas en el sentido de los accidentes tectónicos, originados ya sea por conjugación progresiva de dolinas y uvalas, o por karstificación de una zona tectónica.

Los poljés del área son de dimensiones kilométricas, tanto en su superficie como en profundidad. Forman verdaderos valles de disolución que captan gran cantidad de agua, con algunos de sus bordes abruptos. En su superficie se reconocen varias dolinas y numerosas cavernas, tanto simas como resumideros, los cuales se encargan de conducir el agua hacia sitios más profundos. El fondo de los poljés suele ser plano, conteniendo abundantes cantidades de depósitos de terra rossa, lo cual ha permitido a los lugareños utilizarlos para la agricultura.

En el Cerro Grande se han detectado dos poljés, considerándose al poljé del Pozo Blanco el más importante. Este poljé se encuentra a unos 5 kilómetros al norte del poblado El Terrero, tiene una longitud de 3 km con un ancho promedio de 400 m y capta el drenaje de una vasta área. En su interior se advierten numerosas dolinas, simas y cavernas.

Entre el Cerro Grande y el Cerro de Enmedio, a lo largo de un gran valle normal, se reconoce el poljé de Toxín, de 2.5 km de longitud con un ancho promedio de 300 m. Este poljé capta el drenaje de una cuenca amplia situada entre ambos cerros. El río subterráneo de Toxín, que se encuentra bajo este poljé, es la forma kárstica principal conductora de aguas subterráneas. Este río desemboca en un sitio llamado La Taza, en las cercanías del río Armería.

#### BOCAS DE CAVERNAS.

Estas formas se reconocen en la superficie y como su nombre lo indica son entradas a simas o a cuevas o grutas según sea su desarrollo, vertical u horizontal.

## KARST SUBTERRANEO

Las cavernas son las formas principales que resultan del proceso kárstico y muy frecuentes en las calizas del área en estudio. Su desarrollo ha originado toda una serie de formas menores, parte de un paisaje subterráneo único. Tres son los tipos de cavernas reconocidas en el área, a cada uno de ellos corresponde una función, una morfología y una génesis distinta, aunque asociadas entre sí, lo cual se explica más adelante.

### SIMAS.

Son cavidades de desarrollo vertical, resultado de la evolución de una dolina o poljé que crece más a profundidad que en superficie. En el área en estudio se reconocen en la superficie por hundimientos del suelo y son llamadas localmente "pozos" o "resumideros". Sus bocas son circulares y alargadas, que como ya se dijo, tienen una orientación que corresponde al evento tectónico que les dio origen: los grandes sistemas de fracturas que controlan los alineamientos de cavernas de diversos tipos. Sus diámetros son muy variables de entre me-

dio metro y 35 m como lo es el caso del Pozo de Los Lentiscos. Una pequeña parte de ellas se encuentra en estado fósil con poca infiltración de agua; son las que alcanzan mayor profundidad en la zona, siendo ésta muy variable, desde unos cuantos metros hasta varios centenares de metros. Los ejemplos más notables son el resumidero del Pozo Blanco, originado por una sola fractura vertical con una profundidad de 241 m, ubicado en el poljé del mismo nombre. El rasgo morfológico que los define son los tiros naturales o caídas verticales totalmente a plomo, en este aspecto destacan el mismo resumidero del Pozo Blanco con 233m y otros como el pozo de los Lentiscos con un tiro de 126m y una profundidad de 203 m, situado en el poblado de La Escondida; el resumidero del Vizcaíno con un tiro libre de 116 m y una profundidad de 141 m, en el poblado de El Terro; el Pozo del Otatillo con un tiro de 105 m y el pozo del Capulín con una caída vertical de 102m. Es una característica general que estos grandes tiros sean el inicio de la sima, continuando en algunos casos varios tiros más, después del primero. Las simas llegan a presentar pasos horizontales escasos y pequeños, los cuales corresponden a las juntas de es-

tratificación en puntos que han sido intersectados con las fracturas. La sima más activa que se exploró fue el resumidero del Pozo Blanco.

#### CUEVAS O GRUTAS.

Son concavidades subterráneas profundas de desarrollo horizontal, propias más bien de los terrenos calizos y debidas a la circulación de las aguas.

Se localizan básicamente al pie de las mesas, en las cercanías de las márgenes de los ríos importantes y funcionan como resurgencias. Muchas dolinas comunican con una caverna en su parte baja y captan los escurrimientos que hay a su alrededor, introduciéndolos a los sistemas subterráneos, los que a su vez fungen como colectores al infiltrarse el agua de las partes altas, para después permitir que ésta vuelva a salir a la superficie. Su presencia en las partes altas es muy rara y son siempre fósiles, llenas de concreciones y de escasa longitud horizontal.

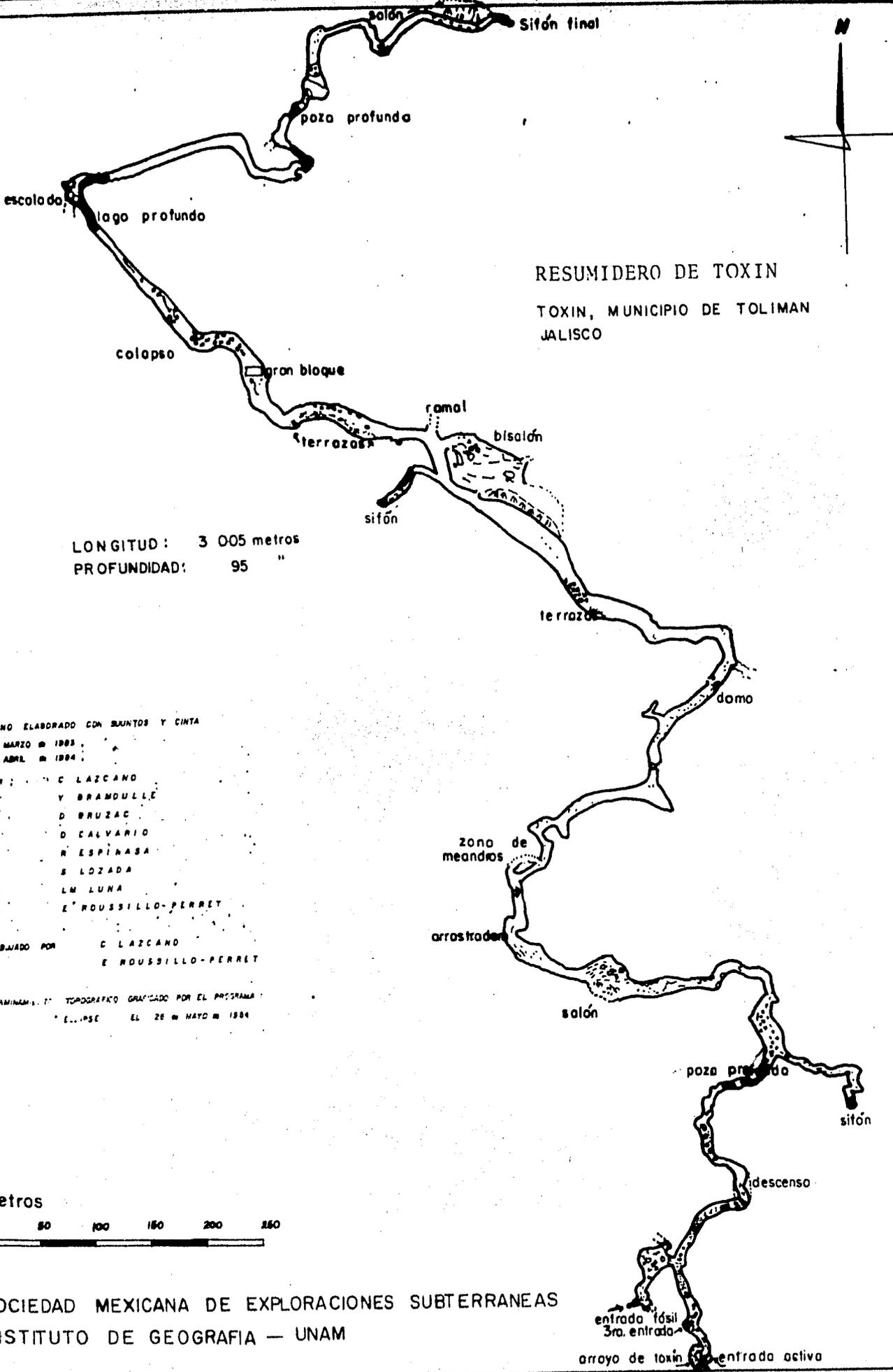
La mayoría de las cuevas que se conocen, se localizan en las márgenes de los ríos Armería y Juluapan, las cuales presentan cierta actividad durante los meses

de lluvia. El ejemplo más notable es el resumidero de Toxín, al pie del Cerro Grande, al cual se le ha explorado hasta 3 005 m (Fig. 11).

También existen resurgencias en forma de manantiales kársticos que todo el año arrojan importantes volúmenes de agua, como lo es el caso de la Taza, en el poblado de San Pedro Toxín y el manantial de Zacualpan.

Las cavernas o simas más importantes de la zona en estudio son el Resumidero del Pozo Blanco (El Terrero) con 241 m de profundidad y la Cueva de los Cipreses con 120 m de profundidad. Hay otras menores como son el Pozo del Tapeizti (Tolimán), Pozo del Barbecho Amador (El Terrero), Resumidero del Vizcaino No. 2, Plaza de Toros, La Lagunita No. 1 y 2, Pozo de los Lentiscos, Pozo de los Cirinos, Pozo Nido de Paloma, el Aserraderito, Pozo del Otatillo (Fig. 12), etc.

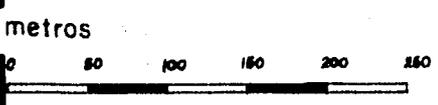
Hasta la fecha se han explorado 40 simas, de las cuales las anteriores son las más importantes por su magnitud. No son todas las cavernas del área, sino que hay una buena cantidad de ellas (Fig. 13). Se trata de las conocidas por recientes exploraciones dirigidas por el espeleólogo Carlos Lazcano, quien es el responsable de la futura publicación de estas investigaciones.



RESUMIDERO DE TOXIN  
 TOXIN, MUNICIPIO DE TOLIMAN  
 JALISCO

LONGITUD: 3 005 metros  
 PROFUNDIDAD: 95 "

PLANO ELABORADO CON BRUNTOS Y CINTA  
 EN MARZO DE 1983  
 Y ABRIL DE 1984  
 POR : C LAZCANO  
 Y BRAMDULLE  
 D BRUZAC  
 D CALVARIO  
 R ESPINASA  
 S LOZADA  
 LM LUNA  
 E ROUSSILLO-PERRET  
 DIBAJADO POR C LAZCANO  
 E ROUSSILLO-PERRET  
 CAMINAM. TOPOGRAFICO GRAFICADO POR EL PROGRAMA  
 "ELLIPSE" EL 26 DE MAYO DE 1984



SOCIEDAD MEXICANA DE EXPLORACIONES SUBTERRANEAS  
 INSTITUTO DE GEOGRAFIA — UNAM

FIG. 11

TIRO 105 m

METROS

### POZO DEL OTATILLO

LA ESCONDIDA, COLIMA  
MUNICIPIO DE MINATITLAN

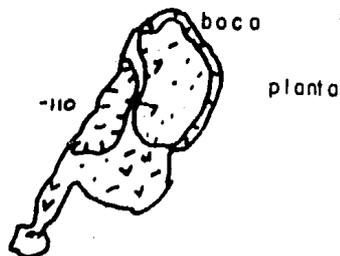
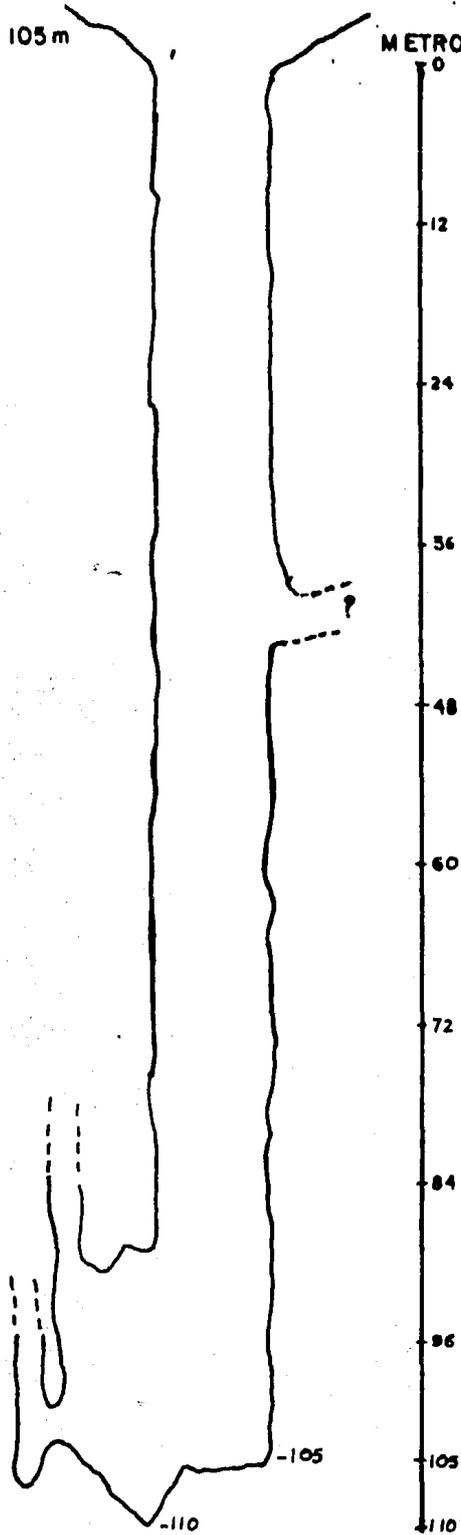
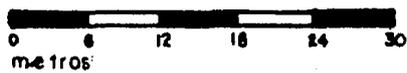
TOPOGRAFIA EFECTUADA CON  
SUUNTO Y CINTA POR  
R. ESPINASA  
V. GRANADOS  
L. ESPINASA  
ABRIL DE 1983

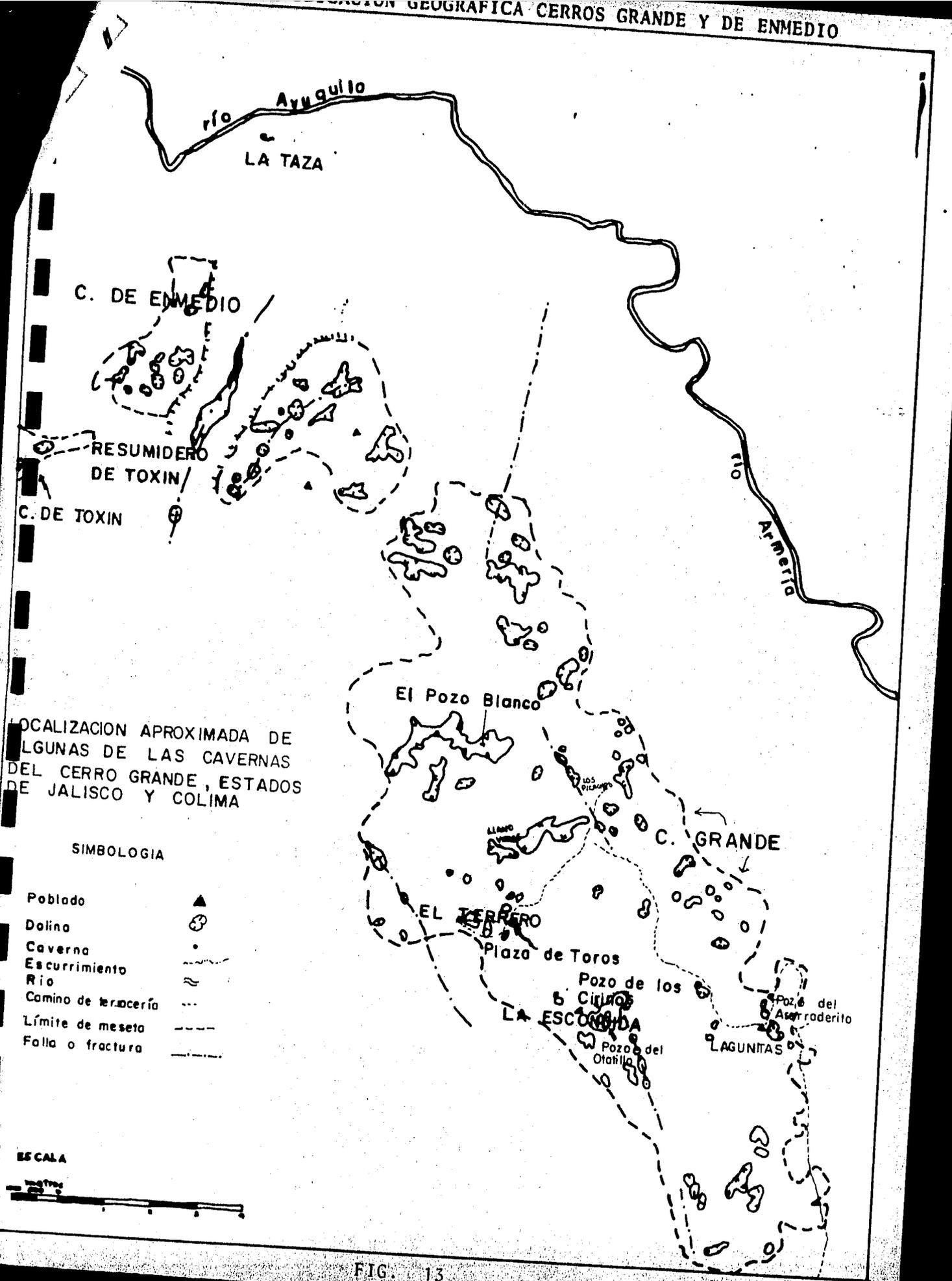
PROFUNDIDAD 110 m.

LONGITUD 25 m.

SMES

ESCALA GRAFICA





LOCALIZACION APROXIMADA DE ALGUNAS DE LAS CAVERNAS DEL CERRO GRANDE, ESTADOS DE JALISCO Y COLIMA

SIMBOLOGIA

- Poblado 
- Dolina 
- Caverna 
- Escurrimiento 
- Rio 
- Camino de comercio 
- Límite de meseta 
- Falla o fractura 

ESCALA



FIG. 13

## FACTORES QUE HAN INFLUIDO EN EL DESARROLLO DEL KARST.

Los factores que han influido en el desarrollo del karst de las mesas de El Cerro Grande, El Cerro de Enmedio y el Cerro de Toxín, son varios y se explican a continuación.

El entendimiento de las formas del relieve supone una apreciación de la influencia de factores geológicos tales como la litología y la estructura.

### Factores Litológicos

La litología es uno de los factores más importantes para el desarrollo kárstico. Existen varios tipos de rocas susceptibles de ser karstificadas como son: evaporitas (yesos, anhidritas, aleitas), rocas carbonatadas (calizas o dolomías) y cuarcitas (éstas sólo en condiciones de humedad tropical extremas). En la zona en estudio la única roca karstificable que aflora es la caliza; ésta se presenta sólo en la Formación Morelos, misma que contiene calizas ideales para el desarrollo del karst: puras, porosas, de tipo arrecifal, con predominancia de la estratificación gruesa, y en algunas partes masiva; no presenta alternancias litológicas de ningún tipo, lo que podría limitar el espesor considerable de la caliza (aproximadamente 1 500 m), (Arciniega Antonio 1975).

## Factores Estructurales

En el área en estudio, el intenso grado de fractura que presentan las calizas ha sido un factor determinante en el desarrollo del karst. La caliza no muestra una gran deformación, pero sí un amplio desarrollo de fallas y fracturas. Así, en el karst del área, han tenido influencia, por orden de importancia, los siguientes factores estructurales: fracturas, juntas de estratificación, fallas normales y microfracturas. Todo este conjunto de estructuras forman disoluciones de continuidad que dividen a la masa caliza en bloques paralelepípedos. Es gracias a este conjunto de estructuras que el agua se infiltra y circula en el interior de la masa caliza.

### Fracturas.

La gran mayoría de las orientaciones de las cavernas coinciden con las de las fracturas. Casi todas las cavernas presentan una orientación nororiente-sur occidente que corresponde con la dirección predominante de las fracturas, lo cual nos indica la influencia que han tenido éstas en la génesis de las cavernas. La predominancia de cavernas verticales nos señala que la fractura es en este sentido. Las simas de las mesas, son del tipo tectónico, resultantes de la ampliación de fracturas, en numerosos casos sin actividad hidro-

lógica. En el caso de dolinas, muchas de éstas se encuentran alineadas a lo largo de fracturas e individualmente y su perímetro orientado a lo largo de las mismas. Es importante hacer notar que gran parte del desarrollo del karst sobre fracturas ha tenido lugar sobre puntos de intersección de éstas, entre sí, o con fallas o juntas de estratificación. La forma irregular de algunas dolinas está influida por este tipo de intersecciones, las cuales son sitios donde la disolución se lleva a cabo con mayor intensidad.

#### Juntas de Estratificación.

Han influido principalmente en algunas cavernas y resurgencias. Son pocas las cavernas controladas exclusivamente por la estratificación. En muchos casos, los rumbos de la capa y del echado se ven afectados por otros distintos, los de fracturas o fallas, lo cual ha favorecido el origen de algunos pasos horizontales en cavernas verticales. Las resurgencias que se encuentran en el área parecen estar influidas por la junta de estratificación.

Sin embargo, ninguna de ellas ha sido aún explorada, por lo que no se ha podido concluir algo más preciso.

#### Microfractura.

Son rupturas que van desde unos milímetros hasta varios metros y se les denomina en conjunto microfractura. En el área en estudio la caliza presenta este tipo de microfractura a pequeña escala, de donde se deriva el incipiente desarrollo del lapiaz de la región, como un microrelieve de una buena parte de las calizas del área.

#### Factores Morfológicos

En las superficies de parteaguas de los Cerros Grande y de Enmedio, se ha desarrollado el karst, principalmente en función de la topografía del terreno dando lugar a la formación de dolinas, uvalas y poljés. El lapiaz también ha tenido influencia de la topografía, ya que éste se ha desarrollado más en las laderas y escarpes por la acción disolvente y erosiva de las aguas meteóricas.

## Factores Climáticos

Las formas kársticas descritas en el presente estudio corresponden a 2 climas, uno es el semicálido subhúmedo y otro, el templado subhúmedo. La influencia más importante ha correspondido a las precipitaciones pluviales. Sin embargo, durante el cuaternario, el clima en México y en el mundo ha sufrido algunos cambios y es posible que muchos de los procesos que originaron a las formas actuales presentan características correspondientes a una sucesión climática. No obstante, aún no se pueden obtener conclusiones debido a la carencia de estudios que relacionen al karst de México con su clima.

## Factores Hidrológicos

Ninguna roca varía tanto en su capacidad para proporcionar agua como las calizas, todo va de acuerdo con el grado en que sus diaclasas y planos de estratificación han sido ensanchados por la disolución, así mismo, la permeabilidad primaria que puedan tener depende de la presencia de oquedades iniciales intercomunicadas con los sedimentos calcáreos de los cuales se formó la roca y la permeabilidad secundaria o adquirida resulta de las diaclasas y fracturas producidas por procesos disgenéticos y diastróficos, y de

aberturas creadas por disolución a lo largo de las diaclasas y planos de estratificación (Thoynbury 1960).

En el caso de nuestra zona kárstica, las cavidades de disolución como ya se dijo en el apartado de Karst Subterráneo, varían entre medio metro y 35 m, aunándolo al análisis de disección del relieve, en que los valores obtenidos en la zona kárstica fueron de 1.5 a 2.5, nos indica por un lado que el ensanchamiento de las cavidades no es muy grande, y por otro, que la infiltración supera al escurrimiento en mediana escala, por lo que es una zona de permeabilidad media, excepto en las zonas de los grandes poljes y uvalas en que es mucho mayor. Los aspectos geológicos de la región nos indicarán el desplazamiento del agua subterránea.

Como se ve el paisaje kárstico es extremadamente variado y su diversidad depende sobre todo de las circunstancias evolutivas que han ocurrido en darle su carácter actual.

## APLICACIONES

La información que se ha expuesto a lo largo de este trabajo, sustancialmente original, consideramos que puede ser útil a diversos especialistas en la solución de problemas de diversa índole. Un ejemplo de ello, lo constituye el mapa de densidad de la disección del relieve, el cual expresa por un lado el recurso agua, ya que trata sobre los valores de concentración de corrientes fluviales en longitud por unidad de superficie, o sea que se está aportando un elemento importante para los estudios hidrológicos mismo que puede ser complementado con otros parámetros como la precipitación, evapotranspiración, escurrimiento, infiltración, etc.

Por otro lado, este mapa expresa el grado de erosión por la acción fluvial que ha sufrido el relieve a través del tiempo y permite asimismo, reconocer las zonas en que la erosión fluvial se está produciendo con mayor intensidad como algunas porciones del piedemonte y las laderas montañosas más antiguas constituidas por rocas de poca resistencia a los procesos erosivos.

También, a partir de este mapa se pueden reconocer zonas de alta infiltración como son las de las mesas de rocas calizas donde los valores de disección son muy bajos a pesar de altos valores de precipitaciones pluviales (1 500 mm por año).

Uno de los problemas más interesantes que se presenta en esta zona en estudio es el de las aguas subterráneas y las formas del relieve que se originan.

De acuerdo con esto, se presentan dos casos interesantes; uno, el del agua subterránea, la dirección de su escurrimiento y su caudal, lo que es importante de reconocer para su aprovechamiento racional; hay que señalar que las potentes corrientes subterráneas se presentan en varias regiones de la República Mexicana, en la Sierra Madre del Sur y en la Sierra Madre Oriental, y en muchos casos sobretodo en la Sierra Madre del Sur desaguan directamente al océano, no aprovechándose este recurso.

A partir de las observaciones geomorfológicas en la superficie y en el subsuelo (en las formas kársticas), se obtienen elementos muy importantes para comprender el comportamiento general de las aguas subterráneas.

En relación con esto, está, y como segundo elemento, el relieve kárstico, siendo recomendable continuar estas investigaciones (aunque en realidad han sido continuadas por la Asociación de Exploraciones Subterráneas) con el fin de determinar todas las formas kársticas superficiales; primero porque son las bocas que captan a las aguas de infiltración y segundo porque son las entradas a posibles oquedades profundas.

El trabajo de campo desarrollado en la exploración de cavernas ha sido solamente una parte de todo el trabajo espeleológico (científico-deportivo realizado por un grupo de espeleólogos mexicanos). Con esto se cumplirá un objetivo importante de establecer un catastro de cavernas del estado de Colima y parte de Jalisco.

El saber hasta donde ha avanzado un área particular en el ciclo kárstico, determinará las localidades más apropiadas para buscar agua en estos terrenos. La carta geomorfológica, clasifica las formas del relieve en términos generales de acuerdo con su génesis y constitución litológica. Esta puede ser útil en la planificación de

grandes obras de ingeniería, búsqueda de aguas subterráneas e incluso como complemento a los estudios de geología minera, que se llevan a cabo en las regiones contiguas donde hay importantes recursos naturales.

Esto es un recurso potencial extraordinario que tiene México y que se ha aprovechado en grado mínimo.

Consideramos a estas aplicaciones las más importantes de nuestro trabajo.

## CONCLUSIONES

Esta zona del estado de Colima y parte de Jalisco, es de un gran interés desde el punto de vista regional, ya que se presenta la unión de varias estructuras, como son las sierras Madre del Sur, Occidental y el Sistema Volcánico Transversal, y asociadas a ésta, está la trinchera mesoamericana.

Por esto mismo, aquí se conjugan rocas volcánicas recientes (Volcán de Fuego de Colima), metamórficas, intrusivas y sedimentarias plegadas.

Contemplando solamente la zona en sí, su mayor interés geomorfológico radica seguramente en el gran desarrollo que tienen las formas kársticas en una pequeña localidad constituida por una meseta.

Este tipo de estructuras es característico también de la Sierra Madre Oriental: mesas de caliza a alturas superiores a los 2 500 msnm donde se desarrolla una gran cantidad de formas subterráneas y la mesa delimitada por laderas empinadas.

El relieve de la zona estudiada consiste predominantemente en laderas montañosas de diversa constitución y con grados muy variables de modelado.

La erosión de estas laderas ha originado las superficies de piedemonte y otros depósitos exógenos. La zona se ve afectada por las acumulaciones piroclásticas recientes del volcán de Fuego de Colima.

Es muy probable que la actividad volcánica cuaternaria no haya cubierto en gran parte el relieve actual por un posible levantamiento tectónico que incluye a la mesa kárstica, ya que se trata de una región tectónicamente activa y de fuerte sismicidad.

En esta zona se reconocen 40 cavernas aunque su número total es mayor. En sí, el desarrollo de este tipo de cavidades y formas, está asociado a las fallas y fracturas que presentan las calizas de los Cerros de Enmedio, Grande y de Toxín y que son de tipo vertical.

En el caso de las simas totalmente verticales, éstas parecen haber tenido una génesis completamente

tectónica, es decir, la disolución no ha influido en ellas, solamente la acción erosiva y abrasiva del agua, ha modificado un poco su morfología original.

Las calizas difieren en su volumen de agua principalmente de acuerdo con el grado en que sus diaclasas y planos de estratificación han sido ensanchados por la disolución. Esta permeabilidad varía considerablemente según la topografía de la región, siendo mayor por debajo y adyacente a los bajos topográficos o valles, así, las aberturas de disolución, con su permeabilidad incrementada, son de importancia en la valoración de las posibilidades de obtener agua. Del mismo modo, los manantiales kársticos constituyen las principales fuentes de agua, ya que a medida que la evolución kárstica progresa, un mayor porcentaje de escurrimiento es desviado a más pasajes abiertos por la disolución provocando que los ríos superficiales disminuyan en cantidad y a menudo sean temporarios.

Como ya se dijo anteriormente, hace falta un conocimiento más profundo del área kárstica en particular, con el fin de que un conocimiento geomorfológico de ella más amplio pueda ayudar en la correcta valoración de los materiales superficiales y de la configuración del perfil del sustrato para lo que se pretenda.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Alfred Bogli, 1980. Karst Hydrology and Physical Speleology. Springer-Verlag. N. Y.
2. Constantino H. Sergio, 1966. Geología de los Volcanes de Colima, Tesis. UNAM.
3. Derrau M., 1970. Geomorfología. Ed. Ariel, Barcelona
4. Demant, A., 1982. El Eje Volcánico Transmexicano. Tesis Doctoral. Francia.
5. Eternod A., 1981. "El análisis de la disección del relieve por métodos morfométricos". Memoria del VIII Congreso Nacional de Geografía. Toluca.
6. Fernández Rubio Rafael, 1981. "Nociones de Hidrogeología Kárstica" Secc. P. Castellana C. Espel. Madrid.
7. Glennie, Enrique, 1920. Las Minas de "El Mamey", Municipio de Minatitlán, Colima. "Boletín Minero", México, Secretaría de Gobernación.
8. Gorshkov G., Yakushova A., 1979. Geología General. Ed. Mir. Moscú.
9. Geología de la República Mexicana. 1982. SPP.
10. Lazcano S., Carlos, 1983. "Estudio Preliminar del Karst del Cerro Grande, Estados de Jalisco y Colima". Memoria IX Congreso Nacional de Geografía. Guadalajara.
11. López Ramos, E., 1979. Geología de México. Vol. III, (s/e).
12. Llopis Lladó, N. 1970. Fundamentos de Hidrogeología Kárstica. Ed. Blume, Madrid.

13. Leet and Hudson, 1975. "Fundamentos de Geología Física". Ed. Limusa. México.
14. Manual de Distribución de Suelos existentes en el País, según el sistema de FAO/UNESCO. 1980. Chapingo.
15. Ortiz Santos, Gabriel, 1944. "La Zona Volcánica Colima del Estado de Jalisco", s/e. Guadalajara.
16. Pano Arciniega, Antonio, 1975. "Estudio Geológico del Prospecto Pihuamo", Estados de Jalisco, Colima y Michoacán. Superintendencia General de Exploración, PEMEX.
17. "Reserva Geológica del Estado de Jalisco". 1937. Instituto de Geología. UNAM.
18. Rodríguez Aldaco, Valentín, 1960. "Estudio Geológico Regional de la Zona Ferrifera de Pihuamo, Jalisco". Tesis. UNAM.
19. Solis Vorrath, Jorge, 1961. "Bosquejo Geológico de una parte de los estados de Jalisco y Colima". Tesis. UNAM.
20. Strahler A.N., 1979. Geografía Física. Ed. Omega. Barcelona.
21. Síntesis Geográfica de Colima, 1981. Coord. Gral. de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. SPP. México.
22. Síntesis Geográfica de Jalisco, 1981. Coord. Gral. de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. SPP. Mexico.
23. Thornbury, W., 1960. Principios de Geomorfología. Ed. Kapeluz. Buenos Aires.

## CARTOGRAFIA CONSULTADA

DEGETENAL: 1977. Cartas Geológicas, escala 1:50 000 Claves: E13B23, E13B33, E13B24 y E13B34. SPP.

DEGETENAL: 1976. Cartas Topográficas, escala 1:250 000, claves: E13-2-5 y E13-3. SPP.

Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1:2 000 000, compilada por Ernesto López Ramos, 4a. Edición. 1976.

Carta de Climas, escala 1:500 000, clave: Colima 13Q-VI y Zacatula 13Q-VIII. Secretaría de la Presidencia. 1978.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA