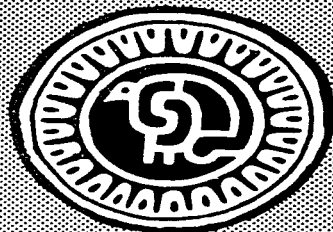


tesis

**G geomorfología de la cuenca
del río la Bufa, estado
de México
(un enfoque morfoestructural)**

LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

y o l a n d a q u e r o g a r c í a



17178

1622



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

GEOMORFOLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO LA BUFA,
ESTADO DE MEXICO
(un enfoque morfoestructural)

YOLANDA S. QUERO GARCIA
TESIS PROFESIONAL
COLEGIO DE GEOGRAFIA
FACULTAD DE FILOSOFIA
Y LETRAS, U N A M .

1977.

A Coca,
carifiosamente.

Mi más sincero agradecimiento
al Lic. Rubén López Recéndez.

Hago constar mi gratitud al Instituto de Geografía por permitirme elaborar este estudio dentro de su programa de investigaciones, y en especial a mis maestros y compañeros de la Sección de Geomorfología por sus enseñanzas y sugerencias; al Prof. Carlos Jaso Vega, por la revisión de la tesis; al Ing. Angel Huipio por su orientación e indicaciones, y a todas aquellas personas que con su ayuda colaboraron para que fuera posible la presentación de este trabajo.

CONTENIDO

INTRODUCCION

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PAISAJE FISICO
2. EL MARCO ESTRUCTURAL
 - Secuencia estructural.
 - Importancia litológica.
 - Influencia de la tectónica regional.
3. LA ESTRUCTURA GEOMORFOLOGIA
 - Definición de unidades morfoestructurales
 - Tipos de relieve y su génesis
4. CONCLUSIONES
5. BIBLIOGRAFIA

TABLAS Y MAPAS

Tabla I. Resumen del análisis petrográfico de la cuenca.

Tabla II. Resumen de la clasificación de los tipos de relieve de la cuenca.

Mapa No. 1 Localización de la cuenca del río La Bufo.

Mapa No. 2 Red hidrográfica.

Mapa No. 3 Elementos topográficos.

Mapas adjuntos:

Mapa No. 4 Litología

Mapa No. 5 Unidades morfoestructurales y cortes estructurales.

Mapa No. 6 Tipos de relieve.

INTRODUCCION

Dado el rápido desarrollo de nuestro país, la exigencia de estudios técnicos prácticos y de aplicación inmediata en las zonas con mayores problemas, se hace de imperiosa necesidad; por tal razón, consideramos necesario elegir una zona que, a la vez que reuniera condiciones de accesibilidad que facilitasen el desarrollo del trabajo de campo, presentara una problemática tal que justificara un estudio fundamentado.

Tras de evaluar diferentes zonas cercanas a la cuenca de México, se consideró que la del río La Bufa, en el Estado de México, reunía una serie de características apropiadas a nuestro objetivo.

En efecto, la cuenca ha empezado a manifestar en su equilibrio ecológico, problemas que se agudizan por el empleo de prácticas irracionales como talas, sobrepastoreo, actividades agrícolas inadecuadas, etc. Cabe señalar que estos problemas no sólo afectan a la zona en cuestión sino, también, a las regiones aledañas.

Además, su proximidad con la gran ciudad de México ha provocado, por una parte, la explotación, en forma acelerada, de sus recursos naturales, y, por otra la afluencia de una población que, con fines recreativos, utilizan la cuenca para usos ajenos a su vocación.

Por otra parte, la cercanía con el Valle del Mezquital acentúa la posibilidad de deterioro del medio natural, dada la influencia de desertización que dicho valle ejerce.

Conscientes de esta realidad, pensamos que un estudio geomorfológico proporcionaría una base sólida para analizar estos

problemas en su lógica interna y, a partir de ellos, hacer recomendaciones que pudieran resultar valiosas para futuros programas de planeación del medio natural.

Sabíamos que la empresa no era simple puesto que, como la mayor parte del país, la zona carecía de estudios básicos y de datos confiables en los que pudiéramos apoyar nuestro trabajo. En esas condiciones, con el fin de tener un conocimiento integral de la zona, se efectuó, primero, una fotointerpretación sobre pares estereoscópicos, a escala 1:25 000, de los diferentes recursos que comprenden el medio natural, seguida de la correspondiente verificación de campo y del análisis de muestras en el laboratorio.

Al ir avanzando en nuestro conocimiento de la dinámica del medio natural, nos percatamos de que se planteaban tres enfoques distintos: uno vinculado al carácter estructural de la cuenca, otro, asociado a las características morfoclimáticas y, por último, el que se refiere a los problemas que se encuentran ligados al funcionamiento hidrodinámico.

Toda vez que cada uno de ellos requiere de estudios técnicos confiables no sólo para definir su gravedad, sino para su solución, optamos por concretarnos a un tema, decidiendo que el presente trabajo sólo abarcase la primera etapa del estudio integral de la cuenca, la relacionada con el carácter estructural, dejando para publicaciones posteriores los dos estudios siguientes.

Sin embargo, con el fin de proporcionar una idea general de la situación del medio natural y de su comportamiento, iniciamos nuestro trabajo con un informe general de los elementos del paisaje físico en su marco geográfico.

La segunda parte de este trabajo, "el marco estructural", constituye el fundamento principal del estudio; en él se analizan la importancia de los materiales litológicos que afloran en la cuenca; la evolución geológica de la misma, ubicada en el tiempo y en el espacio; así como la influencia tectónica que ha sufrido a través del tiempo.

Una vez determinado ese soporte estructural, se procedió a definir las estructuras geomorfológicas por medio de la identificación y descripción de las unidades que las comprenden, así como a representar y describir los tipos de relieve que las caracterizan, incluyendo cortes estructurales, mapas y análisis litológicos.

Creando haber cumplido con esas premisas sentamos una serie de conclusiones acerca de los acontecimientos estructurales sucedidos en la cuenca, así como de las consecuencias de dichos aspectos, a fin de estar en condiciones de hablar sobre el funcionamiento estructural de la cuenca y del futuro que espera a la presa Danxhó, cuerpo de agua que recibe todos los drenes de la cuenca en estudio.

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PAISAJE FISICO

La cuenca drenada por el río La Bufo, desde sus orígenes en el cerro La Bufo hasta su afluencia en la presa Danxhó, comprende un área de 87.65 Km².

Queda comprendida entre los meridianos 99° 30' 28" y 99° 38' 23" de longitud Oeste y los paralelos 19° 53' 45" y 19° 39' 15" de latitud Norte, con una sensible orientación norte-sur.

Se localiza al norte del Estado de México, a lo largo de los municipios de Chapa de Mota y, en su extremo sur, en una pequeña porción del de Villa del Carbón. De forma subcónica, colinda al norte con la cuenca del río Tlautla, al este con la del río San Jerónimo y al oeste y sur con la cuenca del río Lerma. (Véase mapa No. 1). La topografía del terreno sobre el que se extiende la cuenca es en general accidentada, tornándose un poco suave hacia su parte norte.

Las principales formaciones montañosas, que ocupan poco más del 50% de la superficie total de la cuenca, son las sierras de Monte Alto y Monte Bajo hacia el sur, con una altitud de 3 100 m sobre el nivel del mar, la sierra de Las Palomas al poniente, con 3 250 m, como promedio; la sierra de Las Masas por el oriente con 3 000 m y por el norte la sierra de Jilotepec con 3 100 m, como altitud máxima. Gran parte de la cuenca, en sus zonas altas, se encuentra cubierta de bosques que se han desarrollado sobre suelos de Andosoles y Feozem.

El resto del terreno de la cuenca, con altitudes de unos 2 250 m, se encuentra ocupado por planicies residuales, de pequeña extensión en la zona sur, que hacia el norte se ensanchan considerablemente. Dichas planicies se ubican entre las principa

LOCALIZACION DE LA CUENCA DEL RIO LA BUFA

mapa n.º. 1

19°55'

CUENCA DEL RIO TLAUTLA

19°50'

19°45'

CUENCA ALTA DEL RIO TEPEJI

19°40'

CUENCA DEL RIO LERMA

CUENCA BAJA DEL RIO TEPEJI

19°35'

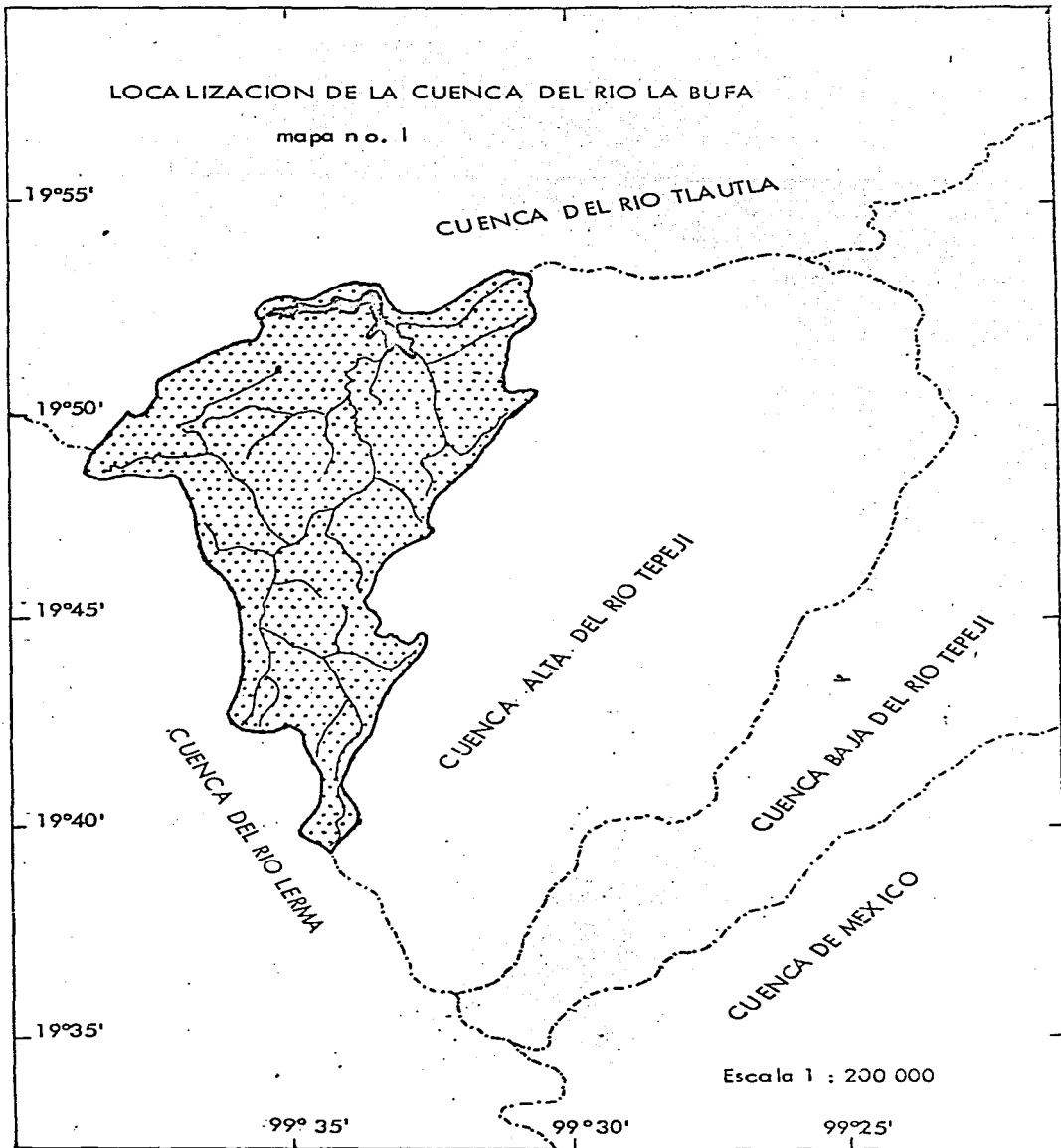
CUENCA DE MEXICO

99° 35'

Escala 1 : 200 000

99° 30'

99° 25'



les formaciones montañosas, definiéndolas como sistemas montañosos aislados unos de otros. En la mayor parte de estos llanos encontramos vegetación a base de pastizales.

Además, la zona sur se caracteriza por estar ocupada por un leve talud, con ligeras ondulaciones, en el cual los pastizales se extienden ampliamente, y sólo en pequeñas porciones encontramos zonas arboladas.

Esta cuenca, que forma parte de la gran cuenca del río Tula, se extiende sobre una zona con características netamente volcánicas, con materiales tales como lavas, brechas, cenizas, tobas y diversos materiales piroclásticos, cuyo origen se ubica en el neógeno.

Es una zona en la que, según la clasificación de Koeppen adaptada a México por E. García⁽¹⁾, se presenta un clima templado subhúmedo, intermedio en cuanto a su humedad; con régimen de lluvias en verano y bajo porcentaje de lluvia invernal, en el que las oscilaciones térmicas medias anuales son del tipo isothermal (menores de 5°C) y cuyo máximo de temperaturas medias ocurre antes del solsticio de verano; correspondiente a la clave Cw₁ (w) big.

Estas características climáticas son casi uniformes en toda la cuenca, con pequeñas variantes en cuanto a temperatura y humedad se refiere, producidas principalmente por diferencias en altitud.

(1) García de Miranda E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Talleres Offset-Larios, S.A. México.

En la divisoria de las aguas con la cuenca del alto Lerma, a 3 350 metros sobre el nivel del mar nace la corriente principal que drena el área motivo de este estudio, con rumbo general de sur a norte (véase mapa No. 2). El arroyo El Pescado, nombre con el que inicia su escurrimiento, nace en el cerro de San Pablo, mejor conocido como La Bufa, por su apariencia geológica, en un punto que se localiza a 12 kilómetros al este-sureste del poblado de Santiago Yetche, en el Estado de México y que forma parte de la Sierra Catedral.

En esta porción sur la cuenca se caracteriza por presentar numerosos escurrimientos con sensible dirección sur-norte, tales como los arroyos La Ciénega, Cosmoncua, La Escondida y otros que, junto con el caudal del arroyo El Pescado, forman el río Salito. Los escurrimientos de esta área son captados por la presa La Concepción que se localiza hacia la región central de la cuenca y que tiene finalidades reguladoras.

Aguas abajo de la presa La Concepción, el río cambia su nombre por el de La Bufa, siguiendo un curso general norte-este. Recibe por la margen derecha al río La Virgen, de carácter perenne, y la aportación de numerosos arroyos temporales. La topografía de este tramo está constituida por dos unidades volcánicas, separadas por una estrecha planicie, en las que se presenta una densa red de escurrimientos que drenan rápidamente la zona. Al llegar a la zona de material tobáceo, a la altura del poblado de La Ladera, la permeabilidad del cauce se reduce, aumentando considerablemente el gasto del río. Recibe en esta zona aportaciones de escasa importancia conducidas por los arroyos Dongú, La Ciénega, Las Canoas, Tenango, etc.

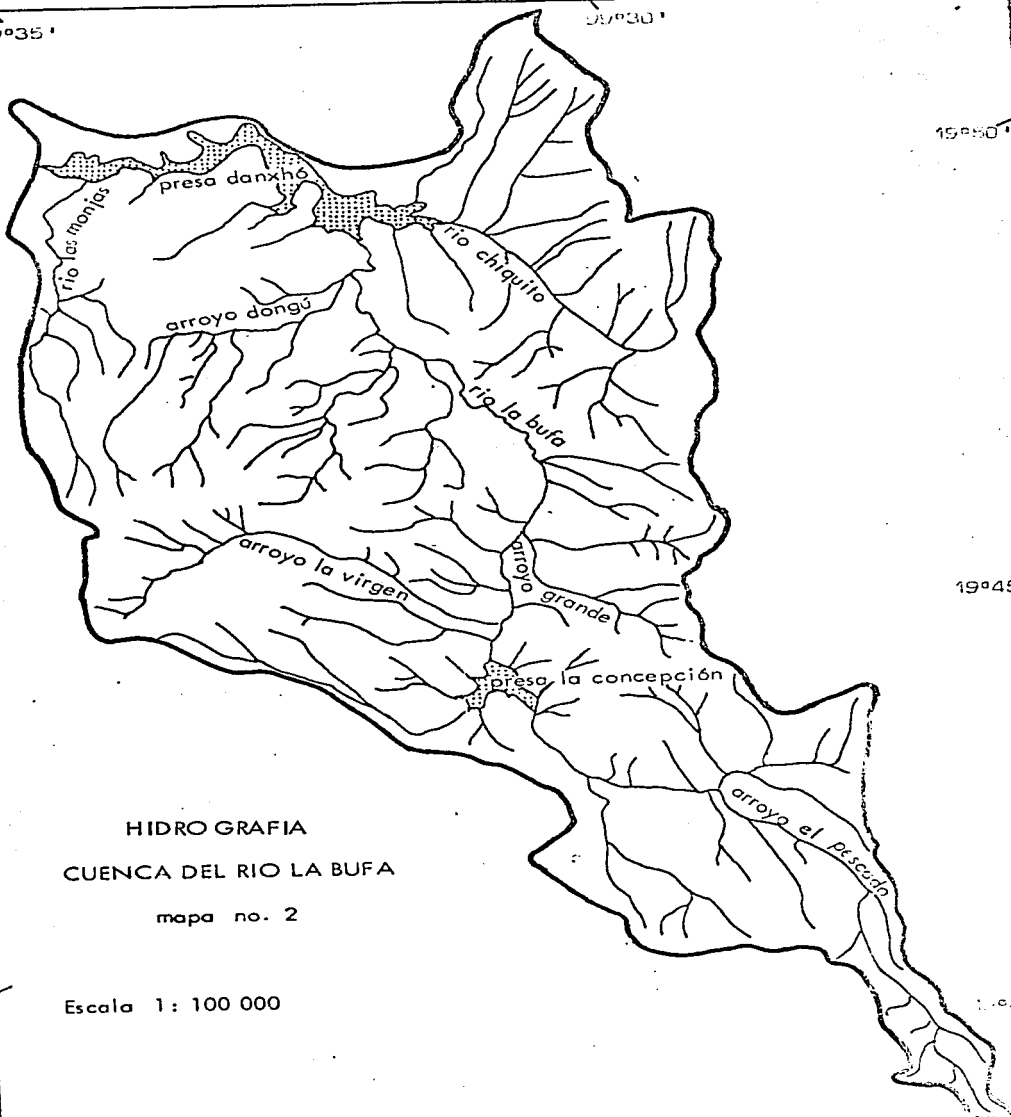
Finalmente, el río La Bufa vierte sus aguas en la presa Danxhó localizada 10 kilómetros al sureste de la población de Ji

99°35'

99°30'

19°50'

19°45'



HIDROGRAFIA
CUENCA DEL RIO LA BUFA

mapa no. 2

Escala 1: 100 000

lotepec, en el municipio del mismo nombre, en el Estado de México. La presa fue construida por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, de 1945 a 1951, con el objeto de aprovechar las aguas del río para beneficiar 4 985 hectáreas del distrito de riego de Jilotepec, México, y para otros usos secundarios.

Ligeramente aguas arriba de la cortina de la presa, a una altitud de 2 370 metros sobre el nivel del mar, el río recibe por la margen izquierda a su único aportador de importancia, el río Las Monjas que drena la parte noroeste de la depresión norte de la cuenca. Se origina éste en el cerro Las Palomas, a una altitud de 3 250 metros sobre el nivel del mar, sigue un curso norte y recibe las aportaciones del arroyo Ximojai hasta, finalmente, descargar en la presa Danxhó.

Después de la cortina de la presa el río recibe el nombre de Coscomate y posteriormente Tlautla, poco antes de afluir, por la margen derecha, al río Tula.

La mayor parte de los escurrimientos se presentan con carácter intermitente. Durante los meses de junio a septiembre puede apreciarse una actividad hidrológica intensa, mientras que de octubre a mayo se observan sólo ligeros hilos de agua eventuales, mismos que desaparecen en su mayor parte en los meses de noviembre a febrero; datos que nos permiten inferir que la principal alimentación hidrológica de la zona es de carácter pluvial, dependiendo básicamente de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones.

Sólo dos corrientes se presentan con caudales permanentes durante todo el año: el río Salito, que posteriormente se convierte en el río La Bufa, y el río La Virgen, de menor importancia.

En la ladera sureste de la sierra Palomas y en las zonas planas encontramos algunos bordos y depósitos de agua, así como jagüeyes que en la región ayudan al almacenamiento de aguas.

Esta cuenca, tributaria de la del río Tula, corresponde al tramo de origen de este gran colector general en una zona que presenta características de franca degradación ambiental producida principalmente por acciones antrópicas. Situada al pie de la sierra Catedral drena un terreno de composición francamente volcánica en la que se reconocen los siguientes elementos topográficos:

A. Macizos montañosos

B. Las planicies

C. El Talud

(Véase mapa No. 3)

A. La región de los macizos montañosos está representada por cuatro elementos volcánicos, dispuestos a manera de sierras, cuyos derrames y efusiones manifiestan una petrología esencialmente intermedia, aunque existen también intercalaciones de material básico que, por sus extensiones, no son cartografiables; asimismo, a esta región corresponden las elevaciones volcánicas menores caracterizadas por acumulaciones cineríticas.

El extremo sur de la cuenca está ocupado por las laderas del cerro La Bufa, que recibe su nombre debido a su apariencia geológica aunque se trata en realidad de un cuello volcánico. Este elemento montañoso forma parte de las estribaciones de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo y se encuentra compuesto por andesitas, en la parte alta, y derrames de material he

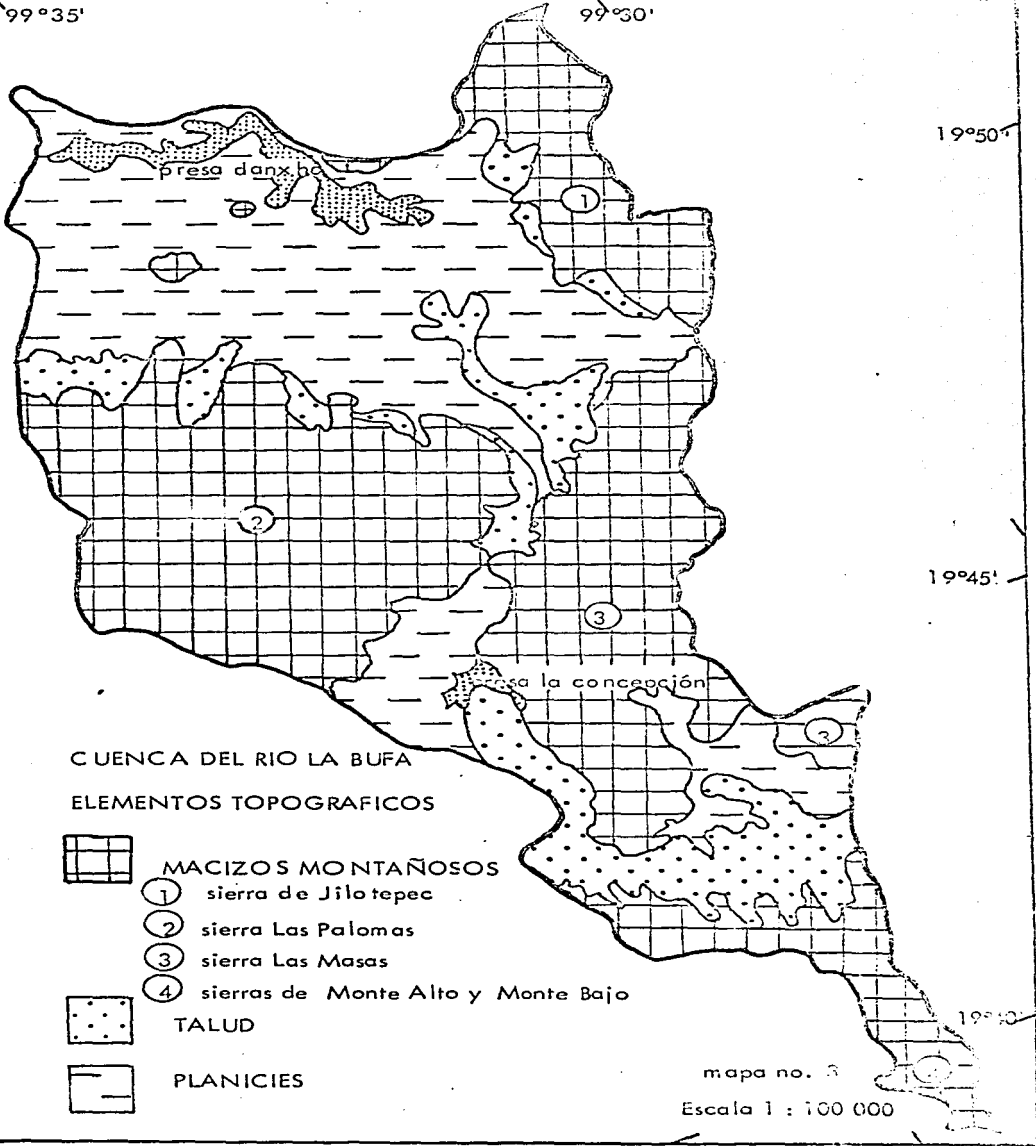
99°35'

99°30'

19°50'

19°45'

19°40'



CUENCA DEL RIO LA BUFA
ELEMENTOS TOPOGRAFICOS



MACIZOS MONTAÑOS

- ① sierra de Jilo tepec
- ② sierra Las Palomas
- ③ sierra Las Masas
- ④ sierras de Monte Alto y Monte Bajo



TALUD



PLANICIES

mapa no. 3
 Escala 1 : 100 000

terogéneo formado por rocas intermedias de variados tamaños, englobadas en una matriz tobácea, en la parte baja.

Hacia el centro de la cuenca se localizan dos complejos de origen volcánico constituidos en su mayor parte por andesitas. El complejo oriental, representado por la sierra Las Masas, lo forman nueve conos volcánicos de contenido petrográfico andesítico, aunque localmente se encuentran porciones de basaltos e ignimbritas asociadas a este material.

El complejo que ocupa mayor extensión se localiza en la porción centro-occidental de la cuenca y está formado por derrames andesíticos producidos por seis edificios volcánicos en los que se observan fuertes fracturas litológicas.

El cuarto complejo se localiza en el extremo noreste; se trata de las estribaciones sur-occidentales de la sierra de Jilotepec y se caracteriza, también, por su composición litológica intermedia.

En la zona centro-norte de la cuenca, en las cercanías a la presa Danxhó aparecen, en forma aislada, acumulaciones de materiales piroclásticos en forma de conos de erupción a los que se ha clasificado como conos cineríticos, entre los que se encuentra el Santa Elena. Se trata de pequeños edificios volcánicos formados por brechas, cenizas y tezontle, principalmente.

En forma general, en este elemento topográfico predominan aquellos formados por materiales volcánicos que comúnmente tienen un horizonte de superficie oscura, por efecto de las cenizas volcánicas poco intemperizadas, y porciones variables de acumulaciones de materia orgánica, principalmente en la parte superficial; en la vertiente septentrional de la sierra Cate

dral, zona que se caracteriza por fuertes pendientes (mayores al 20%) encontramos Andosoles húmicos (Th) que son suelos con más del 60% de cenizas volcánicas, ricos en vidrio y otros ma teriales piroclásticos, y en los que, debido a la facilidad que presentan para ser intemperizados, su textura varía desde migajones arenolimosos, hasta arcillosos y francos con consis tencias untuosas.

En las sierras Las Masas, Las Palomas y Jilotepec, así como en los conos cineríticos, encontramos Andosoles mólicos (Tm), que son suelos que tienen las mismas características que los Andosoles húmicos, excepto el contenido de materia orgánica que en los mólicos se acumula en mayor proporción debido a la mayor abundancia de bosques.

Una pequeña porción al sur de la sierra Las Masas contiene, sobre pendientes suaves (menores del 8%), suelos con colora ciones pálidas, muy porosos y con alta retención de agua, ca racterísticas correspondientes a los Andosoles ócricos (To).

En la ladera septentrional de la sierra Las Masas, las porcio nes que han estado sujetas a fuertes procesos erosivos y de iluviación ofrecen suelos con acumulaciones de arcilla iluvia da y concreciones de óxidos de fierro y sílice a los que se conoce como Luvisoles crómicos (Lc).

Debido a la gran porosidad característica de este grupo de suelos, que favorece notablemente la infiltración, la presen cia de Andosoles en la cuenca representa una fuente de abaste cimiento de agua para los mantos freáticos pero, por otra par te, la escasa compactación de sus materiales los hace fácil mente denudables. Por tales motivos, la cobertura vegetal que los protege representa un factor decisivo en su conservación

y funcionamiento como recarga acuífera.

En los cuatro macizos volcánicos las áreas afectadas por la desforestación han dado lugar, en el mejor de los casos, al desarrollo de pastizales que representan un elemento básico en la protección de estos suelos, ya que se presentan en terrenos con pendientes del 15 al 20%, sobre rocas tobáceas fácilmente deleznables.

En numerosas ocasiones la deforestación se ha efectuado con el fin de dar lugar a terrenos de cultivo que, al afectar terrenos con Andosoles, provocan el desarrollo de procesos críticos con una problemática difícilmente solucionable.

La parte superior de la sierra Las Palomas presenta una pequeña planicie intermontana en donde la desforestación ha alcanzado proporciones críticas. Actualmente se practica agricultura de temporal y gran sobrepastoreo lo que ha provocado fuertes procesos erosivos y la ausencia casi total de la delgada capa de suelos.

En la mayor parte de los aparatos volcánicos de la zona se localizan amplias zonas de bosques de pino-encino, con diversas especies representativas y en proporciones variables. Estos bosques que crecen entre los 2 700 y 2 950 metros sobre el nivel del mar, muestran un estado semiperturbado con posibilidades de regeneración.

Sólo una pequeña zona localizada en el extremo sur de la cuenca, al pie del cerro La Bufa, a más de 3 000 metros sobre el nivel del mar, presenta óptimas condiciones de conservación.

En la sierra Las Masas se localizan en su flanco sur, entre los 2 800 y 3 000 metros sobre el nivel del mar, pequeños nū

cleos bien conservados de bosques de coníferas que forman comunidades de 10 a 20 metros de altura y cuyo género principal es el Pinus.

El resto de la sierra, a altitudes superiores a los 2 850 metros, presenta bosques de encino en buen estado de conservación, con comunidades de 4 a 14 metros de altura y dominio del género Quercus.

Los bosques de la Sierra de Jilotepec se presentan a altitudes entre 2 800 metros y 3 000 metros sobre el nivel del mar. Son áreas forestales de encinos en buen estado de conservación; sin embargo, al pie de estas áreas la deforestación ha causado acarreamientos críticos sobre terrenos tobáceos.

Como el área forestal se encuentra en la cuenca sobre suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, con espesores de 25 a 50 cm, la importancia de este elemento vegetativo para la recarga de acuíferos e infiltraciones hipodérmicas es primordial.

Es evidente la importancia de proteger contra procesos erosivos la zona donde se producen las infiltraciones.

Al desaparecer la cubierta forestal, los suelos son erosionados y depositados por el agua en las partes bajas obturando los conductos por donde circulan las aguas subterráneas y formando una capa impermeable compuesta por las partículas más, finas que arrastran las aguas; o, bien, al desaparecer por completo la capa donde se realizan las infiltraciones, estas aguas se convierten en escurrimientos concentrados que provocan la formación de cárcavas. Si este proceso erosivo no se detiene, el ciclo hidrológico se verá sensiblemente modifica

do, disminuirá el régimen de lluvias, aumentará el valor de la evapotranspiración y, por tanto, tenderá a disminuir el volumen de agua que actualmente se infiltra. De la conservación y restauración que de la vegetación se haga, dependerá la abundancia y permanencia del caudal de las aguas.

B. Las planicies se encuentran representadas por tres regiones llanas, dos de ellas muy reducidas, en tanto que la tercera, la más representativa, ocupa toda la porción norte de la cuenca, estrechándose paulatinamente hacia la zona sur.

Esta zona sur se encuentra entre las sierras de Monte Alto, Monte Bajo y Las Masas, sobre depósitos volcánicos heterogéneos que se presentan en forma de aglomerados y conglomerados volcánicos. A medida que la zona se extiende hacia el centro de la cuenca, se encajona entre los macizos de las sierras Las Mazas y Palomas, acentuándose el predominio de material tobáceo.

La zona norte de esta depresión ocupa las porciones más bajas de la cuenca y se caracteriza por ser la más amplia y en la que la presencia de tobas compactas, poco permeables, se intercala con basaltos vesiculares localizados en el lecho del río y la presa Danxhó; en las regiones de menor pendiente, como resultado de la depositación de las corrientes, se puede apreciar la presencia de acumulaciones, de poco espesor, de materiales aluviales.

La capa edáfica que se desarrolla en este elemento está representada principalmente por suelos Feozem y sólo la porción sur presenta suelos oscuros desarrollados a partir de materiales vítreos y acumulaciones de materia orgánica tales como los Andosoles húmicos, anteriormente citados.

En la porción central se localizan suelos ricos en materia orgánica, bien desarrollados y con acumulaciones iluviales de arcilla, éstos son los Feozem lúvicos (H1).

Asociados a los mismos, en la porción norte de la depresión encontramos Feozem háplicos (Hh), que son suelos que siguen una secuencia normal y simple en sus horizontes, mientras que en una pequeña porción, al oeste de la presa Danxhõ, se puede apreciar la presencia de Feozem gléyicos (Hg), cuya propiedad principal es la presencia de humedad excesiva en sus primeros 50 centímetros, particularidad que se refleja por colores azules que cambian con la exposición al aire. Estos son suelos con gran saturación de agua a causa de las frecuentes inundaciones.

En la cuenca, la textura del grupo de suelos Feozem es fina, formada por arcillas, arcillas limosas, arcillas arenosas, margas arcillosas y migajones limo-arcillosos con más del 35% de arcillas.

En general, las pendientes del terreno donde se localizan estos suelos son suaves (Menores del 8%) pero con ligeras ondulaciones.

La mayor parte de los terrenos de Feozem son objeto de actividades agrícolas. Las planicies y zonas más bajas se destinan a la práctica de la agricultura temporal anual, y asociada a ésta se encuentran algunas parcelas destinadas a la agricultura permanente, pero ésta se practica en forma muy limitada.

Infortunadamente, la ampliación de la agricultura ha propiciado su práctica sobre terrenos débilmente desarrollados y con mayores pendientes, provocando el deterioro de ellos. Cuando en terrenos con suelos bien desarrollados, como los Feozem,

se practica la agricultura, la degradación en los suelos constituye un problema que, atacado a tiempo, puede ser factible de solucionar. Sin embargo, cuando la práctica de esta actividad afecta terrenos con suelos de Andosoles, la denudación del suelo trae consigo la presencia de procesos erosivos difícilmente combatibles.

Toda vez que la cuenca presenta en su mayor parte Andosoles, y en un porcentaje muy limitado, sobre las zonas bajas, sobre los Feozem, la agricultura tiende a desarrollarse con consecuencias nefastas para la región.

En aquellas porciones de las zonas planas que no se dedican a la agricultura encontramos partizales con agrupaciones de amacolladas, como Heteropogon contortus y zacate espigado (Hilaria cenchroides).

En la depresión norte dichos partizales han estado sujetos a un intenso sobrepastoreo, motivo por el que actualmente esta zona enfrenta problemas denudatorios.

La zona sur de la cuenca no presenta aún problemas de importancia, sin embargo, algunas evidencias de perturbación empiezan a reflejarse, toda vez que la aparición de algunos partizales se debe a la desaparición de la capa boscosa que inicialmente se desarrolló en la cuenca.

C. El talud es un elemento formado por materiales desprendidos de las partes altas de los macizos montañosos, y por acumulaciones volcánicas. Se presenta al pie de la ladera suroccidental de la Sierra de Jilotepec, en la septentrional de las sierras de Las Palomas y Las Masas, y al pie de la sierra de Monte Alto y Monte Bajo.

La composición litológica que presenta el talud, por el norte, está representada por acumulaciones aluviales y coluviales de materiales muy finos, principalmente a base de arenas. En tanto que, al sur, el talud presenta una litología de origen volcánico representada por acumulaciones de materiales heterogéneos, aglomerados, brechas volcánicas y tobas, cuya característica principal es el estado caótico en que se presentan dichos materiales.

En este elemento encontramos gran variedad de suelos como Feozem, Andosoles y Litosoles en las zonas completamente desprovistas de vegetación.

Este elemento está altamente alterado, y hacia la zona sur, presenta bosques de encinos, matorrales subinermes, gramíneas y cultivos. Todos estos elementos vegetativos se encuentran muy degradados como consecuencia de las talas excesivas, el sobrepastoreo a que han estado expuestas las gramíneas y las malas prácticas agrícolas.

Por tanto, se puede inferir que estas áreas son las más débiles y más afectadas de la cuenca. De no ser regeneradas rápidamente, su deterioro conducirá a una pérdida total del talud, en deterioro de los recursos de la cuenca misma.

2. EL MARCO ESTRUCTURAL

Secuencia Evolutiva

La vecindad de la zona en estudio con la cuenca de México, nos proporciona la facilidad de extrapolar las conclusiones que se han obtenido sobre los acontecimientos geológicos que se sucedieron en esta última, al área ocupada por la cuenca del río La Bufa.

Los criterios más aceptados sobre la génesis y evolución de las diferentes estructuras geológicas de la cuenca de México son los que tratan sobre las secuencias formativas de las es tructuras volcánicas del terciario y cuaternario.

Durante el terciario superior (neógeno) se manifiesta un fuerte vulcanismo evidenciado por grandes emisiones de lavas ácidas, en sus primeras fases, hasta terminar con emisiones francamente andesíticas que sepultaron los elementos del paleógeno de los que no encontramos ninguna evidencia superficial. Probablemente este complejo de lavas andesíticas surgió en el plioceno medio y con ellas se originaron los macizos en las sierras de Monte Alto y Monte Bajo que forman el basamento principal de las formaciones de la cuenca cuyo origen se encuentra en emisiones de lavas surgidas en forma muy lenta; asimismo, paralela y simultáneamente se formaron, al este de la cuenca, la sierra Las Masas y al occidente la de Las Palomas, surgiendo, casi al mismo tiempo, la sierra de Jilotepec, en el extremo suroriental de la cuenca.

A fines del plioceno nuevamente disminuye la actividad volcánica, y es entonces cuando el predominio de un importante tectonismo da lugar a la formación de grandes afallamientos en

bloque con dirección SE-NW

Este afallamiento produjo la emisión de las lavas andesíticas que actualmente coronan las cumbres de las sierras de nuestra cuenca, así como la efusión de avalanchas ardientes con alto contenido de tobas pumíticas, bloques, cantos y gravas de origen volcánico frecuentemente separadas por delgadas capas de pómez (2) que, al depositarse al pie de la sierra conjuntamente con los materiales clásticos y poligénicos denudativos del terciario medio y superior, que son resultado de la acción de condiciones climáticas semiáridas seguidas de una época de lluvias torrenciales que afectaron la zona durante el pleistoceno, formaron un relieve volcánico denudatorio-acumulativo. Dicha formación corresponde, en la simbología empleada en la carta litológica, a los depósitos volcánicos heterogéneos que presentan como característica litológica relevante el estado caótico en que aparecen sus depósitos piroclásticos que se encuentran cementados por una matriz lodosa, de composición tobácea, frecuentemente alterada.

Simultáneamente a esta acción denudatoria nuevamente se intensificaron las erupciones volcánicas, que se manifestaron por medio de explosiones del tipo "peleano", e irrumpieron con grandes volúmenes de nubes ardientes, rellenando el terreno con material acumulativo volcánico de alto contenido tobáceo, arenoso y, en menor proporción, brechoide de composición andesítica y traquiandesítica, que parece haber sido depositado

(2) Bryan, K. 1948. "Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie Mexicana en relación con los cambios climáticos", Bol. Soc. Geol. Mexicana. V.13 pp. 1-20. México.

en un medio lacustre. Esta formación de avalanchas ardientes yace sobre los depósitos volcánicos heterogéneos del pleistoceno, sin haber sido determinados aún sus contactos.

Más tarde, y debido probablemente a un hundimiento acelerado, se desarrolló el vulcanismo del cuaternario superior, con la formación de conos aislados de origen basáltico de los que surgieron efusiones lávicas de poco alcance que recubrieron parte de los depósitos denudatorio-acumulativos de la planicie septentrional.

Por último, podemos observar, aún en la actualidad, un fenómeno de acumulación, producido por la acción fluvial, el cual ha formado en las zonas bajas, depósitos fluviales y aluviales de escaso espesor e importancia.

Importancia Litológica.

El estudio litológico de la cuenca del río La Bufo, se efectuó con base en observaciones directas por carecer de levantamientos confiables que pudieran servir de referencia. Con anterioridad, el geólogo Paul Waitz (3) realizó estudios previos a la construcción de la presa Danxhó y existen, además, referencias dispersas relacionadas con zonas circundantes (4) que, sin embargo, no satisfacen los requerimientos de este estudio.

(3) Paul Waitz. 1945. "Condiciones geológicas del sitio de la proyectada presa Danxhó, Jilotepec, México". Secretaría de Recursos Hidráulicos. México.

(4) Aparicio G.H. "Aprovechamiento de las aguas del subsuelo del Alto Río Lerma en el Estado de México". Tesis Profesional. UNAM. México.

Por tal motivo, se realizó primero una interpretación fotográfica sobre pares estereoscópicos a escala 1:25 000, señalando las unidades geológicas y los rasgos litológicos que las caracterizan, procediendo, posteriormente, a su comprobación y verificación con recorridos de campo en los que se efectuaron muestreos para análisis petrográficos, obteniendo los resultados que se exponen en la tabla No.I.

Con la información fotointerpretada se elaboró el mapa litológico que complementa este estudio y que muestra la distribución de las diferentes rocas que afloran en el área en estudio (véase mapa No. 4, adjunto).

Cada una de las unidades cartografiadas fue correlacionada con la formación geológica correspondiente, con el fin de ubicarla cronológicamente.

Toda vez que la cuenca ha estado sometida a intensos procesos tectónicos y volcánicos, que aún en la actualidad se siguen manifestando, la presencia de diferentes acumulaciones de depósitos piroclásticos que van desde el plioceno superior (neógeno) hasta la época actual, nos sugiere un origen eminentemente tectovolcánico. En amplias zonas encontramos rocas volcánicas entre las que predominan lavas andesíticas y basálticas, tobas y brechas volcánicas, así como diversos depósitos heteroogéneos.

Andesitas.

Las rocas andesíticas son el material más abundante en la cuenca y representan el elemento de mayor antigüedad en el área estudiada, constituyendo el basamento local.

Es probable que al final del mioceno o durante el plioceno,

al producirse las primeras emisiones de lavas andesíticas, surgidas en forma muy lenta, se hayan empezado a formar los macizos de las sierras de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, cuyas estribaciones constituyen el sur de la cuenca.

La formación Las Cruces se encuentra compuesta por una fuerte secuencia de brechas volcánicas epiclásticas de composición principalmente andesítica, con intercalaciones de derrames de lavas mesocráticas, porfídicas y andesitas de piroxena (5). Presenta coloraciones pardas y texturas mesocristalinas vitroficas.

Las principales estructuras volcánicas de la cuenca son de naturalaleza andesítica. La sierra de Las Masas, que constituye la divisoria oriental, tiene un contenido petrográfico de andesitas porfídicas y de lamprobolita con coloraciones de pardo a rosa, de texturas mesocristalinas y variados contenidos de fenocristales de plagioclasa sódica, hiperstena y magnetita (véase tabla I).

La divisoria occidental corresponde a un conjunto volcánico denominado Las Palomas, que es el elemento volcánico más importante de la unidad; presenta una litología a base de rocas andesíticas mesocristalinas porfídicas, de color grisáceo, con plagioclasas sódicas, y contenido de magnetita y hematita; destacándose las andesitas de hiperstena.

Hacia el extremo nororiental se levanta la Sierra de Jilotepec, con contenido petrográfico a base de andesitas porfídi

(5) Schlaepfer, C. Resumen de la Geología de la Hoja México, D. F. y Estados de México y Morelos. Instituto de Geografía. UNAM. México.

cas de lamprobolita, que se caracterizan por presentar coloraciones rosadas y una matriz intermedia cripto-cristalina.

Las últimas tres estructuras volcánicas descritas, tanto por su composición litológica como por el grado de alteración que presentan sus rocas, parecen ser de origen posterior al de la Sierra de Las Cruces, tal vez en el lapso comprendido desde el plioceno tardío hasta posiblemente principios del pleistoceno.

Basaltos.

En la zona norte de la cuenca, en amplias zonas se observan afloramientos de basaltos, dispuestos a manera de corrientes de lavas, de pigeonita y olivino. La emisión de estas lavas basálticas debe haber acontecido en tiempos bastante remotos, porque el estado de intemperización que muestra la superficie de las corrientes está considerablemente avanzado, si bien no parecen haber actuado aún los procesos erosivos.

El basalto fuertemente alterado, hasta cuatro metros de profundidad, con frecuencia se encuentra descompuesto en material blanquecino desmoronable que se presenta en núcleos redondeados concéntricos cuyas dimensiones varían entre las de un puño de la mano, y esferas de uno a uno y medio metros de diámetro, que contienen en el núcleo basalto fresco. Este basalto en estado seco es desmoronable y al mojarse se convierte en un material más o menos plástico e impermeable.

Los centros eruptivos que originaron las enormes efusiones basálticas que cubren amplias zonas de la cuenca y regiones circundantes, no han sido aún identificados. Sólo dos pequeños edificios aislados presentan materiales brechoides de composi

ción básica, principalmente tezontle, pero la dirección y rumbo de las coladas de lava hacen pensar que éstas son el resultado de enormes derrames que emanaron por fisuras situadas al sur del valle de Jilotepec.

En el cauce del río aflora roca basáltica porfídica, con estructuras algo lajosas, del tipo de la labradorita, así como basalto de olivino de coloración gris oscuro y de gran porosidad que le dan un carácter vesicular o alveolar más o menos pronunciado.

La roca está afectada por una serie de grietas y fracturas con rumbos variables que, abiertas en superficie y cerradas en profundidad, se encuentran fuertemente selladas con hidrosilicatos de aluminio.

La presencia de esta unidad en zonas locales, así como la observación de algunos perfiles en los que aparece este material como basamento, nos indica la posibilidad de un estrato volcánico intrusivo, probablemente del pleistoceno.

Depósitos volcánicos heterogéneos y tobas.

Intercalados con los basaltos encontramos, ocupando las zonas bajas, gruesos depósitos de materiales piroclásticos y materiales volcánicos heterogéneos con una composición principalmente tobácea y contenidos variables de bloques, cantos y gravas de origen volcánico separados por horizontes de pómez. En esta zona norte es notable el predominio de tobas, principalmente de carácter pumítico, que muestran gran diversidad de texturas a causa de amplias variaciones en su porosidad y grado de deformación de los componentes vítreos, así como foliación en algunas porciones.

Este material tobáceo se caracteriza por la presencia de coloraciones claras; gran estratificación, fenómenos que nos sugieren la posibilidad de haber sido depositados en un medio lacustre; la presencia de arcillas de montmorillonita y un alto contenido de caolín producto de fumarolizaciones.

Sin embargo, hacia el sur, al pie del cerro La Bufa, ocupando la zona de la depresión, los depósitos heterogéneos volcánicos se presentan en mayor proporción en forma de aglomerados y conglomerados volcánicos, teniendo como característica litológica relevante el estado en que se presentan las series piroclásticas intermedias, cementadas en una matriz tobácea de coloraciones claras, que hacia el norte van disminuyendo en su contenido de bloques brechoides, hasta quedar como una unidad, básicamente tobácea en la que afloran tobas soldadas (ignimbritas) que localmente exhiben en la matriz de la roca estructuras fluidales megascópicas visibles.

Tentativamente se pueden correlacionar estos depósitos con los que durante el pleistoceno⁽⁶⁾ se acumularon en la base de las montañas que limitan la cuenca de México hacia el occidente, a los que se conoce como formación Tarango Inferior.

Material aluvial.

Este elemento litológico más reciente lo encontramos en las zonas adyacentes a los cauces de las corrientes principales; se trata de depósitos aluviales que presentan diferencias en sus texturas, que van desde las de migajones a las arcillosas. Esta unidad está formada por los depósitos clásticos con

(6) Bryan, K. 1948. Op. cit.

Resumen de las Características Petrográficas de la cuenca del río La Buña, Edo. de Méx.

No. de muestra (véase Mapa no. 4)	1	2	3	4	5	6	7
Color	Gris obscuro	Rosa	Pardo	Rosa	Negro	Negro	Gris
Estructura y Textura General	Compacta, porfídica	Compacta porfídica	Compacta porfídica	Compacta porfídica	Compacta vesicular afanítica	Compacta vesicular porfídica	Compacta porfídica
Minerales Observables	Feldespatos	Feldespatos ferromagnesianos	Feldespatos ferromagnesianos	Feldespatos ferromagnesianos		Feldespatos	Feldespatos ferromagnesianos
Textura	Holocristalina, porfídica, matriz criptocrystalina, intergranular	Holocristalina, porfídica, matriz microcristalina	Mesocristalina, vítreo-cristalina	Holocristalina, porfídica, matriz cripto-microcristalina	Microcristalina intergranular	Merocristalina, porfídica, matriz vítreo-microcristalina	Merocristalina, porfídica, matriz criptocrystalina-vítreo
Mineralogía	labradorita, olivino alterado a iddingsita, pigeonita, magnetita	Plagioclasa sódica, hiperstena, lamprobolita, magnetita, hematita	Fenocristales de plagioclasa sódica, lamprobolita, hiperstena y magnetita en una matriz intermedia vítreo limonitizada	Plagioclasa sódica, lamprobolita oxidada, magnetita, matriz intermedia, ceolitas	Pigeonita	Plagioclasa sódica, matriz intermedia, ortopiroxena magnetita	Plagioclasa sódica, hiperstena, magnetita, hematita
Origen	Roca Ígnea extrusiva básica	Ígnea extrusiva intermedia	Ígnea extrusiva intermedia	Ígnea extrusiva intermedia	Ígnea extrusiva básica	Roca Ígnea extrusiva intermedia	Ígnea extrusiva intermedia
Clasificación	Basalto de olivino Clan: Gabro-Basalto	Andesita porfídica Clan: diorita-Andesita	Andesita porfídica Clan: diorita-Andesita	Andesita porfídica de lamprobolita	Basalto de pigeonita	Andesita Clan: diorita-Andesita	Andesita de hiperstena Clan: diorita-Andesita

Características Petrográficas de la cuenca del río La Buña, Edo. de Méx.

TABLA No. 1

	5	4	5	6	7	8	9	10
	Pardo	Rosa	Negro	Negro	Gris	Negro	Rosa	Gris obscuro
	Compacta porfídica	Compacta porfídica	Compacta vesicular afanítica	Compacta vesicular porfídica	Compacta porfídica	Compacta afanítica	Compacta porfídica	Compacta afanítica vesicular
	Feldespatos ferromagnesianos	Feldespatos ferromagnesianos		Feldespatos	Feldespatos ferromagnesianos		Feldespatos	
	Mesocristalina, vítreo-cristalina	Holocristalina, porfídica, matriz cripto-microcristalina	Microcristalina intergranular	Mesocristalina, porfídica, matriz vítreo-microcristalina	Mesocristalina, porfídica, matriz cripto-cristalina vítreo	Holocristalina, porfídica, matriz microcristalina intergranular		Microcristalina intergranular
	Fenocristales de plagioclasa sódica, lamprobolita, hiperstena y magnetita en una matriz intermedia vítreo limonitizada	Plagioclasa sódica, lamprobolita oxidada, magnetita, matriz intermedia, ceolitas	Pigeonita	Plagioclasa sódica, matriz intermedia, ortopiroxena magnetita	Plagioclasa sódica, hiperstena, magnetita, hematita	Plagioclasa cálcica, olivino, piroxeno, magnetita	Plagioclasa sódica, lamprobolita, magnetita, matriz intermedia	Plagioclasa calcica, olivino algo alterado a iddingsita
	Ignea extrusiva intermedia	Ignea extrusiva intermedia	Ignea extrusiva básica	Roca Ignea extrusiva intermedia	Ignea extrusiva intermedia	Ignea extrusiva básica	Ignea extrusiva intermedia	Ignea extrusiva básica
	Andesita porfídica	Andesita porfídica de lamprobolita	Basalto de pigeonita	Andesita	Andesita de hiperstena	Basalto de olivino	Andesita de lamprobolita	Basalto de olivino
	Clan: diorita-Andesita			Clan: diorita-Andesita	Clan: diorita-Andesita	Clan: Gabro-Basalto		Clan: Gabro-Basalto.

tinenciales del cuaternario, resultantes de la erosión que ha afectado a las rocas de la región. Su composición es muy variada: arena, gravas, limos y arcillas que presentan gran variedad de tamaños; el grado de redondez de estos detritos varía desde angulosos hasta redondos, dependiendo de la distancia a que han sido transportados.

Influencia de la Tectónica Regional

La observación de los materiales litológicos que afloran en la cuenca nos sugiere la influencia de un fuerte tectonismo y vulcanismo en las diferentes etapas de su formación. Dado que la mayoría de los depósitos son de origen volcánico y que el relieve principal está representado por formas volcánicas individuales o por complejos integrados por la superposición de productos de varios volcanes, se deduce la existencia de numerosas fallas y fracturas que en su mayor parte se encuentran enmascaradas por la depositación simultánea de las emanaciones volcánicas.

Para poder tener una clara idea del funcionamiento tectónico de la cuenca en estudio, se realizó en primer término una revisión de los trabajos regionales existentes que tratan sobre el tema, con el fin de poder interpolar a nuestra cuenca sus conclusiones. Esto es válido toda vez que la cuenca en cuestión se ubica dentro del gran sistema de la depresión Chapala Acambay-México, definida por Mooser (7), representada por una ancha franja de debilidad tectónica que se extiende de 65 a

(7) Mooser, F. 1961. Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. S.R.H. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Tomo I. México.

70 Km al norte del borde septentrional de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo.

Proyectando las condiciones tectónicas desde la región de Acambay (8) y desde la depresión septentrional de la cuenca de México (9) y; además, por conclusiones obtenidas por medio de la fotointerpretación y observaciones de campo realizadas en el área de la cuenca del río La Bufa, encontramos que en esta última se puede observar un sistema de fracturas meridional, con una sensible dirección norte-sur, que sólo es posible reconocer en aquellas regiones donde los depósitos acumulativos posteriores no han cubierto la falla o, bien, en donde la red fluvial muestra un comportamiento francamente estructural.

Es probable que este sistema de fracturas corresponda al que durante el neógeno originó la Sierra de las Cruces y sus es-tribaciones, que posteriormente fuera recubierto parcialmente por la emisión de lavas surgidas en forma muy lenta.

Por otra parte, destaca fundamentalmente en la cuenca un predominio de fallas con una orientación suroeste-noreste, con semejanzas geodinámicas con las que integran el sistema formado en el occidente de la Cuenca de México y que parece obedecer, asimismo, a ese gran paralelismo creado por los movi-

(8) Urbina y Camacho. 1913. La Zona megasísmica Acambay-Tixmadeje, Estado de México, conmovida el 19 de noviembre de 1912. Secretaría de Fomento. Instituto Geológico de México. México.

(9) Vivó, J. A. y otros, 1972. "La depresión Chapala-Acambay-México-Oriental". Anuario de Geografía. Año XII. UNAM. México

mientos Chapala-Acambay. Dicha fractura parece ser resultado del periodo de fuerte tectonismo que afectó a estas regiones a fines del mioceno, por lo cual surgieron grandes emisiones de lavas y avalanchas ardientes que enmascararon el relieve anterior.

Subsecuentemente se verificaron esfuerzos tectónicos horizontales, que causaron la formación de fracturas tensionales, con dirección sureste-noroeste (10), que facilitaron también las emisiones lávicas quedando, así, integrado el sistema de bloques con dirección SSE-NNW y las pequeñas fosas orientadas al NE que caracterizan al relieve de la cuenca.

Sólo en la región septentrional se destaca la presencia de una falla con sensible dirección SW-NE, que se detectó a partir de la alineación de conos cineríticos de composición basáltica, lo que nos sugiere un periodo de tectonismo cuaternario. Sin embargo, la escasa extensión de lavas en sus alrededores nos hace pensar en la posibilidad de una emisión corta. Las otras capas básicas que encontramos en la cuenca parecen haber sido producto de focos de emisión situados fuera de la cuenca, que posiblemente formen parte de este mismo sistema,

(10) Mooser, F. 1975. "Historia Geológica de la Cuenca de México". Memoria de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Tomo I pp.7-38. México.

3. LA ESTRUCTURA GEOMORFOLOGICA

La cuenca del río La Bufa presenta una forma subcónica, orientada de norte a sur, en la que se aprecia un eje submeridional de 55 kilómetros de longitud y un subparalelo que alcanza una extensión máxima de 24 kilómetros. La porción sur es la más estrecha, con un promedio de un kilómetro de ancho, sobre un terreno francamente montañoso, en tanto que la parte norte, con aproximadamente 21 kilómetros de ancho, forma una región de planicie.

La red hidrográfica se caracteriza por un marcado paralelismo zonal de las corrientes y por una tendencia rectilínea de sus cauces, lo que muestra un claro control estructural. Desde luego, este patrón zonal está determinado, a la vez, por las particularidades de las elevaciones volcánicas.

Realizando un estudio morfológico, genético y cronológico del relieve que caracteriza a la cuenca, hemos iniciado el análisis de las estructuras geomorfológicas que la componen.

La morfología se presenta como resultado de la acción conjunta de procesos endógenos y procesos exógenos. Los procesos endógenos que han dado lugar a la formación del relieve de la cuenca son los tectónicos y los de origen volcánico. Los primeros se manifiestan por medio de fracturas y movimientos verticales, dando lugar principalmente a levantamientos y hundimientos que hoy en día continúan su acción. Los procesos exógenos se caracterizan por la remoción y depositación de los materiales, acciones que originan un remodelado del relieve por medio de la denudación y la acumulación.

Con tal criterio, en el área estudiada se reconocen tres ti

pos de estructuras o unidades morfoestructurales:

1. Las tectovolcánicas que, como su nombre indica, deben su origen a la acción de procesos endógenos puestos de manifiesto por la tectónica y el vulcanismo y que se encuentran representadas por cuadro complejos volcánicos (se incluyen aquí las elevaciones volcánicas menores del norte de la cuenca).

2. La depresión, en la que se reconoce la interacción de los procesos tectónicos y la acumulación. Este elemento estructural se encuentra representado por tres planicies escalonadas que se diferencian entre sí por sus características litológicas y morfológicas.

3. El talud de piedemonte. Este tercer elemento de origen básicamente exógeno constituye un elemento transicional entre los macizos volcánicos y la planicie. Se encuentra representado por una serie de depósitos secundarios que constituyen los piedemontes septentrionales y otro meridional de origen volcánico en el que los movimientos tensionales han dejado una marcada huella.

En conclusión, tenemos en la cuenca estudiada las siguientes unidades:

UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

I. ELEMENTOS TECTOVOLCANICOS

1. Complejos volcánicos
 - a. Sierra de Jilotepec
 - b. Sierras Las Masas-Palomas
 - c. Etribaciones de las sierras de Monte Alto y Monte

bajo.

2. Elevaciones volcánicas menores.

II. DEPRESION ACUMULATIVA

1. Planicies

a. Norte

b. Centro

c. Sur

III. TALUD DE PIEDEMONTE

1. Piedemontes septentrionales

a. De Jilotepec

b. Central

2. Piedemonte meridional

(véase mapa No. 5, adjunto).

I. ELEMENTOS TECTOVOLCANICOS

Se encuentran integrados, en primer término, por tres sistemas de elevaciones, dos de ellos (Sierras de Jilotepec y Las Masas - Palomas) muy semejantes en cuanto a sus características litológicas y morfológicas, constituidos por varios volcanes que, a su vez, dan origen a conjuntos volcánicos aislados. El tercer sistema de elevación es la Sierra de Monte Alto y Monte Bajo, con rasgos morfológicos distintos; además, en segundo término tenemos dos elevaciones volcánicas menores representadas por conos cineríticos.

1. Complejos volcánicos.

Se trata de una unidad formada por una serie de estructuras volcánicas dispuestas a manera de sierras cuyo origen se debe

a las emanaciones surgidas como consecuencia de las fracturas que a fines del plioceno y pleistoceno (11) afectaron a esta región y cuya actividad prevalece aún en la actualidad.

a. Sierra de Jilotepec.

En el extremo nororiental de la cuenca, con una extensión aproximada de 12 kilómetros, se levanta esta estructura cuyo origen se remonta al neógeno y principios del pleistoceno. Presenta una orientación tendiente a la submeridional y sus alturas máximas se encuentran en las cimas de cinco aparatos volcánicos, con altitudes de 2 800 a 3 100 metros, que, dada su alineación, sugieren la presencia de una falla o fratura por la que emanaron las lavas de composición principalmente andesítica y fonolítica.

Esta sierra ha sido afectada por movimientos tectónicos (véase corte estructural a-a', adjunto), que han provocado una red de fracturas de rumbo suroeste-noreste que coinciden con el sistema Chapala-Acambay-México-Oriental. (12)

El flanco occidental de la sierra, que forma parte del área de la cuenca, está constituido por una serie de vertientes que se extienden hasta 2 600 m y 2 700 m sobre el nivel del mar. Entre estas vertientes se ha desarrollado un buen número de corrientes más o menos paralelas y casi rectilíneas en las que se puede observar una orientación noreste-suroeste, hasta que vierten sus aguas en otra mayor, rectilínea y perpendicular a sus afluentes.

(11) Mooser, F. 1961. op. cit.

(12) Durán, C. J. y otros, 1973. La depresión Chapala-Acambay-México-Oriental. Tesis profesional. UNAM. México.

Por sus características morfológicas este flanco, con pendientes suaves, da la apariencia de ser parte de un bloque muy fracturado que se encuentra afectado por un movimiento de levantamiento.

En el centro norte de la cuenca un pequeño montículo, el cerro de Las Escobas, de 2 690 m sobre el nivel del mar, forma una estribación de esta misma sierra; también aquí el tectonismo ha dejado sentir su influencia al dar lugar a la formación de las fracturas suroeste-noreste, que lo caracteriza.

b. Sierras de las Masas - Palomas

Hacia el centro de la cuenca se levantan las principales elevaciones de la zona que tienen la apariencia de dos sierras, hacia el oriente la de Las Masas y al occidente Las Palomas; estas estructuras están separadas por el talweg del río principal. (Véase corte estructural e-e').

Ambas sierras presentan características morfológicas semejantes así como composición litológica y comportamiento tectónico análogos, lo que nos hace pensar que se trata de una sola estructura tectovolcánica de origen casi simultáneo al de la Sierra de Jilotepec, que por haber estado sujeta a fuertes movimientos tensionales se vió separada en un conjunto de bloques.

La Sierra Las Masas es muy semejante en su morfología a la Sierra de Jilotepec. Se trata de una estructura formada por un grupo de aparatos volcánicos correspondientes a un bloque topográficamente bien delimitado. El flanco occidental, comprendido dentro de la cuenca, presenta una orientación distinta al de la sierra antes descrita: sureste-noroeste y se ubica hacia la parte central sur de la cuenca, en una extensión

sión aproximada de 18 kilómetros.

Las partes más altas de la sierra están representadas por las cumbres de nueve aparatos volcánicos con altitudes promedio de 3 000 m sobre el nivel del mar, cuya tendencia a alinearse hacia el noreste sugiere la presencia de una fractura originaria de este conjunto volcánico.

Muestra pendientes moderadas que se tornan agudas hacia las cimas de los aparatos volcánicos (véase corte estructura b-b' adjunto). Las corrientes que cortan esta parte de la sierra observan un paralelismo muy notorio y una alineación sureste-noreste, dando lugar a la formación de las principales vertientes del flanco occidental. Esta red paralela desemboca casi perpendicularmente en la corriente principal de la cuenca dando lugar a la formación de codos en ángulo recto, lo que corrobora el franco control estructural de las corrientes secundarias por los afallamientos tensionales, y de la corriente principal por las fuertes fracturas que, a fines del plioceno, afectaron a la zona.

El límite sur de esta estructura es un flanco de la misma sierra de Las Masas, con una longitud de 9 kilómetros aproximadamente; perpendicular al flanco descrito anteriormente y menos importante que aquél, aunque sus rasgos son muy semejantes.

La sierra de Las Palomas se levanta en el límite noroccidental, y ocupa toda la porción centro-occidental de la zona. Esta estructura es en sí un bloque sobre el cual resaltan seis aparatos volcánicos con una orientación predominante sureste-noroeste que nuevamente hace evidente su origen tectónico. Muestra dos flancos principales con orientaciones al noreste y al sureste y distancias aproximadas de 18 y 16 kilómetros,

respectivamente. Sus pendientes son suaves, en general, y sólo se agudizan donde los aparatos volcánicos, que sobresalen, de un edificio montañoso, se definen como estructuras independientes.

Ambos flancos denotan en su comportamiento hidrológico gran influencia tectónica. Las características de las vertientes quedan claramente definidas, con corrientes casi rectilíneas y paralelas de dirección suroeste-noreste, en un flanco, y noroeste-sureste en el otro.

c. Estribaciones de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo.

El extremo sur de la cuenca queda comprendido entre los umbrales de una sierra de tipo andesítico, con abundantes derrames de diversos espesores que alternan con brechas y depósitos de material piroclástico que en la cuenca ocupan una superficie de 3 kilómetros de longitud, aproximadamente, que constituyen la sierra de Monte Alto y Monte Bajo que, a su vez, representa las estribaciones de la Sierra de Las Cruces.

Las partes más altas que definen este límite sur se aproximan a los 3 100 m, sobre la ladera norte del cerro La Bufa (3 490 m), cuello volcánico que queda fuera de la cuenca. En este flanco de pendientes suaves las corrientes presentan una orientación principal submeridional y casi rectilínea, igual que las vertientes.

Por las características antes descritas, podemos concluir que se trata de una estructura que ha estado sujeta a un tectonismo intenso, en su mayor parte de carácter tensional, pero un poco más temprano que el que afectó a las estructuras anteriores; posiblemente durante el plioceno (véase corte es

tructural f-f', adjunto).

2. Elevaciones volcánicas menores.

En la parte centro-norte de la cuenca aparecen en forma aislada y surgidos a partir de fracturas locales de la corteza, acumulaciones de materiales piroclásticos en forma de pequeños conos de erupción, dispuestos en lechos inclinados concordantes, a los que se ha clasificado como conos cineríticos.

Estos dos pequeños aparatos volcánicos se levantan, el de Santa Elena, a 2 685 m sobre el nivel del mar, y el de Ojo de Agua, a 2 600 m sobre el nivel del mar, sobre una planicie cuya cota más baja es aproximadamente 2 550 m; su composición litológica se encuentra representada principalmente por brechas (tezontles), arenas y cenizas, materiales dispuestos con una alineación suroeste-noreste. Sus características sugieren un origen tectovolcánico cuarternario. Infortunadamente no es posible observar la morfología original de estos conos, ya que han sido destinados a la obtención de materiales de construcción, explotación que se ha realizado en forma exhaustiva destruyendo casi por completo las dos estructuras originales.

II. DEPRESION ACUMULATIVA

Cubre una parte considerable de la cuenca, en la parte norte, estrechándose gradualmente hacia el sur. Se presenta como una serie de planicies escalonadas separadas entre sí por los complejos volcánicos descritos más arriba.

De acuerdo con sus características morfológicas y con su orientación estructural, se reconocen tres planicies principales: la norte, la central y la sur.

a. Planicie norte.

Es el elemento de mayor extensión en la zona y se dispone con una orientación hacia el noroeste. Ocupa toda la porción septentrional de la cuenca, siendo sus ejes principales los siguientes: el submeridional, de 6 kilómetros aproximadamente y el subparalelo, de 12 kilómetros aproximadamente; ocupa un terreno casi plano con altitudes de 2 550 m a 2 650 m y muestra un relieve de suaves pendientes.

Sus características litológicas sugieren que esta subunidad formaba parte de una antigua superficie lacustre que, por efectos tectónicos y volcánicos, se vio afectada por un movimiento de ascenso que en la actualidad continúa activo (véanse cortes estructurales c-c' y f-f', adjuntos), lo que se demuestra por el hecho de que los ríos depositan sus materiales de arrastre a altitudes mayores que las de su nivel de base, por el estrechamiento que se observa en la parte central de la presa, lo que predice un futuro estrangulamiento de la misma; así como por la fuerte incisión de los cauces de las corrientes que cruzan la planicie norte.

Su límite sur queda determinado por el cerro de La Ladera, donde la corriente principal cambia bruscamente su dirección noreste a norte-sur. Desde el punto de vista morfoestructural este cambio tiene gran importancia, ya que las corrientes muestran un franco comportamiento regido por el control estructural que queda determinado por el sistema de fracturas provocadas por la fuerte actividad tectónica que afectó a la zona durante diversas etapas.

Así, encontramos una alineación principal de las corrientes regidas por las fracturas submeridionales ya mencionadas, y un

segundo sistema de alineación determinado por las fracturas noreste de las sierras de Jilotepec y Las Palomas.

Hacia la porción centro-noroccidental de esta planicie encon tramos dos pequeños aparatos volcánicos que se levantan aisla dos en la depresión, perturbando la morfología característica de esta subunidad.

b. Planicie central.

Queda comprendida entre los flancos de la sierra de Las Masas y Las Palomas, en el extremo centro-occidental de la cuenca.

Presenta una forma rectangular alargada orientada hacia el no reste, tendencia que también sigue la corriente principal que, a la vez, la limita por el este.

La acción tectónica en esta depresión, como en el resto de la cuenca, se ha manifestado de manera intensa aunque es, quizá, en esta subunidad donde sus efectos son más apreciables. En efecto, en numerosos lugares de esta subdepresión es posible observar la presencia de fallas y fracturas con direcciones variables, así como un evidente control estructural en los ríos que, aprovechando estas líneas de debilidad, han labrado sus cauces en los que es posible observar una marcada inci sión, lo que nos permite inferir un posible levantamiento de toda la unidad (véase corte estructural d-d', adjunto).

Esta actividad tectónica puede también observarse en la presa de La Concepción ubicada en el extremo sur de esta planicie; la presa está enclavada en una falla cuyo bloque elvado se lo caliza hacia el norte, en tanto que el hundido ha sido aprove chado como parte de la presa misma.

c. Planicie sur.

Se encuentra ubicada en el extremo austral de la cuenca, al sur de la ladera meridional de la Sierra de Las Masas. Se trata de una pequeña depresión en la que también la actividad tectónica juega un importante papel en su evolución (véase corte estructural f-f', adjunto), como puede observarse en el comportamiento hidrológico de las corrientes que la disecan, en el que se aprecia un paralelismo con franca tendencia norte-sur. En esta porción la corriente principal sufre un marcado control que se deduce del hecho de que, corriendo en un cauce rectilíneo norte-sur, repentinamente, y sin aparentes motivos topográficos ni litológicos, cambia bruscamente su dirección hacia el noroeste.

III. TALUD DE PIEDEMONTE

Se trata de una zona de transición entre la unidad tectovolcánica y la depresión.

De acuerdo con su génesis se ha diferenciado en:

1. Piedemontes septentrionales y 2. Piedemonte meridional

1. Piedemontes septentrionales.

Se caracterizan por ser un elemento de formación exógena. Es una unidad representada por los materiales desprendidos de las partes altas de los macizos volcánicos, constituidos por acumulaciones coluviales entremezcladas, pequeños cantos rodados y materiales muy finos a base de arenas principalmente, que se depositaron al pie de los abruptos estructurales. Estos mate

riales se encuentran muy alterados y la mayor parte presentan escasa cohesión, o bien carecen totalmente de ella, por lo que son muy deleznables. Esta subunidad comprende los pie montes de Jilotepec y otro que llamamos central.

a. Piedemonte Jilotepec.

Se localiza al pie de la Sierra de Jilotepec, al noreste de la cuenca. Muestra una gran incisión ocasionada por las co rrientes que lo cruzan con marcado paralelismo, lo que nos confirma una vez más la posibilidad de un levantamiento acti vo y actual de esta región norte. Presenta pendientes suaves y una gran decapitación del suelo, proceso por el cual sólo se observan restos, apenas apreciables, del antiguo pie demon te original.

b. Piedemonte central.

Con una orientación noreste, se ubica al pie de la Sierra Las Palomas; aproximadamente desde la cota de los 2 650 m a la de los 2 800 m de altitud; continúa al pie del flanco norocci dental de la Sierra Las Masas, y allí se amplía considerablemente abarcando un área cuya altitud va de los 2 600 m a los 2 650 m, formando una superficie de pendientes muy suaves en la que numerosas corrientes persisten con el marcado parale lismo zonal característico de la hidrología de la cuenca; di cho paralelismo, en la parte correspondiente a Las Palomas, se orienta al nornoreste, en la de Las Masas hacia al norno roeste y, hacia la parte central, donde se unen ambos flancos, la dirección es norte-sur.

2. Piedemonte meridional.

Esta subunidad se ha diferenciado de la anterior porque, si

bien genéticamente ambas son el resultado de una acción acumulativa, la meridional incluye elementos volcánicos heterogéneos que se depositaron sobre una superficie de erosión, sobre rocas más antiguas, a causa de un cambio en las condiciones climáticas que prevalecían durante el pleistoceno.

Su disposición inclinada, con pendientes suaves, ha sido afectada por movimientos tensionales que han dado lugar a un sistema profundo de fracturas, lo que se traduce en una topografía a base de lomeríos y abarrancamientos paralelos con una dirección norte-sur (véase corte estructural d-d', adjunto).

Esta unidad, que se ubica en el extremo sur de la cuenca, al pie de la Sierra de Monte Alto y Monte Bajo y tiene como límite, por el noroeste, la planicie central y, por el noreste, la planicie sur y la Sierra de Las Masas, abarca una superficie con altitudes que van de los 2 700 m a los 2 960 m.

TIPOS DE RELIEVE Y SU GENESIS

El relieve del río La Bufa, como antes se expresó, tiene su origen en la interacción de procesos tanto de carácter endógeno como exógeno; los primeros de tipo volcánico y tectónico, y los segundos de tipo denudatorio y acumulativo.

Aun cuando no se han determinado edades absolutas para los diferentes tipos de relieve en la cuenca, es evidente que se trata de una zona joven cuya génesis data del final de neógeno y principalmente del cuaternario.

La mayor antigüedad corresponde a las vertientes y divisorias de los macizos volcánicos, a los que se les ha atribuido una edad neogénica, mientras que las formas de relieve más joven, del holoceno, consisten en depósitos aluviales ubicados en las planicies y valles.

Con base en este criterio y en función de su génesis, en el mapa No. 6 se han representado los principales tipos de relieve que conforman la morfología de la cuenca, éstos son:

1. RELIEVE TECTOVOLCANICO-DENUDATORIO.

Este tipo de relieve corresponde a las estructuras principales de la cuenca, formadas al principio por una acción tectónica manifestada a través de fracturas y movimientos de ascenso y descenso; más tarde un vulcanismo que dio origen a las estructuras volcánicas y provocó la acumulación de lavas y materiales piroclásticos y, por fin, una acción denudatoria que se caracterizó por la presencia de depósitos gravitacionales y por una acción erosiva intensa.

Estas estructuras mio-pliocénicas se encuentran representadas por los macizos volcánicos dispuestos a manera de sierras, con características morfológicas que presentan marcadas diferencias entre sí. Consisten en una serie de volcanes agrupados en forma de unidades orográficas bien definidas; se elevan a más de 600 metros sobre su base y ocupan más del 50% de la superficie de la cuenca.

La Sierra de Monte Alto y Monte Bajo, cuyas faldas se extienden en el extremo sur de la zona, presenta características morfológicas que permiten atribuirle la mayor antigüedad en la cuenca (mioceno y principios del plioceno). Predomina un relieve con pendientes suaves y un grado de disección moderado, así como un control estructural de las corrientes hidrológicas, con dirección norte-sur, correspondiente al sistema de fracturas diagonal que parece ser el más antiguo que afectó a la zona.

En cuanto a las vertientes de las sierras Las Masas, Palomas y Jilotepec, éstas presentan características muy semejantes entre sí, lo que nos hace suponer que son de una formación contemporánea, posiblemente del plioceno tardío al holoceno.

Presentan pendientes suaves, un grado de disección moderado, aunque localmente puede ser fuerte; y características rectilíneas en las redes fluviales que la disecan. El sistema de fracturas en todas ellas sigue principalmente dos orientaciones, una sureste-noroeste y la otra suroeste-noreste, que se refleja en la disposición de la red hidrológica.

2. RELIEVE VOLCANICO DENUDATORIO-ACUMULATIVO

Este tipo de relieve se presenta al pie de las sierras de Mon

te Alto y Monte Bajo y la de Las Masas. Se extiende a manera de un piedemonte de leve inclinación, con pendientes poco mayores de 4°. Se trata de un elemento que ocupa toda la zona sur de la cuenca, extendiéndose por el oeste hacia la zona centro.

Su origen es un tanto complejo; de acuerdo con los acontecimientos geológicos que afectaron a la cuenca durante el pleistoceno, sabemos que por las fracturas típicas de este periodo, se produjo la emisión de nubes ardientes y materiales piroclásticos que se depositaron al pie de las sierras antes mencionadas, produciendo un material volcánico acumulativo. Un brusco cambio a condiciones climáticas semiáridas generó, por medio de la acción de lluvias torrenciales, una fuerte denudación de dichos materiales.

Los materiales clásticos y poligénicos resultantes de esta denudación pleistocénica de los macizos volcánicos, unidos a los materiales volcánicos acumulativos, dieron como resultado los actuales depósitos característicos de este tipo de relieve, en el que encontramos, dispuestos en forma caótica, materiales de acarreo, piroclastos, nubes ardientes y materiales volcánicos en general.

En este tipo de relieve se presenta un grado de disección moderada y una morfología que se caracteriza por una serie de pequeños lomeríos paralelos entre sí, con pequeños valles intermedios entre los que las corrientes de agua corren en forma rectilínea y con una sensible dirección tendiente a la submeridional.

3. RELIEVE ACUMULATIVO-DENUDATORIO.

Se caracteriza por una serie de planicies compuestas de poten

tes depósitos de piroclastos depositados en un medio lacustre; representa una antigua forma estructural con dimensiones regionales actualmente desmembrada en su unidad por la actividad volcánica del plioceno y cuaternario que la afectó localmente por movimientos tectónicos de levantamiento, convirtiéndola en tres pequeñas depresiones escalonadas con características morfológicas semejantes y pendientes suaves (en general, menores de 4°), aspectos éstos sólo alterados por la acción de los procesos de erosión y acumulación.

La más representativa de estas depresiones es la planicie de nivel de base ubicada en la porción norte de la cuenca; esta planicie presenta un grado de disección severo, mientras que en la central y sur dicha acción se presenta en forma moderada.

A pesar de que la parte norte es de menores pendientes, la intensidad denudatoria nos permite inferir un levantamiento activo y actual de esta porción de la cuenca. En cuanto a la red hidrológica, volvemos a observar que es de tendencia rectilínea y regida por la dirección de las fracturas. En la depresión meridional la dirección es norte-sur; en la central, nornoroeste-sursureste, mientras que en la septentrional es norte-sur para las corrientes principales, y nornoroeste-sursureste para las secundarias.

Dadas las características de estas planicies, podemos concluir de que se trata de una estructura originalmente lacustre que, probablemente durante el holoceno, se vio afectada por un tectonismo que propició el levantamiento de la antigua cuenca lacustre disecándola en tres pisos, y que estimuló la acción erosiva que observamos en la actualidad.

4. RELIEVE VOLCANICO-ACUMULATIVO

En la porción noroccidental de la cuenca se levantan dos conos volcánicos aislados, así como depósitos de lavas básicas que los circundan; ambos elementos son representativos de este tipo de relieve.

En el primer caso, los volcanes aislados son dos pequeñas elevaciones en forma de conos cineríticos; tienen origen cuaternario, posiblemente del holoceno.

El segundo elemento de este relieve está representado por depósitos de lavas básicas que, con pendientes menores a 4° , circundan a los conos aislados y se extienden hacia el norte y hacia el este de la cuenca y que parecen haber emergido de focos situados fuera de nuestra zona de estudio; este elemento forma parte del vulcanismo cuaternario que afectó a la zona.

Tanto los conos volcánicos aislados, como los depósitos de lavas básicas, presentan un grado de disección incipiente.

5. RELIEVE DENUDATORIO-ACUMULATIVO.

Se produce como resultado de los procesos exógenos sobre los materiales volcánicos que constituyen los macizos montañosos, dando lugar a detritos que se disponen a manera de un pedimento secundario de poco espesor, cuya composición se caracteriza por una combinación de piroclastos, depósitos de acarreo, materiales coluviales y aluviales.

Se trata de un tipo de relieve cuya característica relevante

es presentarse al pie de las sierras y sólo en las vertientes que están hacia la planicie septentrional, formándose, por una parte, un piedemonte en la ladera occidental de la Sierra de Jilotepec y, por otro, el de las sierras Las Palomas y Las Masas al que llamamos central.

Ambos se encuentran disecados por las corrientes que inciden en forma paralela siguiendo, en cada caso, diferentes direcciones, pero todas paralelas entre sí.

El grado de disección va de moderado a fuerte, según los sitios. En el piedemonte de Jilotepec se presenta una disección severa, así como en porciones del piedemonte de las faldas de la Sierra Las Palomas; el resto de éste, así como el piedemonte de la Sierra Las Masas, con una extensión muy limitada, presentan un grado de disección moderada.

Dadas sus características, podemos señalar que se trata de un relieve reciente de edad holocénica que parece estar afectado por un reciente movimiento de ascenso.

6. RELIEVE ACUMULATIVO-FLUVIAL.

Este relieve representa las acumulaciones aluviales en el nivel de base de las corrientes, en las planicies aluviales y en las terrazas; se caracteriza por la escasa extensión que tiene en la cuenca. Se trata de un tipo de relieve actual y efímero tanto por su escasa coherencia como por su espesor que varía año con año, ya que depende de los depósitos fluviales.

7. RELIEVE EROSIVO-DENUDATORIO.

Se presenta en forma de cortes con poco desarrollo tanto en

profundidad como en sentido lateral. Es un tipo de relieve muy local provocado por la acción de procesos exógenos de carácter climático en el que la acción de las precipitaciones es el factor más determinante. Debido a su carácter local y a lo reducido de sus áreas, escapa a las posibilidades de ser representado cartográficamente, por lo que no ha sido señalado en la carta correspondiente (mapa No. 6).

RESUMEN DE LA CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE
RELIEVE DE LA CUENCA DEL RIO LA BUFA, ESTADO DE MEXICO

Tabla No. II

TIPOS DE RELIEVE	ESTRUCTURAS PRINCIPALES	ESTRUCTURAS SECUNDARIAS
1. Tectovolcánico-denudatorio	Macizos volcánicos (sierras de Jilotepec, Las Masas y Monte Alto y Monte Bajo)	Volcanes aislados
2. Volcánico denudatorio-acumulativo	Pedimento (depósitos de acarreo, piroclastos y nubes ardientes)	
3. Acumulativo-denudatorio (lacustre aluvial)	Planicies (norte, central y sur) Cuenca residual	
4. Volcánico-acumulativo		Conos volcánicos aislados y corrientes de lava (cuaternario).
5. Denudatorio-acumulativo		Pedimento de poco espesor (depósitos de acarreo y piroclastos)
6. Acumulativo-fluvial		Cauces, planicies aluviales y terrazas.
7. Erosivo y erosivo-denudatorio		Cortes de poco desarrollo en profundidad y sentido lateral.

4. CONCLUSIONES

La observación y el análisis de las condiciones estructurales de la cuenca, brindan una base para poder establecer una serie de conclusiones sobre el comportamiento de sus estructuras y de la cuenca misma, así como poder plantear algunas recomendaciones que puedan resultar valiosas en la futura planeación y acondicionamiento de la zona estudiada.

Así, por medio del análisis estructural podemos obtener conclusiones generales sobre toda la cuenca y otras de carácter particular. Entre las conclusiones generales tenemos:

1. El tectovulcanismo es el factor de mayor importancia en la génesis y desarrollo de la cuenca; este factor, a pesar de su lentitud, ha conferido características muy peculiares al relieve que se traducen en la presencia de un conjunto de bloques elevados bien definidos y claras depresiones; ambos elementos muy fracturados.
2. En la cuenca se presentan tres sistemas de fallas y fracturas, con características distintas:
 - a) Sistema meridional, con una sensible dirección norte-sur, que parece ser el más antiguo de la zona.
 - b) Sistema diagonal en el que se reconocen dos grupos de fallas: las noreste-suroeste que parecen ser las principales del sistema y cuya presencia en las sierras de Jilotepec, Las Masas y Palomas sugiere un origen más reciente; y las fallas tensionales,

subsecuentes al afallamiento antes descrito, que presentan dirección sureste-noroeste.

c) Sistema cuaternario, con dirección oeste-este, que se presenta escasamente en la cuenca.

3. Toda la cuenca está afectada por un neotectonismo que se manifiesta por medio de un levantamiento actual y activo, aunque zonalmente diferencial.

4. La red fluvial, por su disposición casi rectilínea y paralela, nos indica un claro control estructural. Este drenaje presenta una dirección original norte-sur, regida por el sistema de fracturas primarias, y una dirección secundaria, con orientación noreste, controlada por las fracturas que se presentan en las elevaciones más jóvenes.

Por lo que se refiere a las conclusiones de carácter particular tenemos:

1. Los piedemonte denudatorio-acumulativos sólo se presentan al pie de los abruptos estructurales de las sierras de Jilotepec, Las Palomas y Las Masas, pero únicamente en los flancos que ven hacia la dirección septentrional.

2. La disección más intensa se presenta en las vertientes de las sierras antes mencionadas; que van a dar a la planicie de nivel de base.

3. La depresión norte presenta una red fluvial muy

controlada estructuralmente y fuertemente incidida, principalmente en su sección central, que se reconoce como parte de un puente estructural.

4. La presencia de ese puente estructural, producido por un levantamiento activo y reciente, une topográficamente las sierras de Jilotepec y Las Palomas.

5. La depositación de aluviones y azolves, en general, se efectúa en la porción sur de esta planicie antes del nivel mínimo de base de las corrientes (la presa Danxhó).

6. El embalse de la presa Danxhó presenta una morfología en la que se prevé un estrangulamiento en su porción central.

Estas se explican por la existencia de un levantamiento del puente estructural que ocupa la sección central de la depresión norte, fenómeno que se presenta con mayor fuerza que el que está afectando al resto de la cuenca.

Con base en este hecho podemos inferir que dos de las corrientes principales de la cuenca, el río La Bufa y el río Chiquito, que a lo largo de la planicie norte, corren paralelamente por líneas de debilidad tectónica, presentan en su último tramo dificultades para remontar el mencionado puente estructural; esta dificultad provoca la depositación de los materiales en suspensión en las corrientes produciendo una obstrucción en los cauces, justo al pie del puente, lo que hace cada vez más difícil el paso de las corrientes por dichos puntos.

Estas consideraciones, más la presencia de las numerosas frac

turas y fallas identificadas en la zona, nos permiten pronosticar la inminencia de una captura: primero la del río Lá Bu fa por el río Chiquito, pero, también, la de este río por la cuenca alta del río Tepeji. Esta suposición se fundamenta, además, en la presencia al norte del poblado de Chapa de Mora de una zona intensamente afallada que coincide con un graven ubicado hacia el oriente de la actual divisoria de las aguas, además de que en esta porción del parteaguas los procesos erosivos son muy intensos.

La inminencia de estas capturas nos hacen reflexionar sobre el incierto futuro de la presa Danxhó. Es un hecho que el nivel de base de las corrientes se va a modificar y, consecuentemente, los procesos erosivos de la cuenca se incrementarán. Es, pues, obvia la necesidad de efectuar estudios relativos al análisis y determinación de los problemas vinculados con las características morfoclimáticas de la cuenca y de los asociados con su funcionamiento hidrodinámico.

5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Arellano, A. R. U. 1953. "Estratigrafía de la cuenca del Valle de México". Memoria del Congreso Científico. Vol.3, México.
2. Blázquez, L.L. 1956. "Bosquejo fisiográfico y vulcanológico del occidente de México". Excursión A-15. Congreso Geológico Internacional, México.
3. Blázquez, L.L. 1948. "Hidrología del túnel de Lerma y obras inmediatas". Informe geológico. Instituto de Geología, México.
4. Blázquez, L.L. 1956. "Vulcanismo Terciario y Reciente del Eje Volcánico de México". Excursión A-15. XX Congreso Geológico Internacional. México.
5. Burckhardt, C. 1930. "Etude synthétique sur le Mesozoïque Mexican". Memories de la Société Paleontologique Suisse. Vol. I, Bâle.
6. De la O Carreño, A. 1956. "Notas sobre la geología regional del occidente de México". XX Congreso Geológico Internacional. México.
7. De la O Carreño, A. 1954. "Provincias geohidrológicas de México". Bol. 56. Instituto de Geología, UNAM. México.
8. Derruau, M. 1966. "Geomorfología". Ediciones Ariel, S. A. Barcelona, España.

9. Edwards, J. D. 1956. "Estudios sobre algunos conglomerados rojos del terciario inferior del centro de México". XX Congreso Geológico Internacional. México.
10. FAO/UNESCO. 1971. "Definición de las unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo. Guía para la descripción de perfiles con base en la clasificación FAO/UNESCO". Departamento de Suelos FAO.
11. Fries, C. 1964. "Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México". Instituto de Geología. Boletín No. 60. México.
12. Gutiérrez Muñoz, C. "Bosquejo geológico e hidrológico de la cuenca del Valle de México". Tesis. UNAM. México.
13. Miranda, F. y Hernández, X.E. 1963. "Los tipos de Vegetación en México y su clasificación". Boletín de la Sociedad Botánica de México.
14. Mooser, F. 1956. "Bosquejo geológico del sur del Valle de México". XX Congreso Geológico Internacional. Libreto Guía C-9. México.
15. Mooser, F. 1957. "Los ciclos de vulcanismo que formaron la cuenca del Valle de México". XX Congreso Internacional. XX sesión. Sección I. México.
16. Ordóñez, E. "Las rocas eruptivas del suroeste de la Cuenca de México" Boletín del Instituto de Geología No. 2. México.

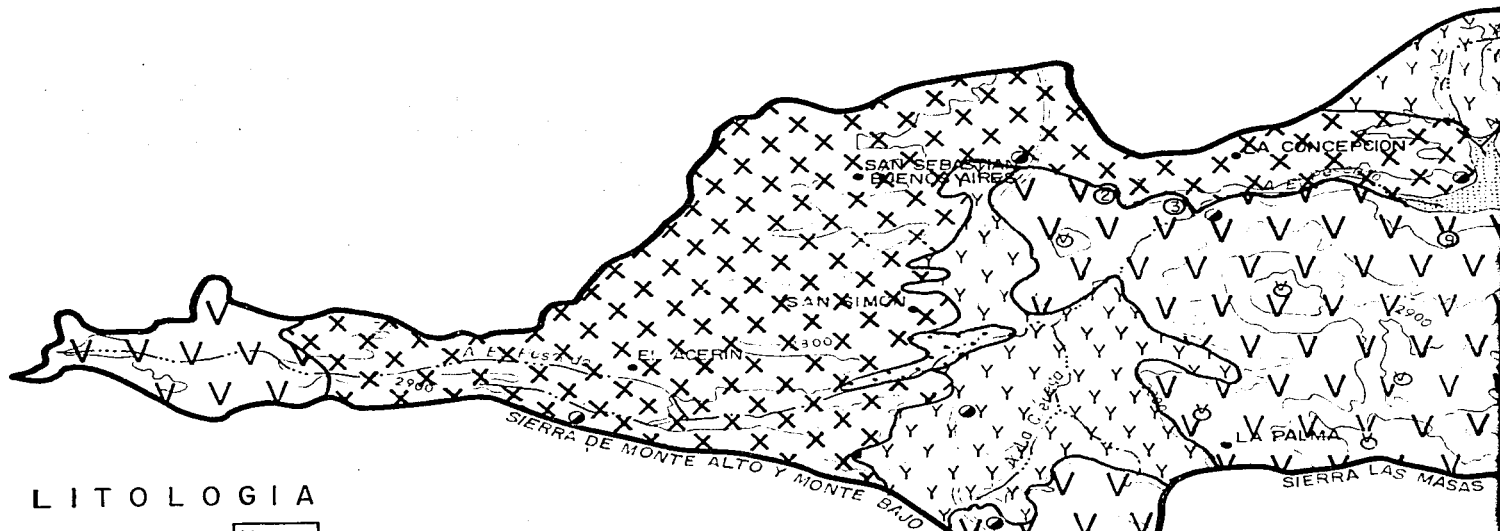
17. Quevedo de León, A. 1970. "El conglomerado Texcoco y el posible origen de la Cuenca de México". Revista del Instituto Mexicano del Petróleo. Vol.II, No.3. Julio México.
18. S.R.H. 1971. "Cuenca del río Tula". Boletín hidrológico No. 45. Región hidrológica No. 26. Tomo I-II. Dirección General de Estudios. Dirección de Hidrología. México.
19. S.R.H. 1973. " Estudio geomorfológico de la cuenca del río La Laja, Gto". Dirección de Manejo de Cuencas, Instituto de Geografía, UNAM. México.
20. S.R.H. 1973. " Cutzamala (Geomorfología de la cuenca baja)". Dirección de Manejo de Cuencas, Instituto de Geografía, UNAM. México.

FUENTES CARTOGRAFICAS:

1. Carta topográfica Villa del Carbón E-14-A-28.
Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Escala
1:50 000, México, 1973.
2. Carta topográfica Tepeji del Río E-14-A-18.
Comisión de Estudios del Territorio Nacional. Escala
1:50 000. México, 1974.

CUENCA DEL RIO LA BUFA

MAPA Nº 4



LITOLOGIA



Basalto



Andesitas



Brechas volcánicas



Edificios volcánicos



Punto de muestreo



Punto de verificación



Tobas



Depósitos volcánicos heterogéneos



Aluviones

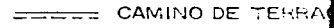
LEYENDA



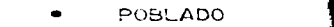
CUERPOS DE AGUA



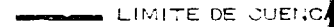
CARRETERAS PAVIMENTADAS



CAMINO DE TIERRA



POBLADO

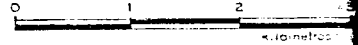


LIMITE DE CUENCA



CURVAS DE NIVEL

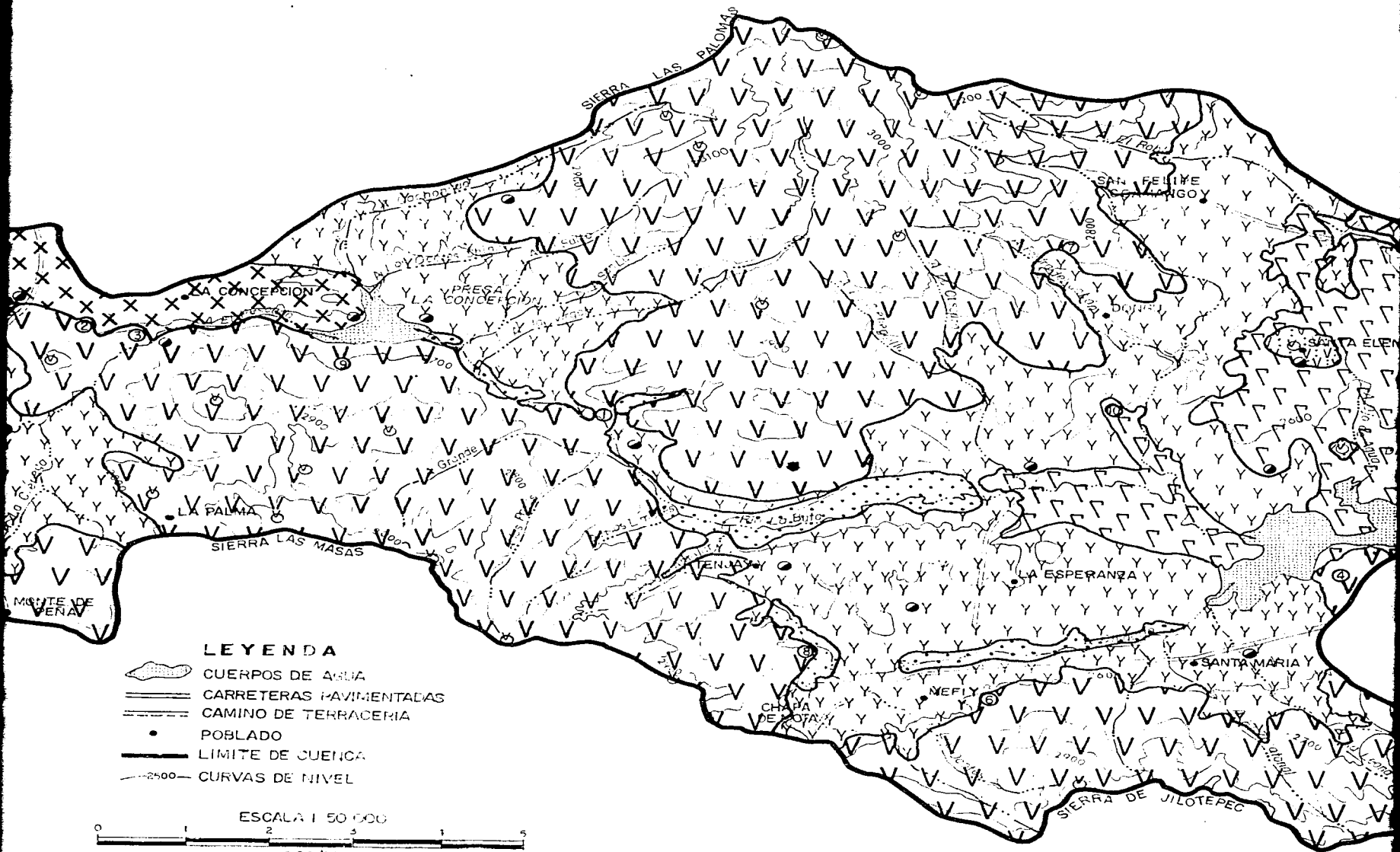
ESCALA 1:50,000



EQUIDISTANCIA EN EL CURVA

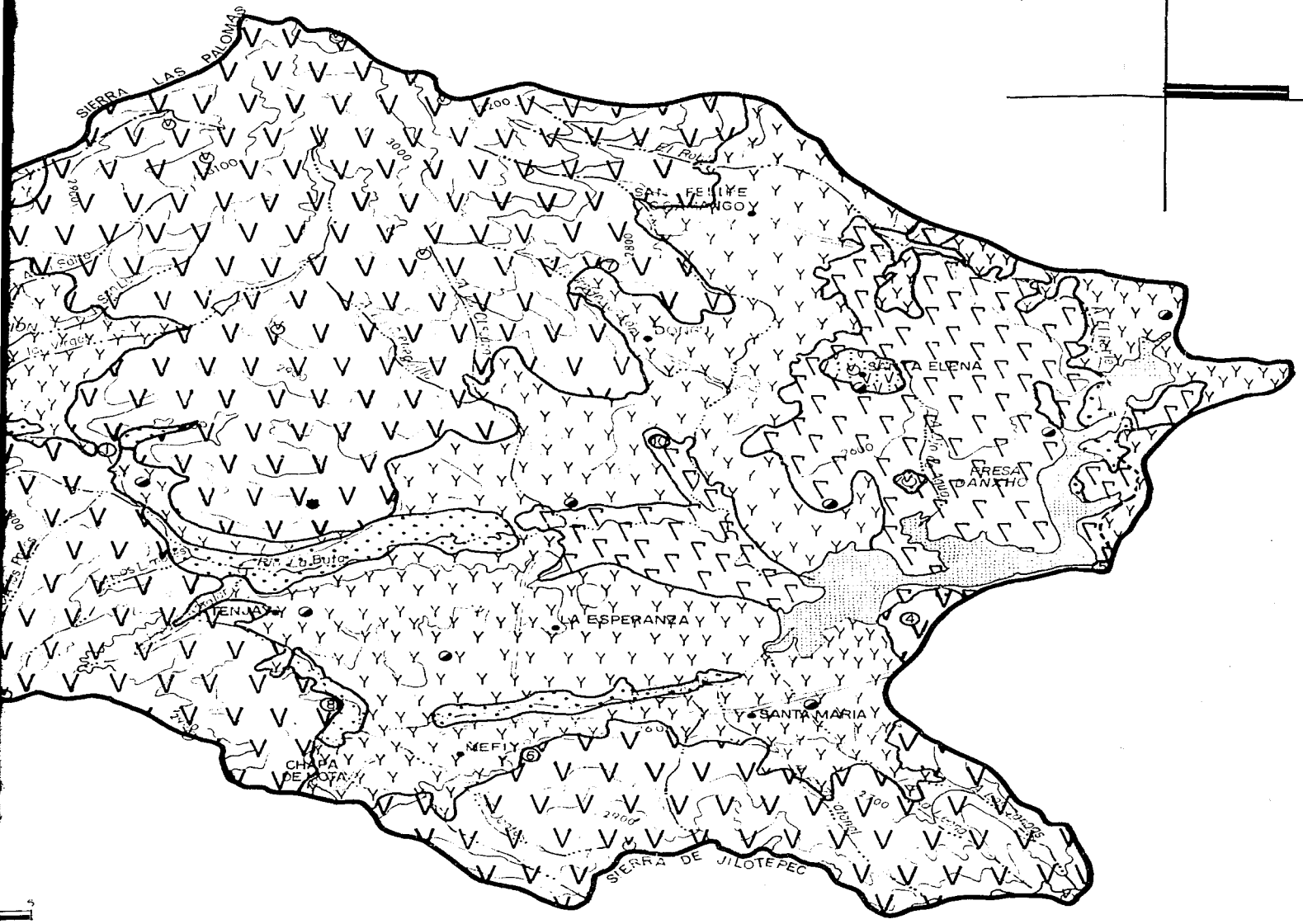
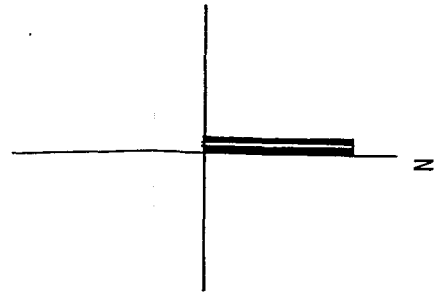
19°45'

19°50'



EQUIVALENCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL: 100 M.

19°50'



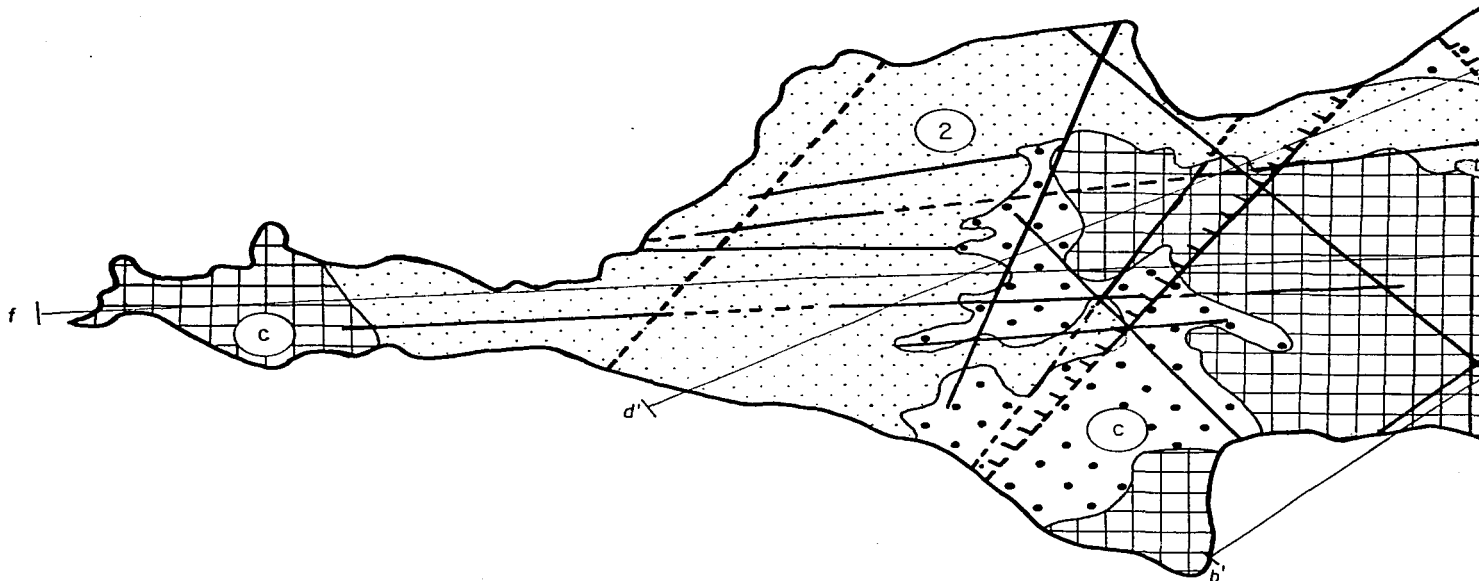
19°40'

19°45'

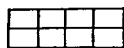
CUENCA DEL RIO LA BUFA

MAPA N° 5

99°35'



99°30'



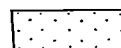
I. TECTOVOLCANICAS
I. COMPLEJOS VOLCANICOS

- Ⓐ Sierra de Jilotepec
- Ⓑ Sierra Las Masas - Palomas
- Ⓒ Etribaciones de las Sierras de Monte Alto y Monte Bajo
- ② ELEVACIONES VOLCANICAS MENORES



II. DEPRESION ACUMULATIVA
I. PLANICIES

- Ⓐ Norte
- Ⓑ Centro
- Ⓒ Sur



III. TALUD
I. PIEDENTES
Ⓐ de
Ⓑ Cen
② PIE

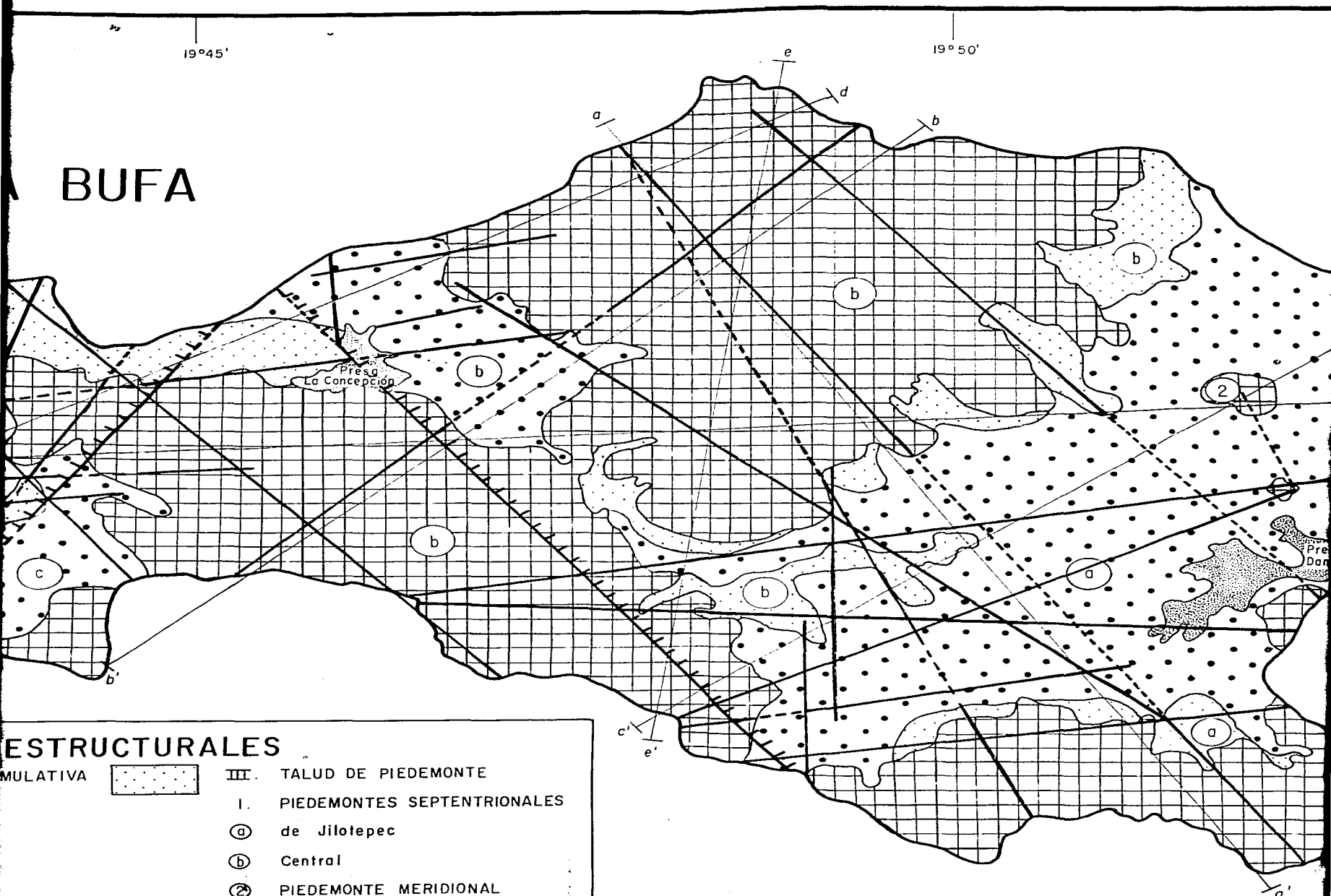
Falla

Fractura

19°45'

19°50'

BUFA



ESTRUCTURALES

MULATIVA



III. TALUD DE PIEDEMORTE

I. PIEDEMONTES SEPTENTRIONALES

Ⓐ de Jilotepec

Ⓑ Central

Ⓒ PIEDEMORTE MERIDIONAL

— Fractura

- - - Fractura inferida

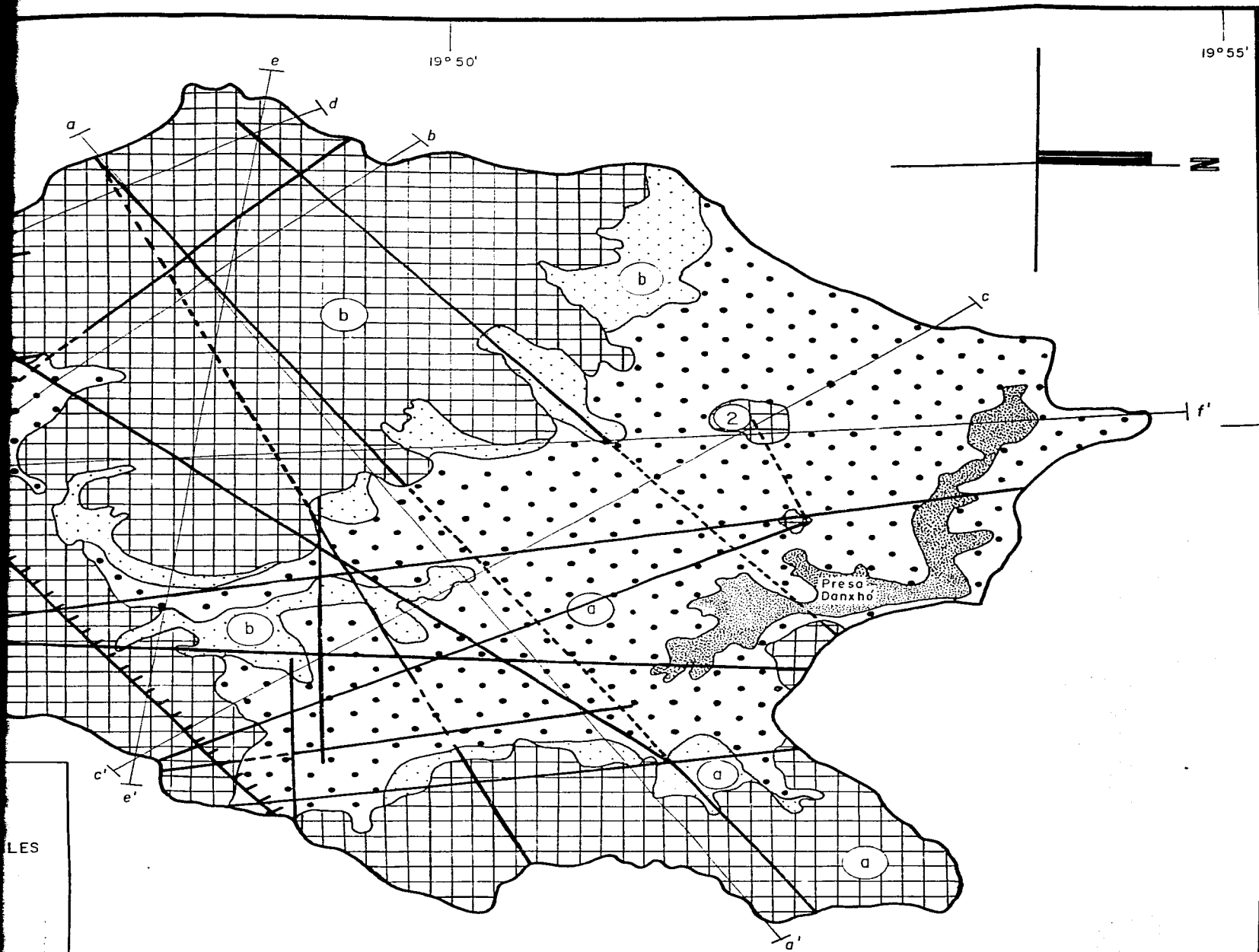
ESCALA 1:50000

Km 0 1 2 3 4 5 Km

ESCALA GRAFICA

19° 50'

19° 55'

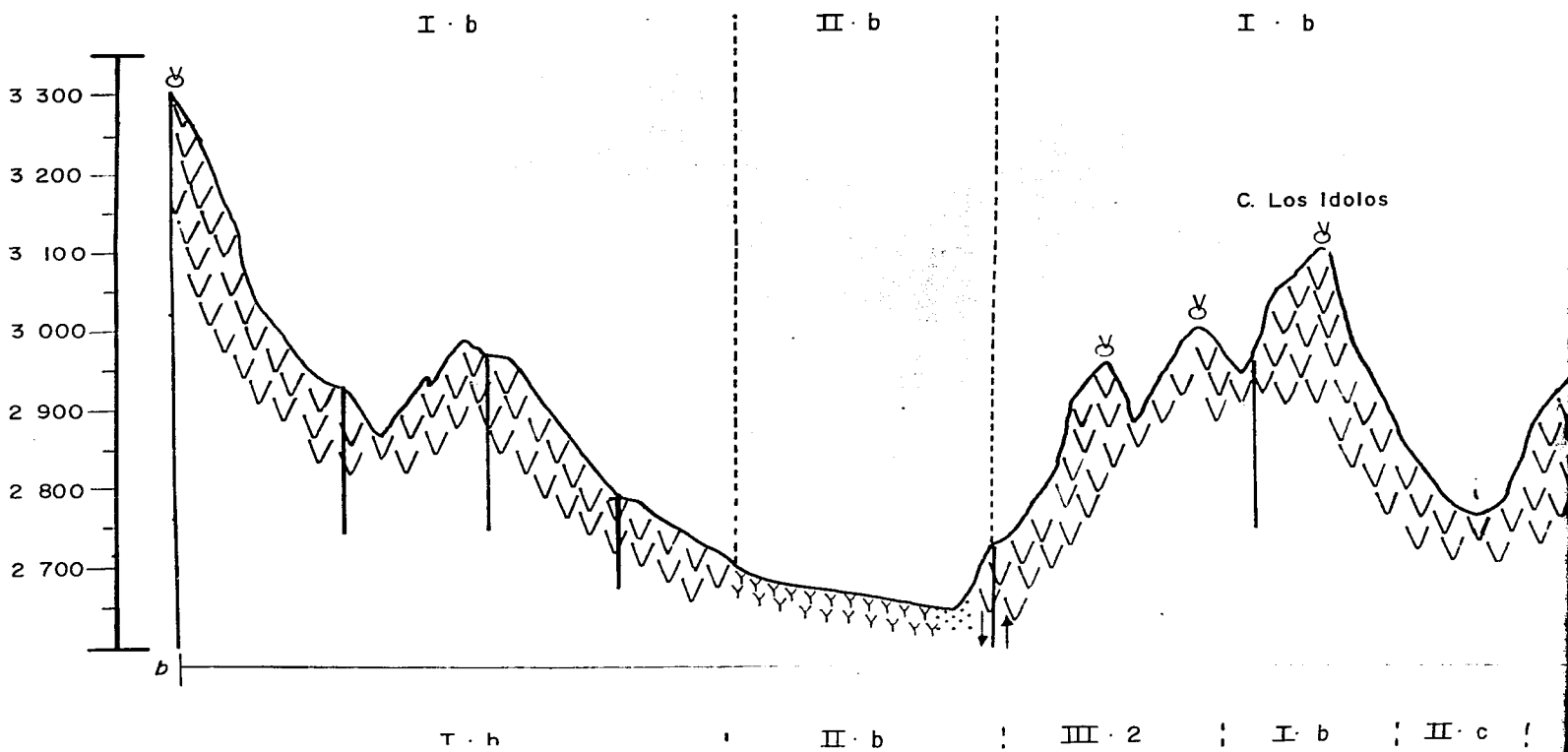
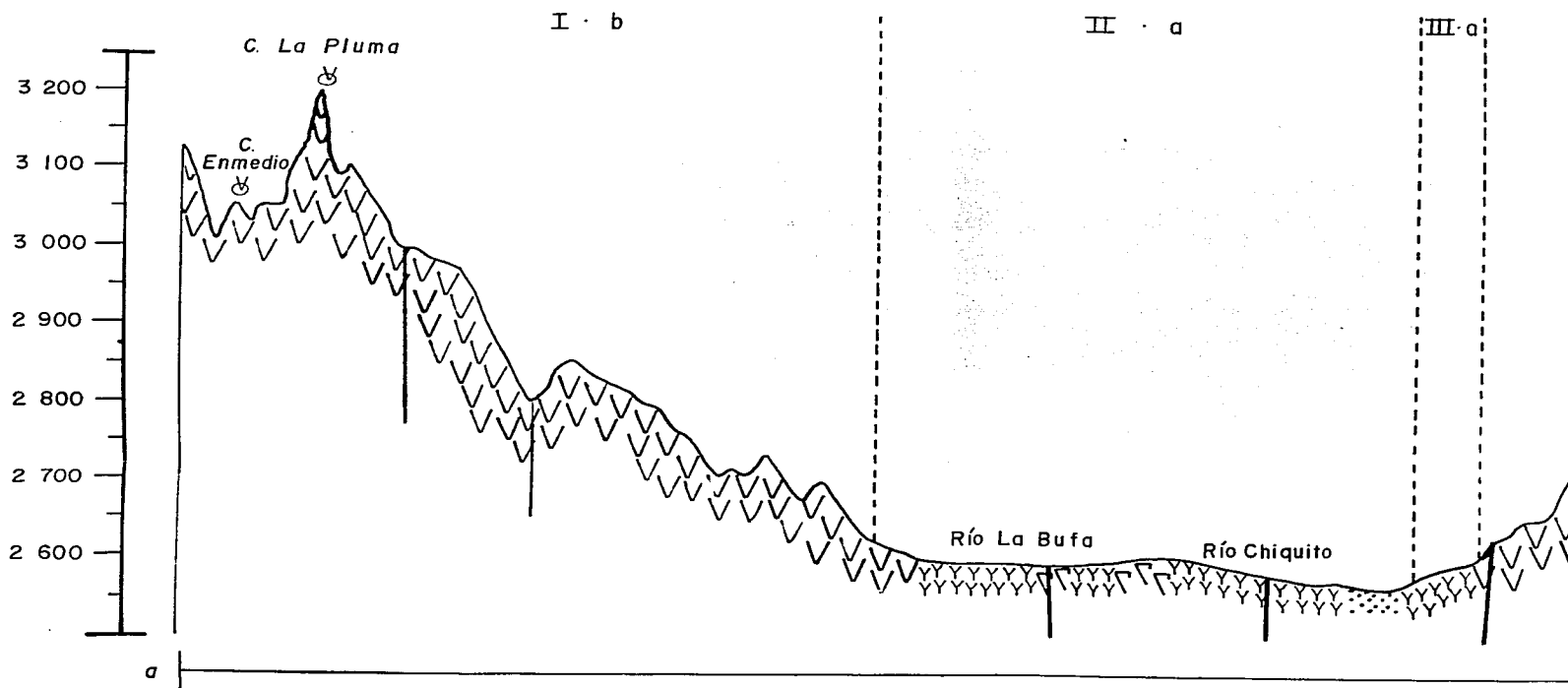


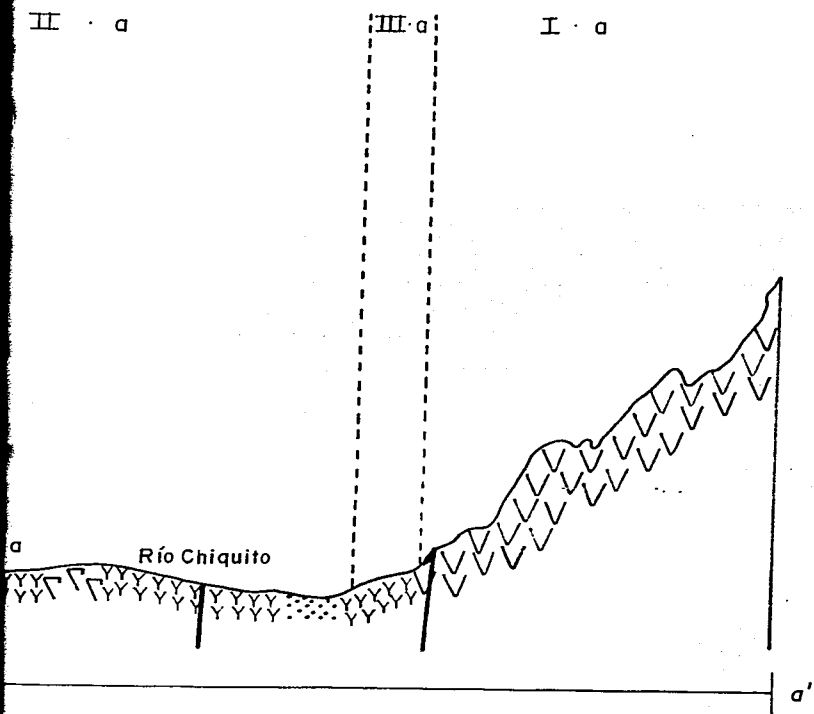
ESCALA 1:50000

Km 0 1 2 3 4 5 Km

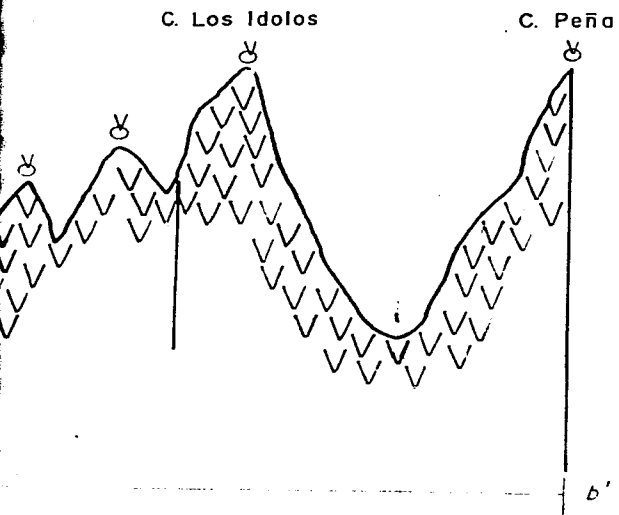
ESCALA GRAFICA

LES

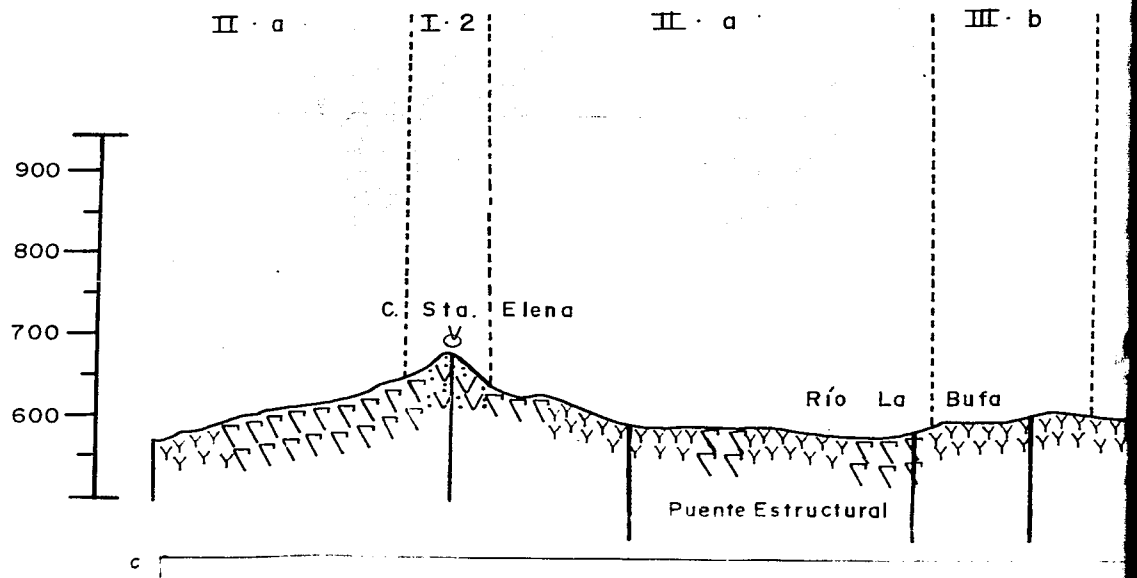
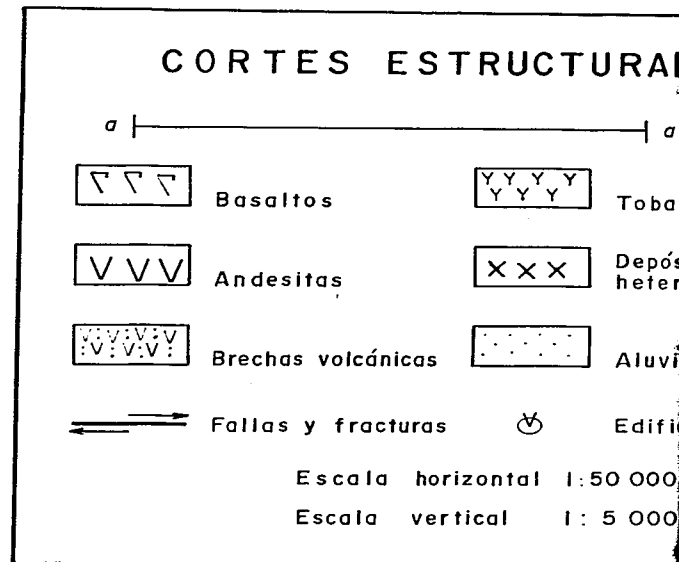




I · b



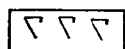
I · 2 I · b II · c III · 2



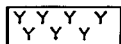
I · b

CORTES ESTRUCTURALES

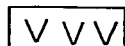
a |-----| a' Corte



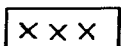
Basaltos



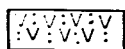
Tobas



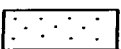
Andesitas



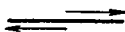
Depósitos volcánicos heterogéneos



Brechas volcánicas



Aluviones



Fallas y fracturas



Edificio volcánico

Escala horizontal 1:50 000

Escala vertical 1:5 000

II · a

I · 2

II · a

III · b

II · a

I · b

C. Sta. Elena

Río La Bufa

Puente Estructural

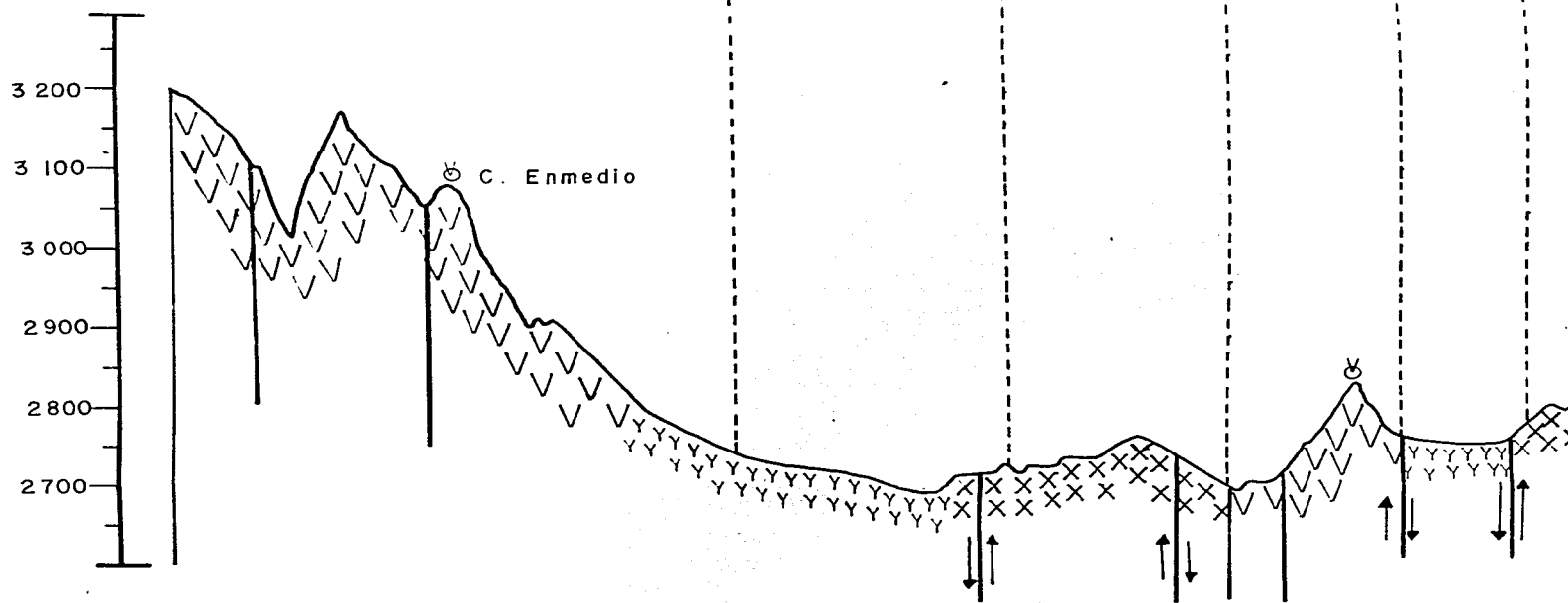
c

c'

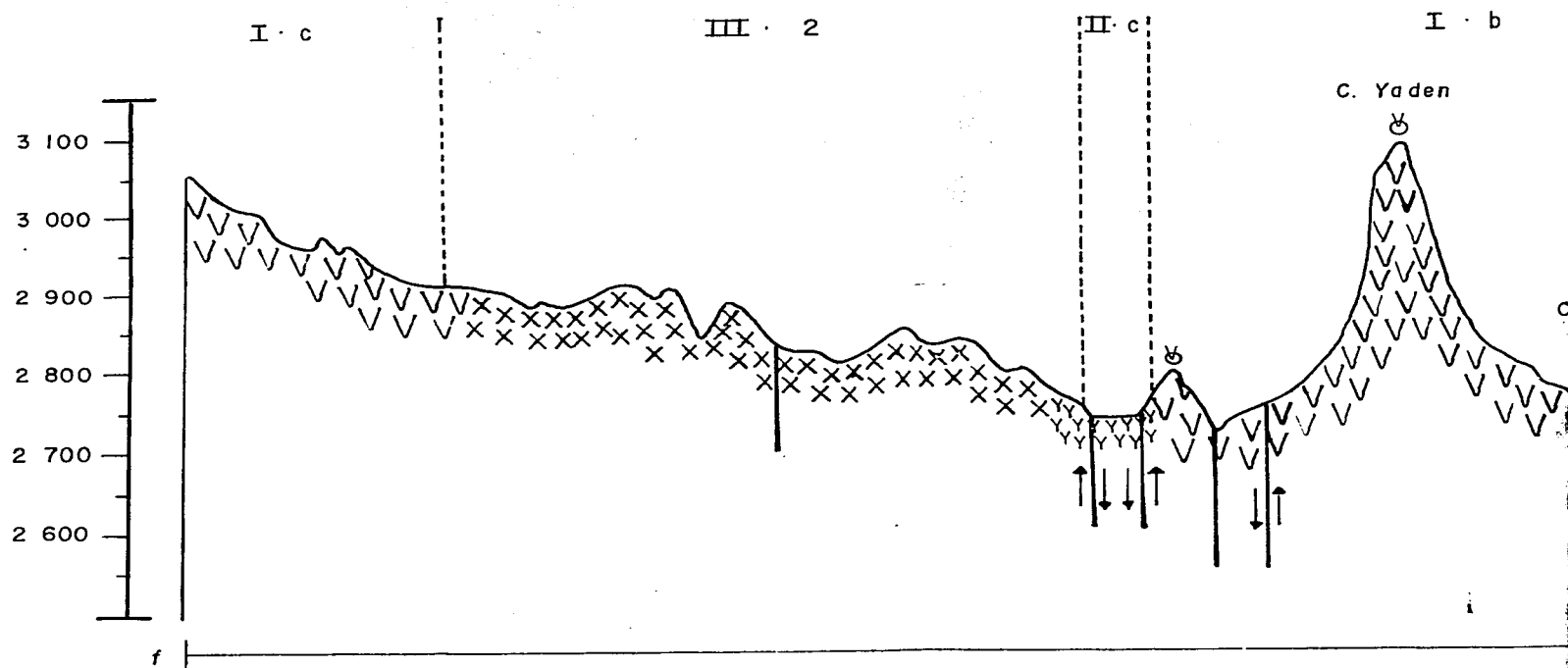
I · b

III · b; II · a; III · b;

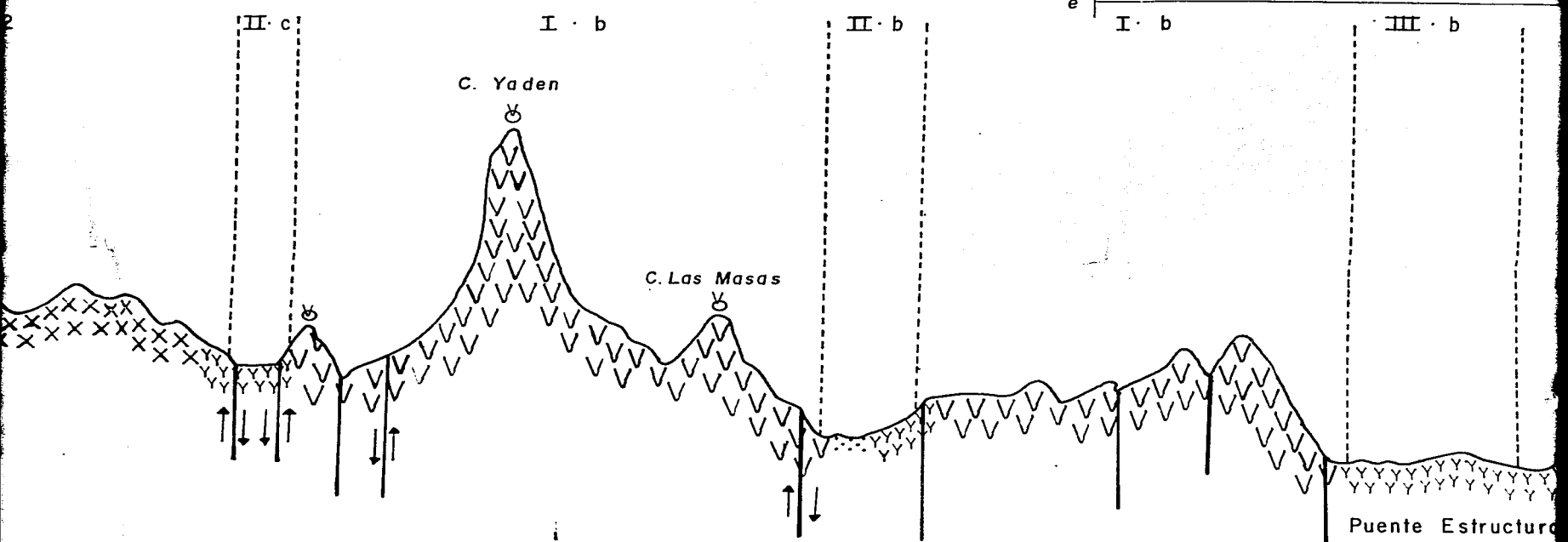
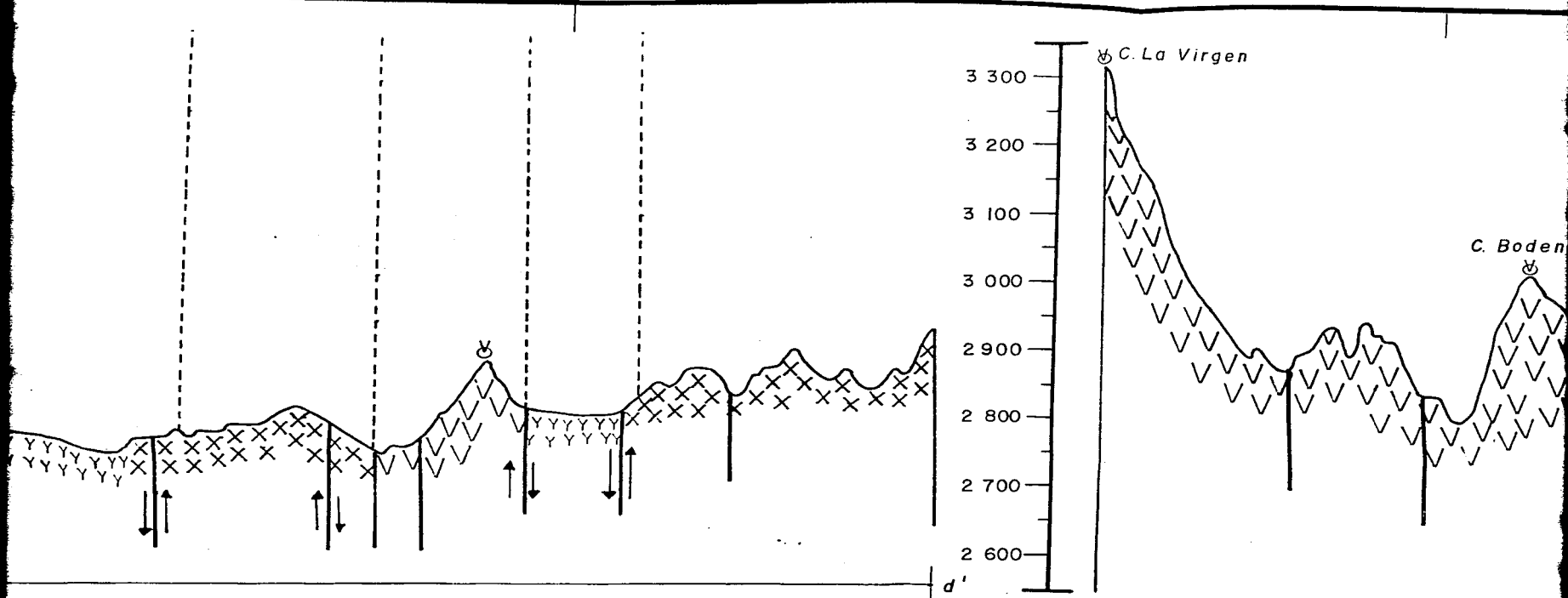
I · b

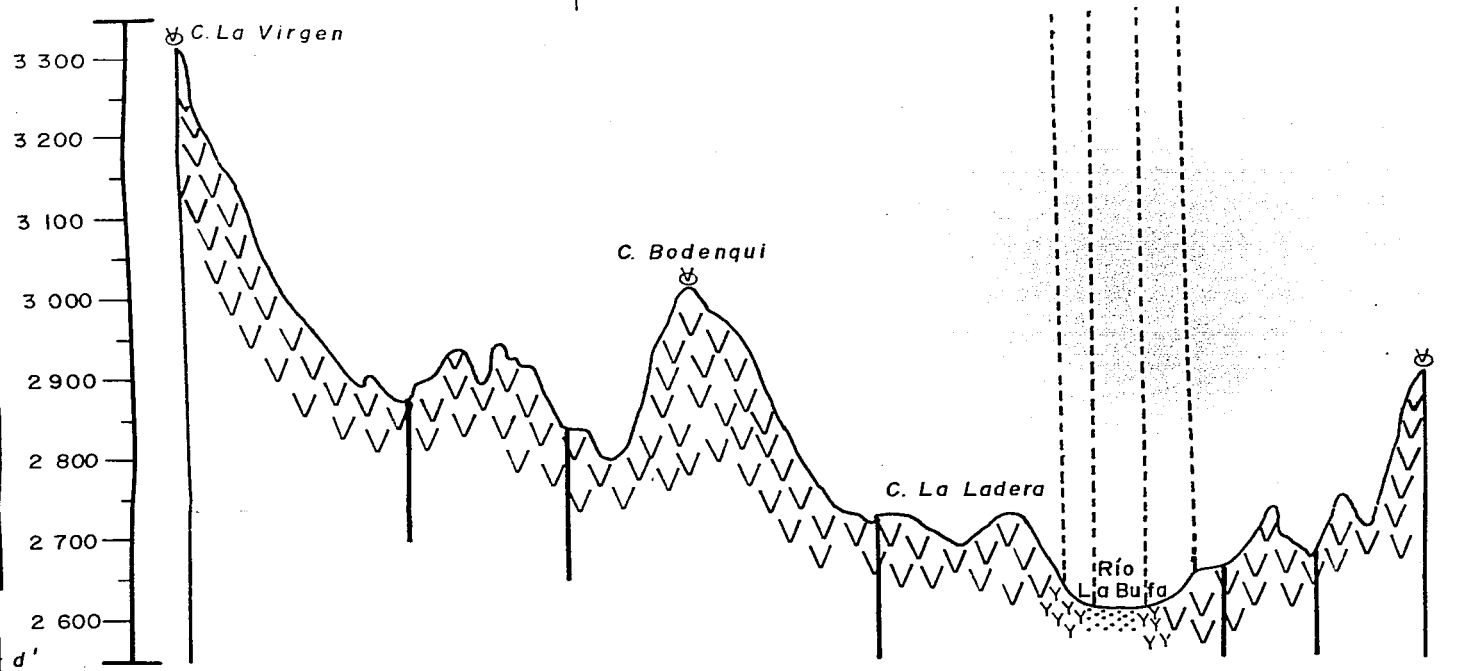


d

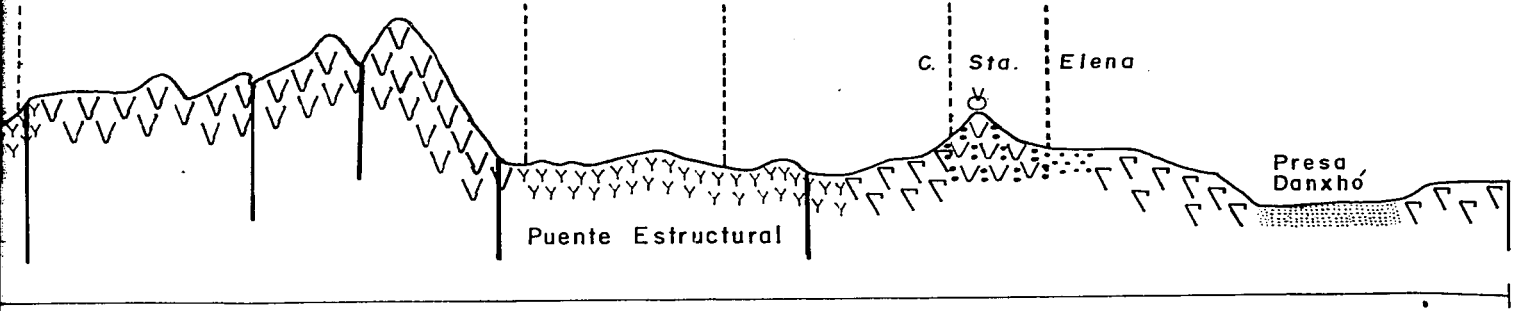


f





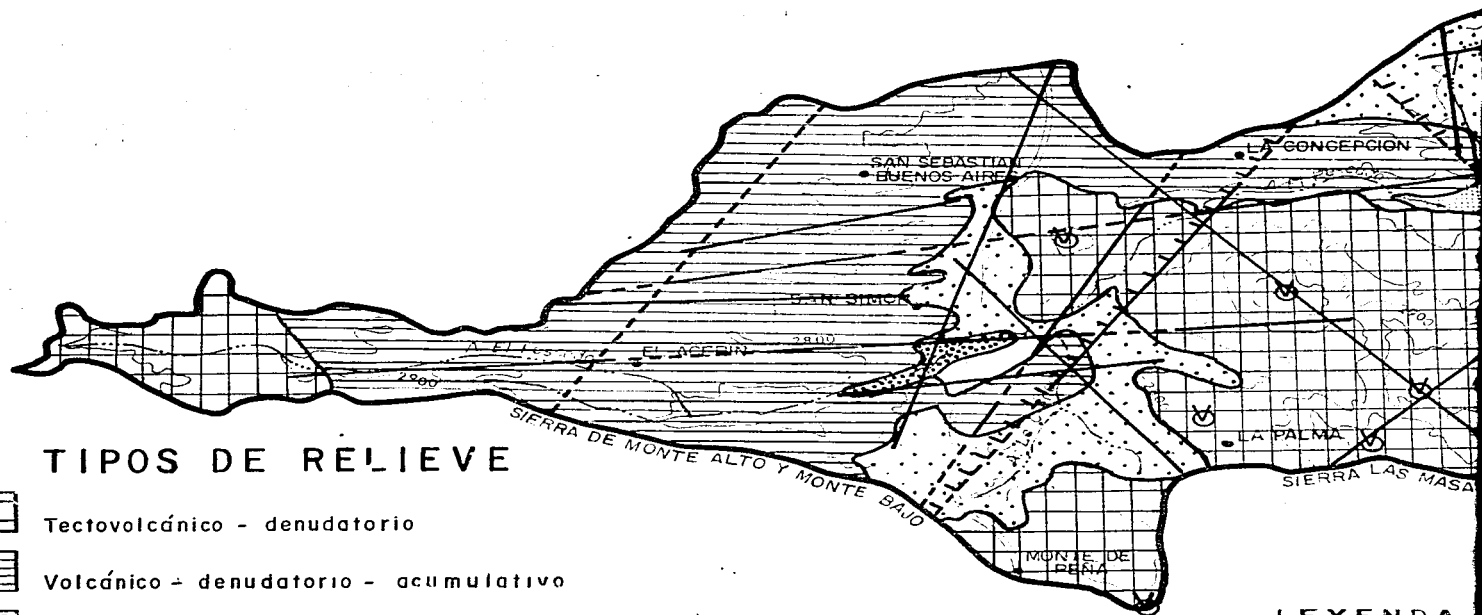
e I · b III · b II · a I · 2 II · a e'












f'

CUENCA DEL RIO LA BUFA







Mapa N° 6



TIPOS DE RELIEVE

- | | |
|--|---------------------------------------|
|  | Tectovolcánico - denudatorio |
|  | Volcánico - denudatorio - acumulativo |
|  | Acumulativo - denudatorio |
|  | Volcánico - acumulativo |
|  | Denudatorio - acumulativo |
|  | Acumulativo fluvial |
|  | Fracturas |
|  | Fracturas inferidas |
|  | Fallas |

LEYENDA

- | | |
|---|------------------------|
|  | CUERPOS DE AGUA |
|  | CARRETERAS PAV. |
|  | CAMINO DE TERR. |
|  | POBLADO |
|  | LIMITE DE CUENCA |
|  | —2500— CURVAS DE NIVEL |

ESCALA 1:50,000

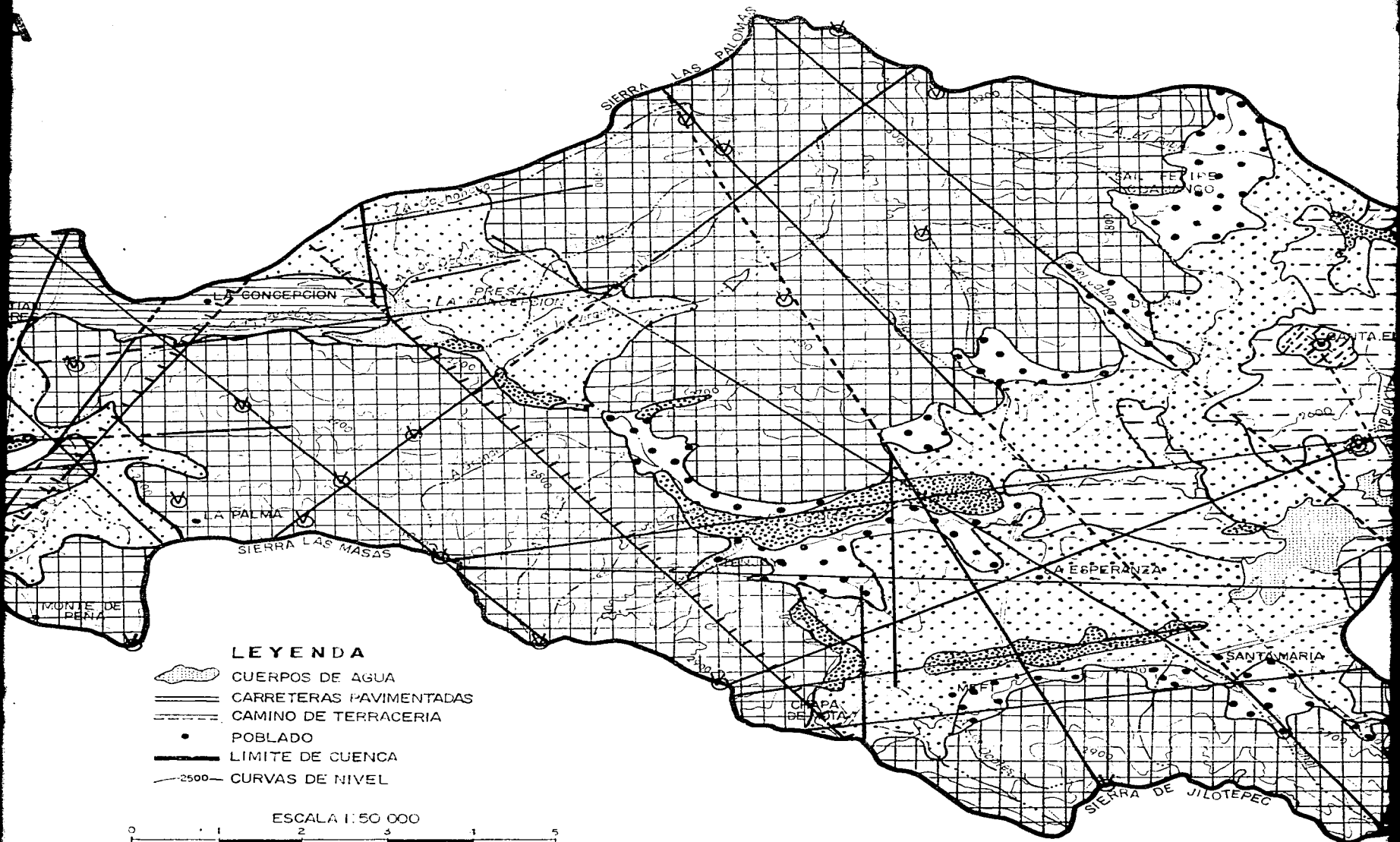


ECUIDISTANCIA ENTRE CURVAS

Nota: Debido a la escala utilizada no se representa en la carta el tipo de relieve erosivo

19°45'

19°50'



19°50'

