

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía**

**Morfología de la Región Volcánica Chimalhuacán-Cerro
de La Estrella / Sierra de Santa Catarina y Fracturas
del Fraccionamiento Los Olivos, Delegación de Tláhuac**

**Tesis que para obtener el título de Licenciado en
Geografía presenta**

Rosa Evelia Garay Maldonado

México, 1975

17149

1612



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.

A mis padres y
hermanos.

MI MÁS SINCERO AGRADECIMIENTO
A MI ASESOR DR. JORGE A. VIVÓ ESCOTO.

01000405

1. Introducción. El presente trabajo es el resultado del estudio en el terreno y en fuentes bibliográficas de la región volcánica Chimalhuacán-Cerro de la Estrella / Sierra de Santa Catarina y de la zona con fracturas que corresponde al fraccionamiento Los Olivos, Delegación de Tlahuac, que es aledaña al volcán de San Lorenzo Tezonco.

El trabajo de campo se ha venido realizando entre los años 1972 y 1975, como consecuencia de los informes que suministró al Colegio de Geografía, de la Universidad Nacional Autónoma de México, la alumna Margarita Carreón Méndez, quien desde su infancia ha vivido en ese fraccionamiento.

En la región volcánica mencionada dicho trabajo ha consistido en el reconocimiento de los materiales rocosos que forman cada uno de los volcanes de la región, con el propósito de determinar la mayor o menor antigüedad de los mismos, tomando como base los estudios previos de Kirk Bryan y de Federico Mooser, que se mencionarán más adelante.

Por lo que respecta al fraccionamiento Los Olivos, un grupo formado por las entonces pasantes del mencionado Colegio, Rosa Espriú Sen y Judith Durán Casillas, y por los maestros Mauricio Aceves García y Jorge A. Vivó Escoto, realizaron en 1972 y en diversas ocasiones reconocimientos de las fracturas que en el mismo se localizan.

Posteriormente, el grupo se aumentó con el alumno Raúl Toledo Bello, en 1973; continuándose los estudios en 1974 y 1975 por la pasante Rosa Evelia Garay Maldonado y los maestros Dolores Riquelme de Rejón y Jorge A. Vivó Escoto.

El estudio en esta zona ha consistido en el reconocimiento de las fracturas que afectan a la misma.

En algunos casos las fracturas pudieron observarse en el terreno, en otros casos se determinaron tomando en cuenta los hundimientos en el pavimento, en campos de cultivo o terrenos baldíos; en la mayoría de los casos las fracturas fueron identificadas por derrumbes, o por hundimientos o grietas en las casas y en las bardas.

Algunas de las fracturas observadas en agosto de 1972 han sido rellenadas; y algunas casas o bardas destruidas en esa misma época han sido reconstruidas.

Aunque nuestras observaciones se han limitado al periodo de 1972 a 1975, según la información obtenida, tenemos conocimiento de hundimientos que han producido daños de importancia en las construcciones y en las bardas, en los años de 1960, 1965, 1972 y 1975.

Además de las mencionadas observaciones, parte del trabajo de campo consistió en la obtención de fotografías de fracturas, de hundimientos y de algunos aspectos observados en el deterioro de las construcciones.

Las fotografías han sido obtenidas, sucesivamente, por el maestro Mauricio Aceves García, el alumno Raúl Toledo Bello, la pasante Rosa Evelia Garay Maldonado, a quien se debe el mayor número de ellas, y por la maestra Dolores Riquelme de Rejón.

Las fotografías aéreas que han servido para formar mosaicos o que se han utilizado individualmente, fueron seleccionadas en la CETENAL y en la Compañía Mexicana Aerofoto por la pasante Rosa Evelia Garay Maldonado, quien también tuvo a su cargo el ordenamiento y presentación definitiva de este material.

Como complemento del trabajo anterior se elaboraron dos cartas geomorfológicas, una basada en la del Comité Coordinador del Levantamiento de la Carta de la República, y otra en la de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

Además, se preparó una Carta Geológica de la región, basada en la del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

También se utilizó una hoja del Plano de la Ciudad de México y Zonas Urbanas del Distrito Federal, elaborada por la Dirección General de Catastro e Impuesto Predial del Distrito Federal, de fecha septiembre de 1967.

El trabajo cartográfico estuvo a cargo de la pasante Rosa Evelia Garay Maldonado.

Se utilizó la Carta Tectónica de Federico Mooser que representa el graben o depresión tectónica que originó los sistemas volcánicos de Chimalhuacán-La Estrella y de la Sierra de Santa Catarina.

Se elaboró un cuadro cronológico de los mencionados sistemas volcánicos, basado en los estudios de Kirk Bryan, en las observaciones en el terreno y en las fotografías aéreas de los volcanes que pertenecen a dichos sistemas.

El trabajo de campo fue complementado con el estudio de fuentes bibliográficas referentes a esta región.

Las obras fundamentales que se utilizaron al efecto fueron:

- 1) 1889-1899, J. Félix y H. Lenk. Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexico. Leipzig-Stuttgart.
- 2) 1895, Ezequiel Ordóñez. Las rocas eruptivas del suroeste de la cuenca de México.
- 3) 1910-1911, Paul Waitz. Excursiones geológicas a la Sierra de.

Santa Catarina.

4) 1930, C. Burckhardt. Etude Syntétique sur le Mésozoïque Méso-cain.

5) 1944, Ralph W. Imlay. Cretaceous formations of Central America and Mexico.

6) 1948, Kirk Bryan. Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos.

7) 1948, Helmut de Terra. Historia del Valle de México en las postrimerías del cuaternario, en relación con el hombre prehistórico.

8) 1950, Luis Aveleyra Arroyo de Anda. Prehistoria de México.

9) 1953, A.R.V. Arellano. Estratigrafía de la Cuenca del Valle de México.

10) 1956, Carl Fries Jr. Bosquejo Geológico del Centro-Oeste de Morelos y regiones contiguas de Guerrero y México.

11) 1956, Federico Mooser. Libreto-Guía de la Excursión C-9. Congreso Geológico Internacional.

12) 1957, Federico Mooser. Los ciclos del vulcanismo que formaron la cuenca del Valle de México.

13) 1959, Jesús Figueroa A. Carta Sísmica de la República Mexicana.

14) 1961, Federico Mooser. Informe sobre la geología de la cuenca de México y zonas colindantes.

15) 1964, Federico Mooser. Geología. Descripción física del Valle de México.

16) 1966, Román Piña Chan. Guía Oficial de Copilco-Cuicuilco.

Como puede apreciarse a través del desarrollo del presente estudio, los capítulos segundo, tercero y cuarto se refieren a la morfología de la región volcánica Chimalhuacán-Cerro de La Estrella/Sierra de Santa Catarina y el quinto a las fracturas del fraccionamiento Los Olivos, Delegación de Tlahuac.

El trabajo relacionado con este último aspecto, aunque fue iniciado desde agosto de 1972, se concluyó bajo la dirección de la maestra Dolores Riquelme de Rejón, con la colaboración de la pasante Rosa Evelia Garay Maldonado, en febrero de 1975.

Como resultado de ello, en esa época se preparó un resumen de dicho trabajo por la maestra Dolores Riquelme de Rejón, con el título de "Las fracturas de la zona del volcán de San Lorenzo Tezonco", que fue leído en una conferencia que sustentó el 7 de febrero de 1975, en la Facultad de Filosofía y Letras, y, posteriormente, preparó otro documento sobre la materia, con el mismo título, pero un poco más extenso, que fue entregado a la Dirección General de Planeación, del Departamento del Distrito Federal, el 5 de marzo de 1975.

Con posterioridad se ha complementado el estudio que se venía haciendo sobre la morfología de la región volcánica Chimalhuacán-Cerro de La Estrella/Sierra de Santa Catarina, que es la parte más importante de este trabajo, por la autora del mismo, bajo la dirección del doctor Jorge A. Vivó Escoto.

2. Geología histórica. La historia geológica del Valle de México es muy compleja.

Los estudios de Burckhardt demuestran que las capas de calizas del cretácico que se encuentran en la Altiplanicie Mexicana se continúan hacia la depresión del Balsas y, en consecuencia, se hallan también en las capas profundas del Valle de México.

El mencionado autor dice que la formación cenomaniana del cretácico medio se localiza en Apaxco, Estado de México, y en Tautepac, Morelos (1).

Esa opinión se confirma por las investigaciones de Ralph W. Im-lay, quien en sus mapas geológicos demuestra que las facies marítimas aptiano, albiano, cenomaniano, turoniano, coniaciano y santoniano, así como las facies terrestres campaniano y maestrichtiano, también correspondieron al área del Valle de México (2).

Según los resultados de esos estudios dicha región fue primero parte de una zona marítima y después de una terrestre, durante el periodo cretácico del mesozoico, y continuó siendo terrestre durante los periodos paleoceno y eoceno, según se observa al estudiar las cartas geológicas de la obra de Charles Schuchert sobre geología de México, América Central y las Antillas (3).

J. Felix y H. Lenk fueron los primeros en estudiar los volcanes del sureste del Valle de México, proponiendo que existen los grupos de El Pino, El Tejolote y Santa Catarina, y sugiriendo la existencia de una fractura del Popocatepetl al Xico, el Santa Catarina y el Peñón del Marqués, que nadie ha aceptado más tarde (4).

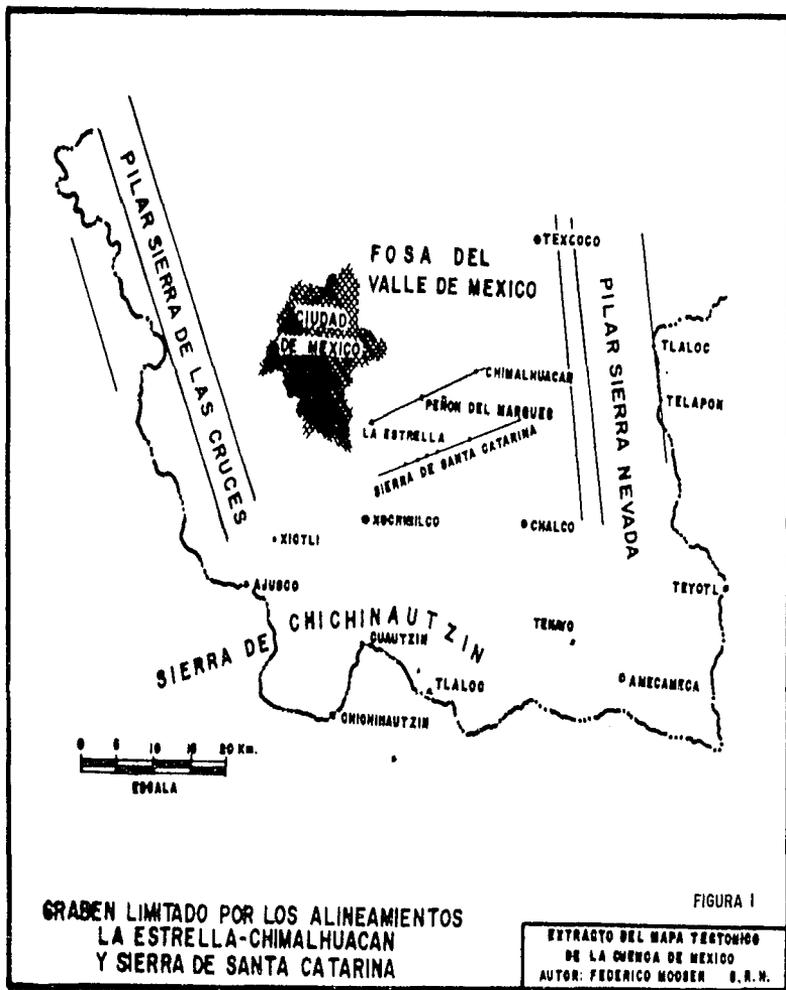
El estudio de esos geólogos alemanes sirvió de fundamento al trabajo sobre la región que más tarde publicó Ezequiel Ordóñez.

Las capas más antiguas de origen volcánico que se encuentran en la cuenca del Valle de México son conocidas con el nombre

de Formación Xochitepec. Sobre esta formación Federico Mooser afirma: "En varias partes de la Cuenca de México así como en sus flancos, aparecen tobas, brechas y complejos volcánicos profundamente erosionados que son más antiguos que los aparatos volcánicos del plioceno, ya que quedan rodeados o cubiertos por lavas de estos últimos. Aunque su base no está expuesta en la Cuenca de México debe suponerse que estas rocas descansan sobre depósitos clásticos del Grupo Balsas (Frías, en este mismo Libreto Guía), cuya parte superior probablemente corresponde al oligoceno inferior, de manera que pueden adscribirse al oligoceno superior y al mioceno. Para este complejo de rocas se propone la denominación Formación Xochitepec, por ser Xochitepec el nombre de la sierra inmediatamente al sur de una línea entre Tlalpan y Xochimilco, al sur de la Ciudad de México. A esta formación pertenece también la base de la Sierra de Guadalupe al norte de la Ciudad de México, así como remanentes de erosión tales como el Cerro de Chapultepec en la parte occidental de la ciudad; el Peñón de los Baños, situado al oeste del Aeropuerto Internacional; el Cerro de Zacatepec, que sobresale sobre de las lavas recientes del Pedregal de San Angel, al suroeste de la Ciudad Universitaria, y las traquiandesitas que están expuestas en la base occidental de la Iztaccíhuatl y en la base oriental del Ajusco. Hay una variedad de tipos petrográficos entre las lavas de la Formación Xochitepec (5).

La formación más importante y de mayor extensión en la región del Valle de México es la de andesita de los periodos mioceno y plioceno.

Pero el pleistoceno se caracteriza por dos cambios impor-



tantes: 1) el clima es pluvial en el valle y glacial en las montañas cercanas, y 2) el vulcanismo se manifiesta por la efusión de materiales de basalto. En esto están de acuerdo Carlos Fries Jr. (6) y Federico Mooser (7).

Los materiales volcánicos de este periodo corresponden a la formación Chichinautzin de basaltos, a la que se refieren ambos autores, la cual ocupa principalmente regiones al sur del Valle de México.

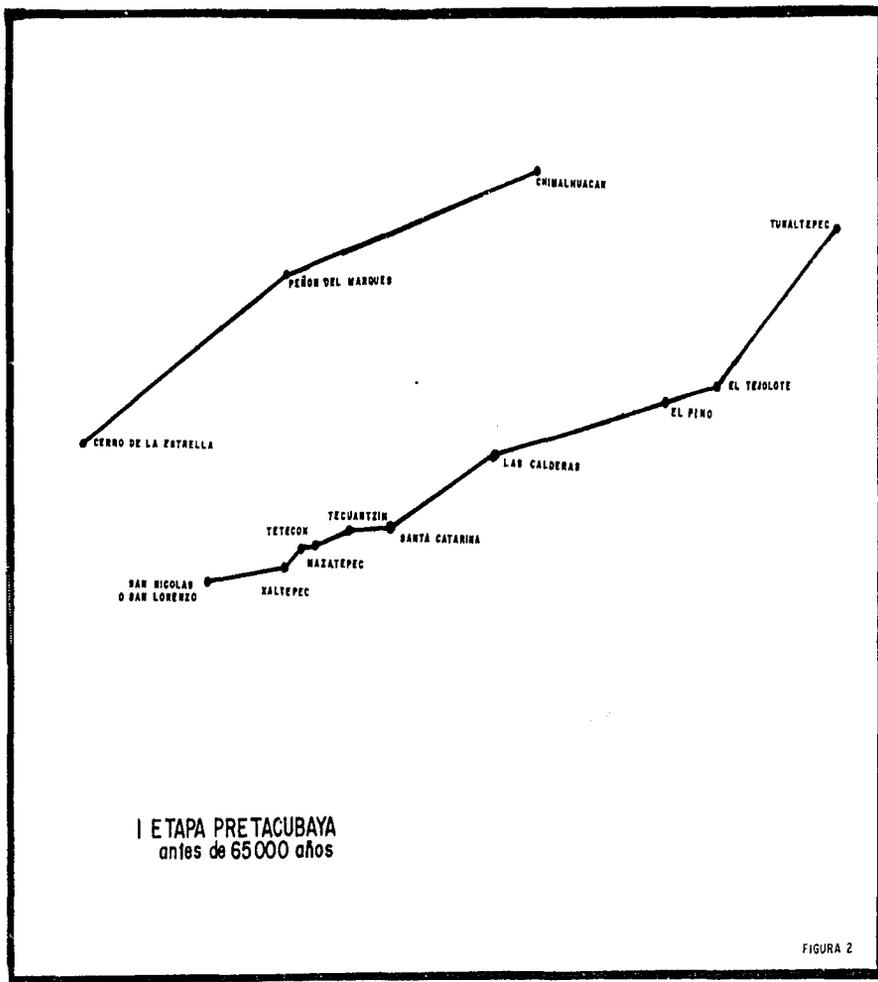
Luis Avelayra Arroyo de Anda (8), basándose en los trabajos de Kirk Bryan (9) y de A.R. Arellano (10), clasifica los depósitos sedimentarios de la última etapa glacial del pleistoceno superior, como contemporáneos a la glaciación wisconsiniana de América del Norte, y del holoceno.

Federico Mooser considera que finalmente aparecieron "en la planicie lacustre... en rápida sucesión los conos escoriáceos de la Sierra de Santa Catarina" (11), transformándose así lo que antes era una red complicada de barrancas hondas, en una extensa planicie (12); los depósitos clásticos alcanzaron hasta 800 m. en Xochimilco (13).

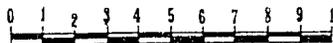
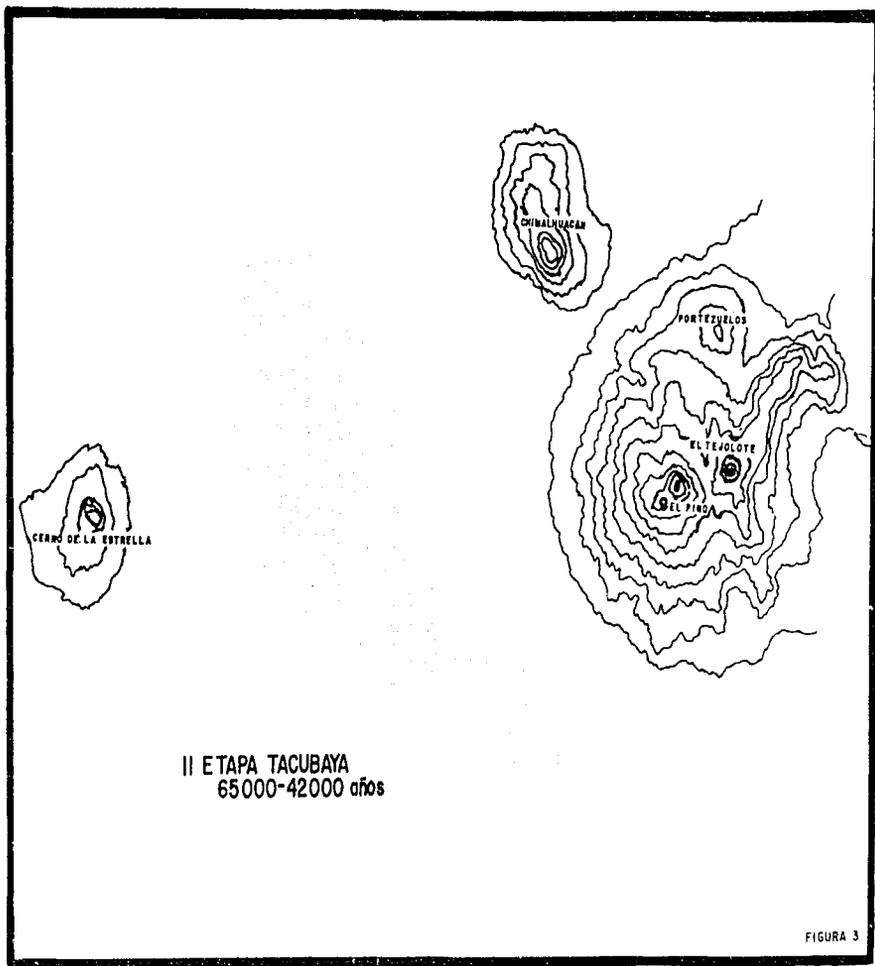
Cuadro cronológico de la región de Chimalhuacán-La Estrella
y de la Sierra de Santa Catarina.

<u>Etapa</u>	<u>Años</u>	<u>Volcanes</u>
H o Noche Buena	3 000	Xitle
l o Totolzingo	4 000	
c e Caliche III n (Barrilaco)	9 000-5 000	
o		
P Becerra Superior (Pluvial)	35 000-10 000	Tehualqui, San Nicolás ó San Lorenzo Santa Catarina Tetecón Xaltepec
l		
e		
i		Tecuantzin ó Santiago Tecomatitlán ó Mazatepec
s t o c e n		
Caliche II		
Becerra Inferior (Pluvial)	41 000-36 000	Las Calderas Tlapacoya-Xico Peñón del Marqués
e n		
o Tacubaya (Pluvial)	65 000-42 000	Chimalhuacán La Estrella El Pino-Tejolote

(x) Se basa en el cuadro de Kirk Bryan, en otros trabajos geológicos, en estudios en el terreno y en fotografías aéreas.



Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México
Equidistancia de las curvas de nivel 50.00 m.



Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México
Equidistancia de las curvas de nivel 50.00 m.

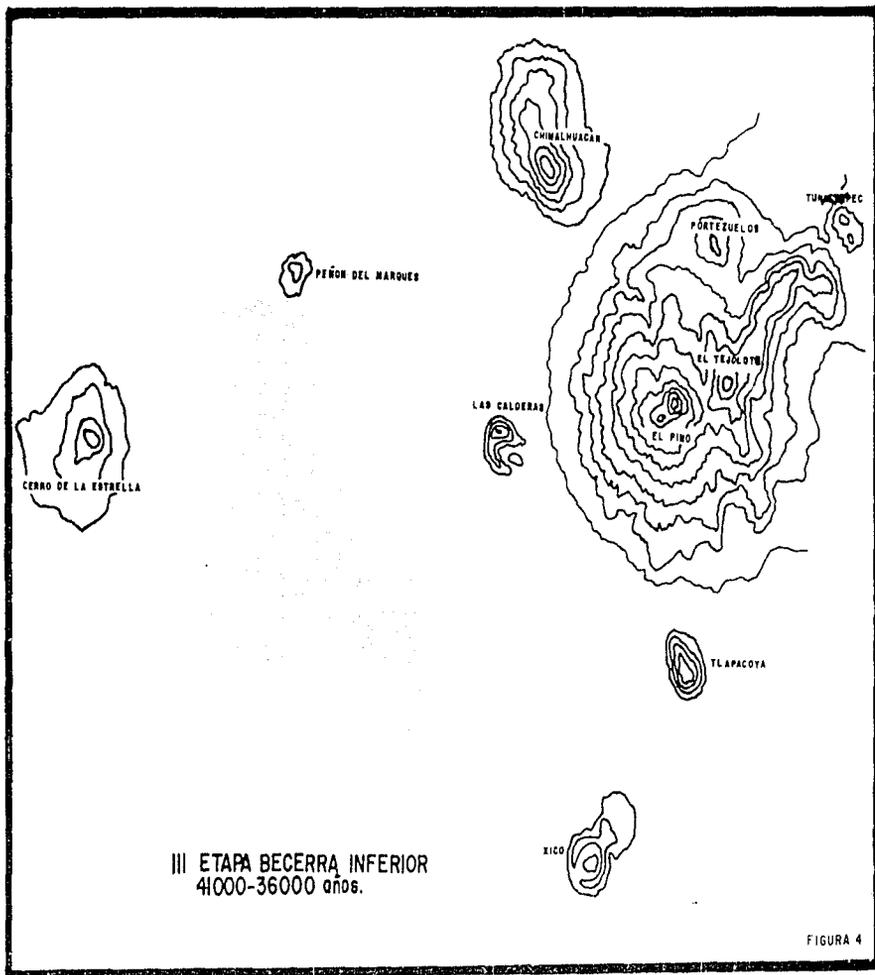
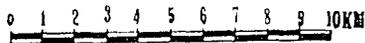
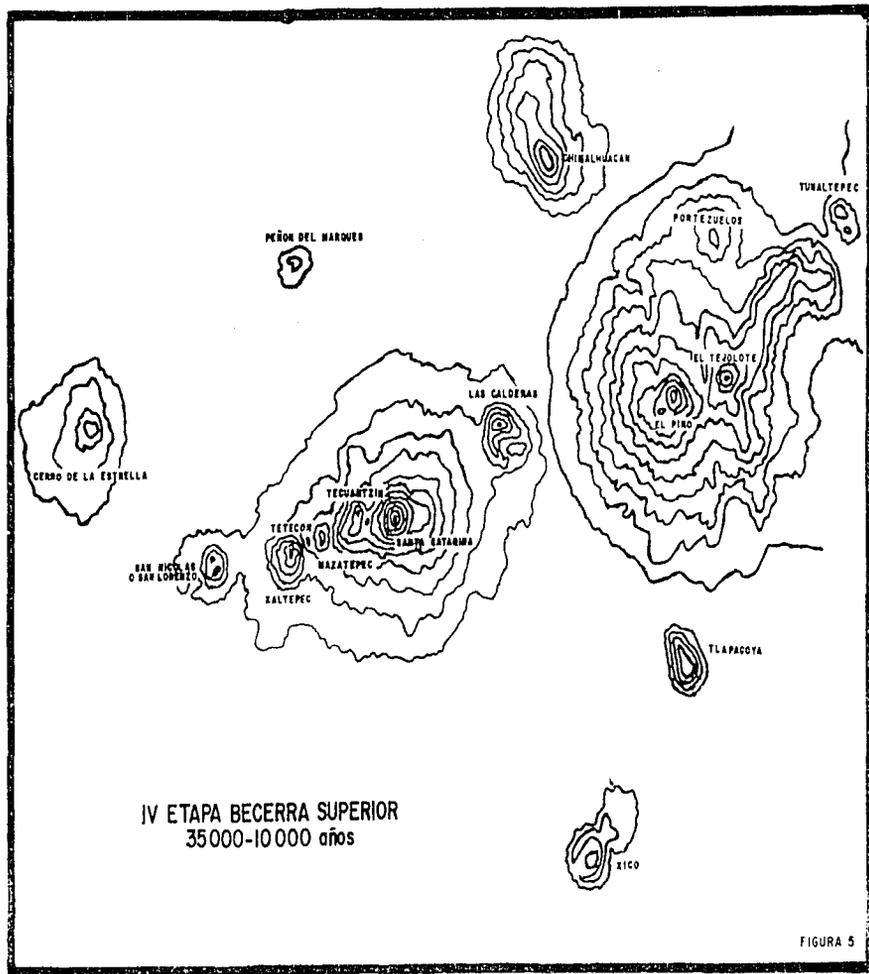


FIGURA 4



Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México
Equidistancia de las curvas de nivel 50.00 m.



Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México
Equidistancia de las curvas de nivel 50.00 m.

La cronología establecida sobre la base de una correlación entre los suelos de fines del pleistoceno y principios del holoceno con las etapas correspondientes a dichos periodos, por Kirk Brynan, encuentra una comprobación en los datos petrográficos sobre los volcanes de la región.

A continuación se ofrece un cuadro sobre "Rocas formadoras de los volcanes", que se basa en la información de Ezequiel Ordóñez, Paul Waitz y Kirk Bryan, contenida en los trabajos que se mencionarán más adelante.

Los referidos datos sobre rocas fueron también observados en el terreno, a través de numerosas excursiones, por el doctor Jorge A. Vivó Escoto y la pasante Rosa Evelia Garay Maldonado.

Rocas formadoras de los volcanes

<u>Volcanes</u>	<u>Ezequiel</u> <u>Ordóñez</u>	<u>Paul</u> <u>Waitz</u>	<u>Kirk</u> <u>Bryan</u>
El Tejolote	andesita hornbléndica		
El Pino	andesita hipersténica		
Cerro de La Estrella	basalto		basalto
Chimalhuacán	basalto		
Peñón del Marqués	basalto		basalto
Tlapacoya	andesita hornbléndica		
Xico	basalto		basalto
Las Calderas	basalto	basalto	basalto
Tecuantzin	andesita hipersténica	andesita hipersténica	
Mazatepec	andesita hipersténica	andesita hipersténica	
Xaltepec	basalto	basalto	basalto
Tetecón	basalto	basalto	basalto
Santa Catarina	basalto	basalto	basalto
San Nicolás o San Lorenzo	basalto	basalto	basalto

El primer estudio sobre las rocas formadoras de los volcanes, que realizaron J. Félix y H. Lenk, sirvió de antecedente al de Ezequiel Ordóñez.

El anterior cuadro demuestra que, desde el punto de vista petrográfico, los volcanes del graben Chimalhuacán-Cerro de La Estrella/Sierra de Santa Catarina, pueden clasificarse en tres tipos, a saber:

- 1) de andesita hipersténica: El Pino, Tecuantzin, Mazatepec,
- 2) de andesita hornbléndica: El Tejolote, Tlapacoya,
- 3) de basalto: La Estrella, Chimalhuacán, Peñón del Marqués, Xico, Las Calderas, Xaltepec, Tetecón, Santa Catarina, San Nicolás o San Lorenzo.

La hiperstena es silicato magnésico cálcico con más de 14 por ciento de silicato ferroso de color pardo oscuro o negro, y la hornblenda es silicato magnésico cálcico con hierro y alumina de color negro o verde muy oscuro.

Por lo cual, las andesitas hipersténicas y las andesitas hornbléndicas constituyen una transición entre las andesitas que carecen de esos materiales magnésico cálcicos y hierro, por una parte, y los basaltos, por otra.

Pero, de todos modos, en cada fractura los volcanes andesíticos hipersténicos y los andesíticos hornbléndicos deben ser más antiguos que los volcanes basálticos, ya que las extrusiones basálticas son las más modernas.

3. Fracturas, fallas y desarrollo tectónico de la región.

Según se deduce del mapa tectónico del Valle de México, de Federico Mooser, en la parte sur de dicho valle, durante el cuaternario, antes de 65 000 años, se desarrolló un graben o depresión tectónica que fue el resultado, a su vez, de dos fallas en las que más tarde los volcanes se agruparon en dos alineamientos, a saber:

- 1) Chimalhuacán, Peñón del Marqués, Cerro de La Estrella, y
- 2) El Pino-Tejolote; Las Calderas; Santa Catarina; Tecuatzin ó Santiago; Tecomatitlán ó Mazatepec; Tetecón; Xaltepec y Tehualqui, San Nicolás ó San Lorenzo (14) (véase el mapa tectónico de Federico Mooser y la figura sobre el graben correspondiente).

Las dos mencionadas fallas como se podrá apreciar más adelante parecen estar activas tomando en cuenta que en ellas se han presentado sismos en épocas recientes.

Por esta razón las numerosas fracturas que pueden ser reconocidas en forma directa o por los daños en las construcciones en el fraccionamiento de Los Olivos parecen tener relación con el sistema de fallas que origino los volcanes antes mencionado.

El desarrollo tectónico de esta región volcánica, tiene dos características principales: 1) que es reciente desde un punto de vista geológico; y 2) que en la actualidad muestra síntomas de actividad.

A continuación se incluye una carta que representa las fallas y las fracturas de la región Chimalhuacán-La Estrella/Sierra de Santa Catarina.

FALLAS Y FRACTURAS DE LOS VOLCANES DE LA REGION CHIMALHUACAN-LA ESTRELLA/SIERRA DE SANTA CATARINA

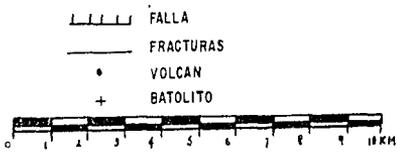
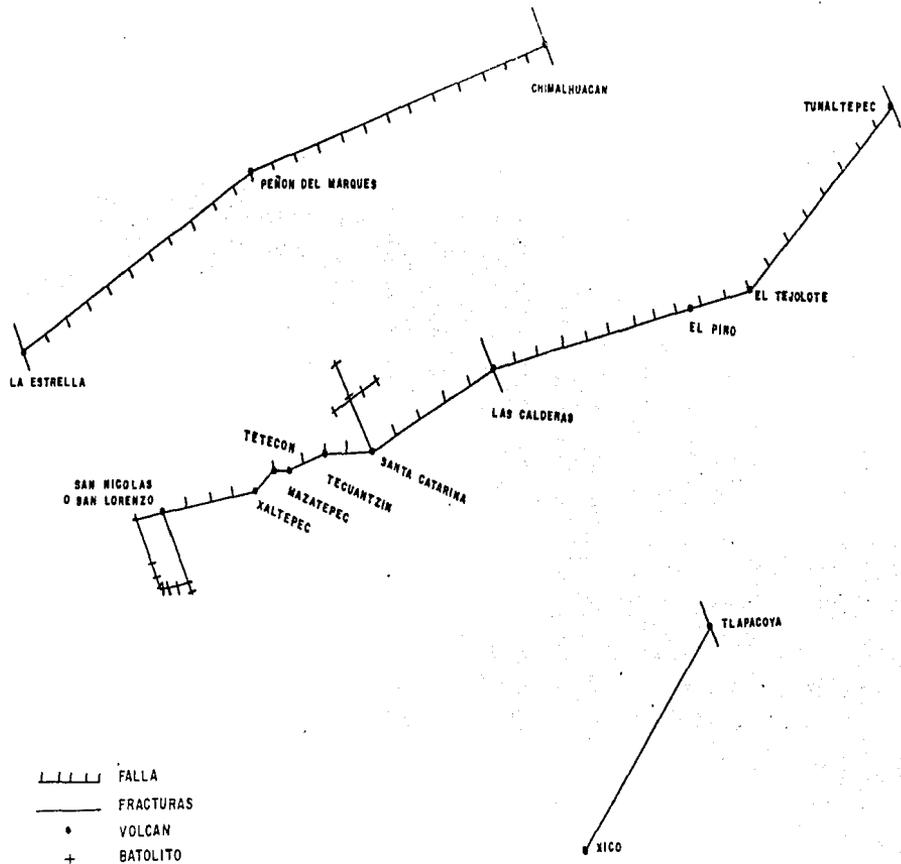


FIGURA 6

La anterior carta demuestra que, como es frecuente, se han desarrollado fracturas secundarias con rumbo NNW-SSE, perpendiculares al alineamiento de las dos principales fallas del graben Chimalhuacán-La Estrella/Sierra de Santa Catarina, que tienen rumbo WSW-ENE.

A lo largo de esas fracturas secundarias se han formado los volcanes, todos con dos cráteres, La Estrella, Chimalhuacán, Las Calderas, Tlapacoya y Tunaltepec.

Estos no son los únicos volcanes con dos cráteres en la región, porque también los tuvieron El Pino y El Tejolote, y los tienen Mazatepec y Xico.

Pero, sí contrasta el rumbo de las fracturas secundarias con el de las fallas principales, en las que se alinean, el Peñón del Marqués, por un lado, y por otro, El Pino, El Tejolote, Tenuantzín, Mazatepec, Xaltepec, Tetecón, Santa Catarina y San Lorenzo.

También se encuentran en fracturas secundarias, relacionadas con los volcanes Santa Catarina y San Nicolás o San Lorenzo, las intrusiones que se originaron después de la erupción de esos volcanes, cuyas fracturas se alinean perpendicular o paralelamente a la falla de la Sierra de Santa Catarina.

4. Vulcanismo. Las actividades volcánicas más recientes en la depresión sur del Valle de México han tenido lugar en las citadas fallas, que se hallan situadas en el sureste de dicha depresión.

El vulcanismo de la etapa más antigua, según el cuadro cronológico que se ha incluido anteriormente, corresponde a una edad entre 62 000 y 45 000 años, de acuerdo con los fundamentos de dicha cronología establecidos por Kirk Bryan (15).

Durante el pleistoceno, en la etapa Tacubaya inferior, se formaron, primero, los volcanes del sistema El Pino-El Tejolote y, después, Chimalhuacán y Cerro de la Estrella, a lo largo de las correspondientes fallas del mencionado graben, orientado de este-noreste a oeste-suroeste.

El sistema El Pino-El Tejolote es el más antiguo y el que ocupa mayor extensión en toda la región.

Se fundamenta esta antigüedad en que se trata de edificios volcánicos de material clástico muy consolidado que han sufrido una intensa intemperización y muy continuada erosión.

Esta ha actuado en el material clástico desde una época tan antigua que en los edificios volcánicos existen profundas barrancas en todas direcciones.

También por la prolongada erosión las pendientes de los volcanes son muy suaves y sólo pueden observarse prominencias en la estructura que corresponden a las chimeneas de los antiguos cráteres y a las corrientes de lava, es decir a los materiales que no han podido ser afectados intensamente por la erosión.

En El Tejolote se observan de una manera notable las dos

prominencias correspondientes a las chimeneas de lava que se conservan en donde antiguamente existieron los dos cráteres más importantes del volcán.

Por otra parte, también en El Tejolote se observan otras elevaciones que parecen corresponder a cráteres que se formaron en la periferia del edificio volcánico; algunos de esos cráteres se originaron en la ladera del edificio volcánico y otros en lugares contiguos a dicho edificio, como el cerro llamado Portezuelos, al norte.

Separado de El Tejolote, al este del mismo, se encuentra el cerro que es conocido con los nombres de Tunaltepec o Chilhuanco, el cual muestra dos cráteres muy destruidos.

La antigüedad de casi todos los demás cerros volcánicos de la región fue determinada por Kirk Bryan sobre la base de la relación que existe entre algunas etapas geológicas de los periodos pleistoceno y holoceno con los suelos que se desarrollaron en dichas etapas.

A las diferentes etapas pluviales: Tacubaya, Becerra inferior y Becerra superior correspondieron suelos con sesquióxidos de hierro; a la Tacubaya, suelos con arcilla amarilla-café y a las dos Becerra, con arcilla morena; a las dos etapas de clima de humedad moderada correspondieron suelos de calcificación, es decir con un horizonte de caliche (16).

La aplicación de esta técnica para la determinación de la cronología del Cerro de la Estrella es el ejemplo más interesante del trabajo de Kirk Bryan.

El geólogo comienza por considerar que el Cerro de la Estrella es relativamente viejo porque así se deduce de su aspecto geomórfico: presenta declives suaves y largos, en todas direc-

ciones desde la región más alta.

No tiene cono de escorias porque éstas fueron removidas.

El autor supone que el volcán tuvo un crater, pero la existencia de dos chimeneas de lava demuestra que, como casi todos los volcanes de la región, tuvo dos cráteres.

Junto a las dos chimeneas los declives son abruptos, lo cual contrasta con las predominantes laderas suaves.

El autor continúa la descripción del volcán, afirmando que, a los declives suaves y largos, se agrega una pendiente abrupta, en el sur y oeste, con un material de 2 m de espesor, de color amarillo-café, que corresponde a la etapa Tacubaya; y a esa pendiente abrupta, por fin, le sigue una ladera de menos pendiente, de polvo eólico acarreado desde la parte alta, con hasta 9 m de espesor, de color café terroso, que es de la etapa Becerra.

De estos datos se infiere que el Cerro de la Estrella es de la etapa Tacubaya(17).

Otro cerro que también es relativamente viejo es el de Chimalhuacán, ya que tiene rasgos geomórficos que así lo permiten clasificar: presenta declives suaves y largos en todas direcciones.

Este cerro consta de un edificio con dos niveles: el alto, donde existió un cráter ya destruido, y el bajo, muy ancho, que corresponde a un cráter tipo caldera, también destruido.

El crater bajo tipo caldera tiene un borde formado por tobas y material de lava muy oscuro, que sólo en algunas partes puede observarse en la superficie; tanto los depósitos clásticos como las lavas son basálticos.

La zona alta del edificio, que corresponde al cráter más elevado, tiene una composición petrográfica semejante, pues está constituida principalmente por tobas basálticas, pero en otras zonas de las laderas se observan corrientes y numerosas piedras de lava del mismo tipo de roca.

En la zona más alta de los dos cráteres de este edificio volcánico, se observa el mayor número de piedras basálticas, las cuales deben haber sido bombas de la erupción.

El cráter de menor altura y mayor extensión está constituido principalmente por escoria basáltica que ha permitido el desarrollo de un suelo de calcificación susceptible de cultivo, por lo cual está totalmente dedicado a actividades agrícolas.

En los cortes del suelo del edificio más alto, que se han hecho para construir caminos de acceso a algunas casas que se encuentran en las laderas, puede observarse la estratificación siguiente:

- 1) abajo, material amarillo de la etapa Tacubaya,
- 2) encima de dicho material, una capa producida por calcificación, con el caliche correspondiente, y
- 3) arriba, el material café terroso de la etapa Becerra.

Por la observación que se realizó en el terreno, parece constante el material amarillo subyacente, que es el fundamental del cerro Chimalhuacán.

También pudo observarse en dicho cerro que la capa suprayacente de material café terroso parece tener gran extensión.

Además, también se observó que donde existe material clástico se ha desarrollado un suelo de calcificación y, por tanto, es frecuente encontrar caliche donde la capa superior del



1. Vista de los antiguos y extensos cerros El Pino y El Tejolote, desde la carretera libre México-Puebla. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



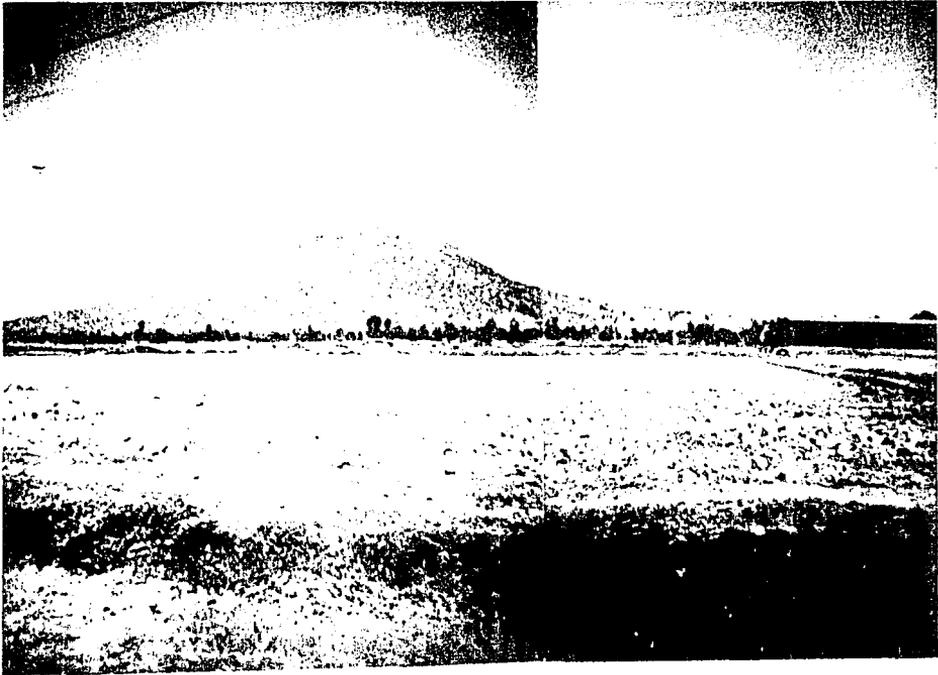
2. Vista de los erosionados cerros El Pino y El Tejolote, desde la carretera México-Texcoco. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



3. Tunaltepec o Chilhuanco, cerro con dos cráteres, situado al pie de El Tejolote, en el camino de Chicoloapan a la carretera libre México-Puebla. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



4. Cerro de La Estrella. Vista desde el camino de Iztapalapa al cementerio de la Delegación. (fotografía: Gracia Hernández Granados).



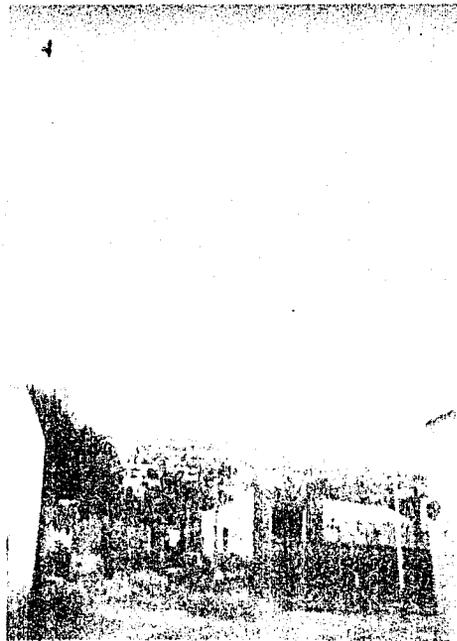
5. Vista del Cerro de Chimalhuacán desde el camino de la carretera México- Texcoco al Licazo del Charro. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



6. Vista del edificio volcánico que corresponde al cráter más alto del cerro de Chimalhuacán, desde el oeste del mismo. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



7. Vista del edificio volcánico correspondiente al cráter más bajo del cerro de Chimalhuacán, desde el norte del mismo. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



8. Vista del edificio volcánico correspondiente al cráter más bajo del cerro de Chimalhuacán, desde el este del mismo. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



9. Horizonte del suelo en el camino al cráter más alto del cerro de Chimalhuacán, con tres niveles de abajo a arriba: 1) arenoso amarillo, 2) de carbonato de calcio, y 3) café terroso. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



10. Horizonte del suelo en el camino al cráter más alto del cerro de Chimalhuacán, con dos niveles: 1) corriente de lava, y 2) café terroso. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).

escurrió con gran inclinación, desde la parte superior del volcán.

A estas observaciones que pueden hacerse a simple vista, como consecuencia de la gran cantidad de material que ha sido obtenido del cerro, deben agregarse las consideraciones que hizo Kirk Bryan sobre la contemporaneidad de los bloques de basalto y del material de escoria cinerítica, y acerca de algunas de las capas que existen en la parte superior del cerro.

Este geólogo localizó, en esa parte superior, un estrato de limo café amarillo que, por sus características corresponde a la fase eólica Tacubaya.

También identificó bloques de basalto cubiertos por caliche encima del limo café amarillo.

En consecuencia, Kirk Bryan consideró que, como estos materiales de limo café amarillo de la etapa Tacubaya están debajo de los bloques basálticos, correspondientes a la etapa Becerra inferior, a este volcán debe considerarsele de dicha etapa Becerra inferior(20).

Es necesario aclarar, por último, que el Peñón del Marqués tenía dos cráteres, como se demuestra por las fotografías anexas, en las que se aprecia la existencia de dos declives que descienden de lo alto de los mencionados cráteres a una gran distancia entre sí, pues en la actualidad se interpone entre dichos declives un terreno extenso de canteras de materiales de construcción: piedra de basalto, grava y arena basálticas, tezontle y tepetate.

En una zona cercana al graben limitado por los alineamientos Chimalhuacán-Cerro de la Estrella y Sierra de Santa Catalina, se encuentran los cerros volcánicos formados a lo largo de la fractura Tlapacoya-Xico.

Esta fractura parece estar relacionada con la de El Tejolote. Tlapacoya es un cerro volcánico formado por la actividad que tuvo lugar en dos cráteres: uno un poco más alto que el otro, de los cuales el segundo se superpone al primero.

Su morfología es más parecida a la del cerro Las Calderas, lo cual no es extraño, ya que ambos se formaron alrededor y después del sistema El Pino-El Tejolote.

Por otra parte, la distancia del Tlapacoya al Xico es igual a la extensión de los dos cráteres del propio Xico.

Es posible que el Tlapacoya haya precedido al Xico, puesto que este último es más bien un volcán de explosión y basáltico y el primero no es de explosión y es de andesita hornbléndica, por lo que El Xico corresponde a la última fase de actividad.

El Xico es desde el punto de vista morfológico un volcán tipo caldera, con dos cráteres, y no con uno, como corrientemente se afirma, aun por un vulcanólogo tan preciso como el propio Kirk Bryan.

Este autor insiste en que el edificio del Xico está principalmente formado de escoria cinerítica basáltica estratificada, la cual ha dado lugar al desarrollo de suelos de calcificación, con caliche, y que, en el noreste, cuenta con una mesa de lava de basalto.

La fase eólica de material de limo lacustre del lago Clacko . está representada en el edificio del Xico, por lo que dicho volcán corresponde a la etapa Becerra inferior (21).

El volcán que sigue en antigüedad a los anteriores es Las Calderas. Ezequiel Ordóñez destaca la dirección noroeste a sursuroeste de Las Calderas, diferente a la dirección general noreste suroeste de la Sierra de Santa Catarina (22), señalada anteriormente por A. Felix y H. Lentz.

La morfología de Las Calderas es parecida a la de los cerros Tlapacoya y Xico, según se ha podido apreciar mediante la observación de los mismos y con la ayuda de las fotografías aéreas.

Según Kirk Bryan, Las Calderas consiste en gran parte de ceniza (polvo) basáltico gris en capas delgadas que se orientan hacia su periferia.

Las laderas son de toba de 5 a 10 metros de espesor y con estratificación uniforme, que forma un domo alrededor de los dos cráteres del volcán.

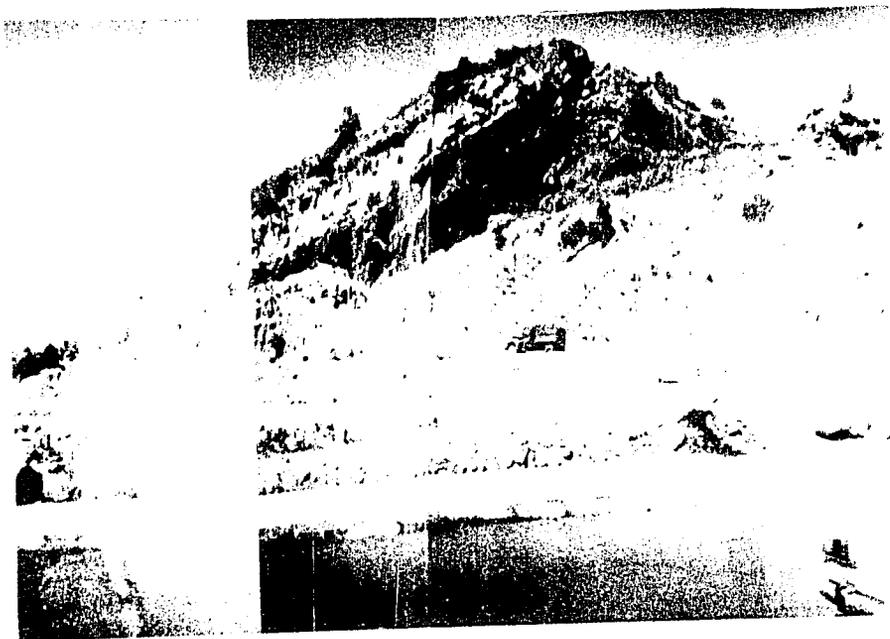
En las laderas de Las Calderas se observa material de acarreo, que es amarillo abajo, pasa a gris café más arriba, y es de suelo de calcificación, con caliche, en la cima.

Como el material gris café parece corresponder a la etapa eólica de Becerra inferior, el cerro Las Calderas, debe corresponder a dicha etapa (23).

Por otra parte, Las Calderas es anterior al grupo de volcanes de la Sierra Santa Catarina, porque las lavas del volcán Santa Catarina mismo, circundan en parte a Las Calderas.

La gran extensión de dichas lavas, hacia el este, es mencionada por Ezequiel Ordóñez (24) y por Paul Waitz (25), y, además, se observa en las fotografías aéreas.

Como puede apreciarse del anterior análisis, los volcanes de la región que pertenecen a la etapa Becerra inferior; son Peñón del Marqués, Tlapacoya, Xico y Las Calderas.



11. Vista del corte de los materiales que forman parte del este del Peñón del Marqués, en cuatro niveles: 1) abajo, material clástico de color gris, 2) encima de dicho material, una capa de escoria basáltica llamada tezontle, 3) más arriba, una corriente de lava basáltica inclinada, y 4) en la cima del cerro, materiales de depósito y suelos. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



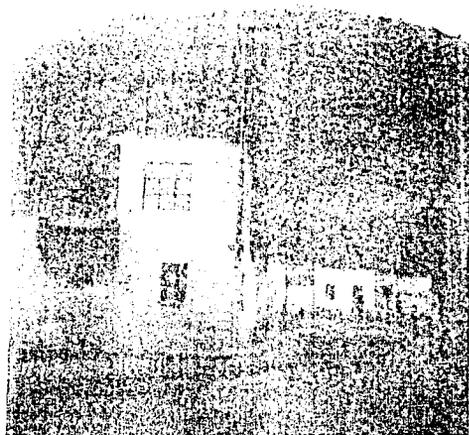
12. Aspecto de la parte central de lo que fue el Peñón del Marqués, que en parte está ocupada por materiales de construcción depositados. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



13. Al frente una parte destruida del oeste del Peñón del Marqués, donde se ubican varias casas de trabajadores, y una parte de la estructura del centro con características semejantes a las que se muestran en la estructura del este, que aún no ha sido afectada por la destrucción. Entre ambas estructuras hay una distancia aproximada de 300 metros. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



14 Vista del cerro Hapacoya desde la carretera entre México-Puebla.
(Fotografía: Rosa Evelyn Gatay M.).



15 Vista del cerro Hapacoya desde la carretera con el mismo nombre.
(Fotografía: Rosa Evelyn Gatay M.).



16 Vista del Cerro de la Cruz desde las ruinas arqueológicas de
Chimicmilco. Fotografía: Rosa Evelyn Cortés N.

Sobre la Sierra de Santa Catarina observó Ezequiel Ordóñez que la notable uniformidad de sus pendientes, la forma perfecta de sus conos truncados, y su estado de conservación, "hace presumir... como si hubiesen tenido lugar hace muy poco sus erupciones" (26).

La Sierra de Santa Catarina, según Kirk Bryan, es un conjunto del mismo aspecto geomórfico, con una extensión de 6 kilómetros de largo por 2 kilómetros de ancho.

Los volcanes, según ese autor, son de escoria cinerítica y tienen una cubierta de suelo con poca calcificación y, por tanto, casi carecen de caliche.

Los volcanes, además, tienen muy poca cantidad de polvo eólico café suelto de la etapa Becerra.

La erosión que afecta a los volcanes, por último, corresponde a sus primeras fases y, por tanto, sus laderas conservan poca inclinación.

En tal virtud, concluye el geólogo Bryan, este conjunto de volcanes corresponde a la etapa Becerra superior (27).

A pesar de que estas conclusiones son aceptables en lo general, existen diferencias geomórficas y de otra índole entre los volcanes de esta sierra que permiten agruparlos, conológicamente, en dos etapas, a saber:

A la etapa más antigua pertenecen los volcanes:

- 1) Tecuantzín o Santiago, y
- 2) Tecomatitlán o Mazatepec (con dos cráteres).

El Tecuantzín o Santiago tiene un antiguo cráter destruido por la erupción del Santa Catarina y cubierto por los materiales clásticos de la erupción de éste (28).

Por los dos cráteres del Tecomatitlán o Mazatepec salieron corrientes de lava que llegan hasta Santa María Hastahuacán.

Estos cráteres fueron destruidos por una erupción posterior que puede atribuirse al Tetecón(29).

Estos tres cráteres pertenecientes a dos volcanes, situados en el centro de la fractura que permitió la formación de la Sierra de Santa Catarina, están mucho más erosionados que sus otros cerros.

A la etapa más reciente pertenecen los volcanes que siguen:

- 1) Xaltepec,
- 2) Tetecón,
- 3) Santa Catarina, y
- 4) Tehualqui, San Nicolás o San Lorenzo.

Estos cuatro conos cineríticos están bien conservados, por que han estado expuestos relativamente poco tiempo a la erosión.

Los conos cineríticos de estos últimos volcanes son considerados como "bien definidos" por Kirk Bryan (30).

El Xaltepec es un cono regular de escorias, de forma casi circular, según Ezequiel Ordóñez (31).

Las dimensiones del crater de este volcán son parecidas a las que se van a dar para el San Nicolás o San Lorenzo.

El Xaltepec, afirma Paul Waitz, "que presenta el aspecto de un volcán muy regular y bien conservado y, por lo tanto, muy moderno, no es tan intacto como parece".

"En el fondo del crater, en el sureste, se observa un montón de tezontle rojo que puede ser resto de lava que llenaba antes este fondo; más probable es que sea el producto de una de las últimas erupciones, ya reducidas en fuerza." (32).

La existencia de lavas del Totecón alrededor del Xaltepec, a lo cual se hará mención posteriormente, permite presumir que este último es anterior al primero.

Sobre la forma y el proceso de desarrollo que afectó al Totecón, Paul Waitz ofrece la descripción que sigue:

"El cerro del Totecón, que hoy día tiene la forma una herradura, o de un anfiteatro abierto por un lado, el noroeste, era antes un cono completo con un cráter cerrado por todos los lados...

"En un periodo de su actividad volcánica se llenó con lava ligera fluida hasta el borde. La producción de lava en este cráter era tan grande que no cupo en él y se derramó hacia el sureste, en donde observamos todavía restos de una lava porosa rojiza, igual al tezontle, en la ladera, y una corriente de esta lava, que se extiende en esa misma dirección al pie del cerro.

"Pero mayor cantidad puede haberse salido por el lado noroeste del borde, donde la corriente debilitó el borde de tal manera que en un momento dado ya no pudo resistir la presión de la lava líquida que llenó el cráter y, rompiéndose el borde, se derrumbó hacia afuera, derramándose encima de los escombros el contenido del cráter sobre la ladera y el pie del volcán del Totecón, extendiéndose en la llanura.

"Como estas corrientes rodean una parte del pie del cono del Xaltepec, tenemos que deducir que esta lava se derramó después de la formación de este volcán"(33).

El cono de Santa Catarina, con un cráter de 300 metros de diámetro y 120 metros de profundidad, es de los más completos, según Ezequiel Ordóñez (34).

Las pendientes interiores de este cráter son en parte uniformes y en parte más o menos desgarradas, a consecuencia de constantes, aunque no muy grandes, derrumbes, según el autor.

La cima del cráter está formada de brechas de tezontle, o sea de fragmentos de lava escoriácea y arenas volcánicas de color negro rojizo y rojo, cuyos materiales también se encuentran en las laderas interiores del cráter, según el mismo geólogo.

Cuatro corrientes de lava salieron por una sola abertura, al pie de una de sus laderas, en el este del cono, según Paul Waitz (35).

El Yuhualixqui, Tehualqui, San Nicolás o San Lorenzo es otro cono regular de escorias, con un cráter que tiene de diámetro 180 metros y una profundidad de 30 metros, según Ezequiel Ordóñez (36).

Este volcán tiene a su alrededor algunas corrientes de lava, que en parte pueden observarse y en parte se infieren, a las cuales se refiere Kirk Bryan (37).

El San Lorenzo parece haberse formado cuando el resto de la falla de la Sierra de Santa Catarina estaba cubierta y la lava se vio obligada a salir más al oeste.

Como consecuencia del anterior análisis acerca de los volcanes de la Sierra de Santa Catarina y, además, como es obvio del reconocimiento que se ha hecho de la región, así como de la interpretación de fotografías aéreas correspondientes, puede observarse que son numerosas las corrientes de lava alrededor de los volcanes que integran la sierra.

Dichas corrientes se extienden en la forma que sigue:

- 1) al este, la del Santa Catarina,
- 2) al norte, las del Tecuatzin, Mazatepec y Tetecón, y
- 3) al oeste, la del San Lorenzo.

A estas corrientes se refieren Ezequiel Ordóñez (38), principalmente Paul Waitz (39) y Kirk Bryan (40).

Por otra parte, alrededor de la Sierra de Santa Catarina existen grandes extensiones cubiertas de arena; éstas se hallan al norte de las corrientes de lava y al sur de los volcanes. (Véase la fotografía correspondiente).

Además, el San Nicolás o San Lorenzo, el Xaltepec y el Santa Catarina, están rodeados de otras manifestaciones del vulcanismo.

En el fraccionamiento El Rosario, situado al norte de la calle de La Turba, existe un pequeño cráter, actualmente invadido por construcciones. (Véanse las correspondientes fotografías).

Al norte del pueblo de Zanotitlán y a ambos lados de los caminos desde ese pueblo a los volcanes San Nicolas o San Lorenzo y Xaltepec existen numerosos montículos que Kirk Bryan, siguiendo a Ezequiel Ordóñez (41), llama erróneamente "conos subsidiarios de cenizas" (42), pero que están formados por capas de cenizas volcánicas que han sido plegadas por las intrusiones de lava basáltica o lacolitos, cuya lava algunas veces aflora en forma de extrusión. (Véanse las correspondientes fotografías).

Dichas intrusiones, a las cuales llamó erróneamente "inyecciones" y acertadamente lacolitos, las había reconocido Paul Waitz en el interior del cráter del volcán Xaltepec (43).

Estos mismos montículos de ceniza que han sido plegados por intrusiones se observan al norte del volcán Santa Catarina.

Una intrusión de lava, rodeada de tezontle, que ha quedado al descubierto en un montículo destruido por una cantera de arena, al norte del volcán Santa Catarina, cerca de Santa Marta Acati-

tla, es conocida como "Los Teotines", y fue mencionada por Ezequiel Ordóñez (44).

Estos lacolitos, que se hallan al norte del volcán Santa Catarina y al sur y oeste del San Nicolás o San Lorenzo, se produjeron cuando los conductos principales de los volcanes de la sierra fueron obstruidos y la lava trató de salir hacia la superficie por otros conductos secundarios.

Los lacolitos del Santa Catarina son dos alineados con rumbo NNW-SSE desde ese volcán y otros tres con un rumbo paralelo a la falla de la Sierra Santa Catarina.

Los lacolitos del San Nicolás o San Lorenzo están alineados con rumbo NNW-SSE desde ese volcán hacia el sur, en dos series, y con un alineamiento paralelo a la falla de la Sierra de Santa Catarina.

Por otra parte, como un dato interesante, puede consignarse el hecho de que al norte del volcán Santa Catarina, en la mina Guadalupe, se observa una capa de material lacustre que corresponde a un alto nivel del Gran Lago del Valle de México existente en el pleistoceno.

Esta capa lacustre es mencionada por Kirk Bryan (45) y puede observarse en fotografías anexas.

En virtud de lo antes expuesto, pueden considerarse como volcanes de la región que pertenecen a la etapa Becerra superior, agrupados en los dos periodos que siguen:

- 1) al más antiguo: Tecuatzin y Mazatepec, y
- 2) al más moderno: Xaltepec, Tetecón, Santa Catarina y San Nicolás o San Lorenzo.

Puede resumirse todo el proceso del vulcanismo en la región, de acuerdo con la cronología, en la forma que sigue:

1) Antes de 65 000 años se formó el graben o depresión tectónica debido a dos fallas más o menos paralelas, las cuales más tarde influyeron en el desarrollo del vulcanismo (Véase la figura respectiva).

2) Entre los años 65 000 y 42 000 se desarrollaron en una de esas dos fallas los volcanes del sistema El Pino-Tejolote y, posteriormente, en la otra falla, los del Cerro de La Estrella y de Chimalhuacán (Véase la figura correspondiente).

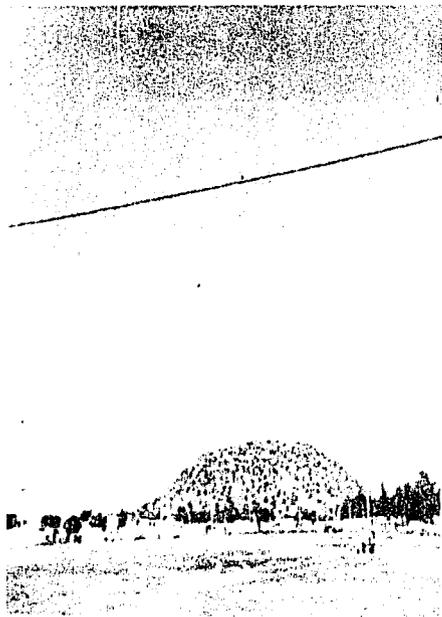
3) Entre los años 41 000 y 36 000 surgieron en dichas fallas los cerros volcánicos: Peñón del Marqués, el sistema adventicio Tlapacoya-Xico y Las Calderas (Véase la figura correspondiente).

4) Entre los años 35 000 y 10 000, por último, se formaron por la actividad volcánica los cerros de la Sierra de Santa Catarina, en dos etapas: 1a) Tecomatitlán ó Mazatepec y Tecuantzin; y 2a) Xaltepec; Tetecón; Santa Catarina y Tehualqui, San Nicolás ó San Lorenzo (Véase la figura correspondiente). Al terminar dicha actividad volcánica, quedó configurada la actual morfología montañosa de la región.

Además, como parte de este análisis debe mencionarse el Xitle o Xictli, situado en la ladera del volcán pliocénico Ajusco, pero que se encuentra en el mismo alineamiento de la Sierra de Santa Catarina, ya que este volcán es holocénico y de una época histórica; del Xitle es muy conocida la corriente de lava que se extiende, principalmente, en la Delegación de Coyoacán, llamada "Pedregal de San Angel"; su erupción data de 2 200 años, según Román Piña Chan (46).



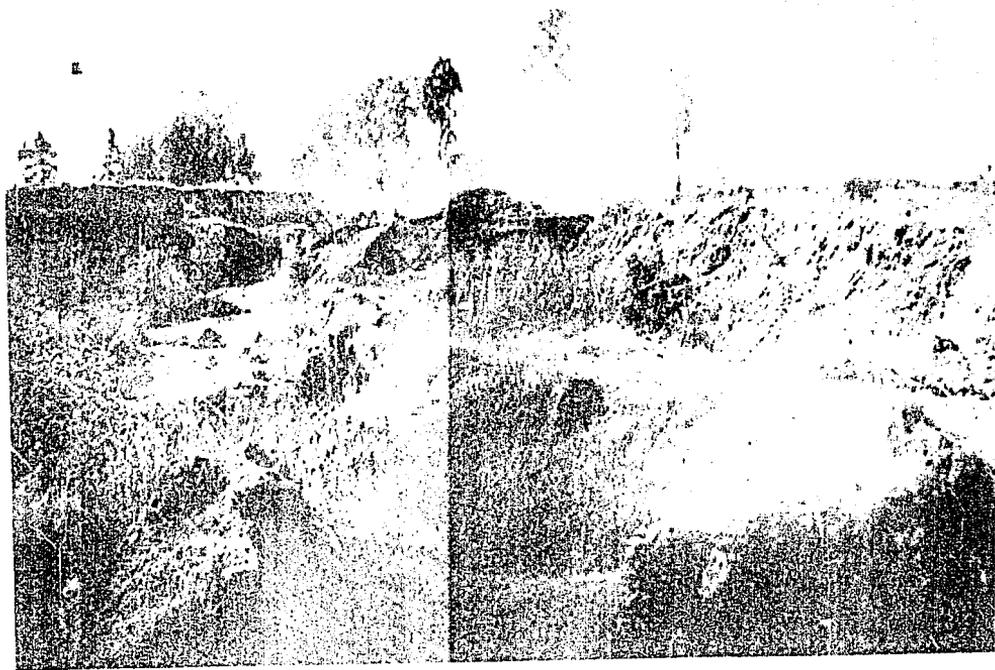
17. Vista de la Sierra de Santa Catarina. En primer término, a la izquierda, el cerro de San Lorenzo y a la derecha el Xaltepec; detrás de éste el Tetcón, el Mazatepec, el Tecuantzin y al fondo el más alto, el Santa Catarina. (Fotografía: Dolores Riquelme de Rejón).



18. Vista del cerro San Nicolás o San Lorenzo desde el fraccionamiento Los Olivos, Tláhuac. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



19. Vista del cerro Xaltepec desde el camino a sus minas. Se observa la destrucción del cerro como consecuencia de la explotación de su arena. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



20. Vista de una duna de arena abandonada que se localiza en un montículo originado por una intrusión basáltica. En la periferia de este facolito se observan estratos de ceniza y en el centro intrusiones de basalto y rezonle. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



21. Capas de ceniza estratificadas del volcán San Nicolás o San Lorenzo en el mismo montículo. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



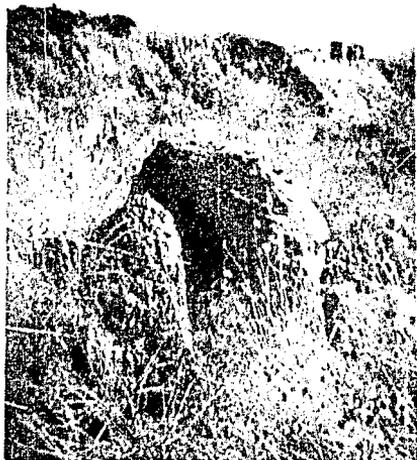
22. Capas de ceniza del referido volcán afectadas por una intrusión de lava basáltica en el mismo montículo, que se observa en la parte inferior al centro. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



23 Capas de ceniza que también son del referido volcán, las cuales han sido plegadas por la intrusión de lava basáltica en el mismo montículo, y se observan en la parte inferior. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



24 Lava basáltica de la intrusión que tuvo lugar en el centro del mismo montículo. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



25. Basalto escoriáceo de tezonite que fue parte de la intrusión, la cual tuvo lugar en el centro del mismo montículo. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



26. Otra intrusión de lava basáltica que formó un montículo de arena, en el camino que conduce a las minas del volcán San Nicolás o San Lorenzo. (Fotografía de Mauricio Aceves G.).

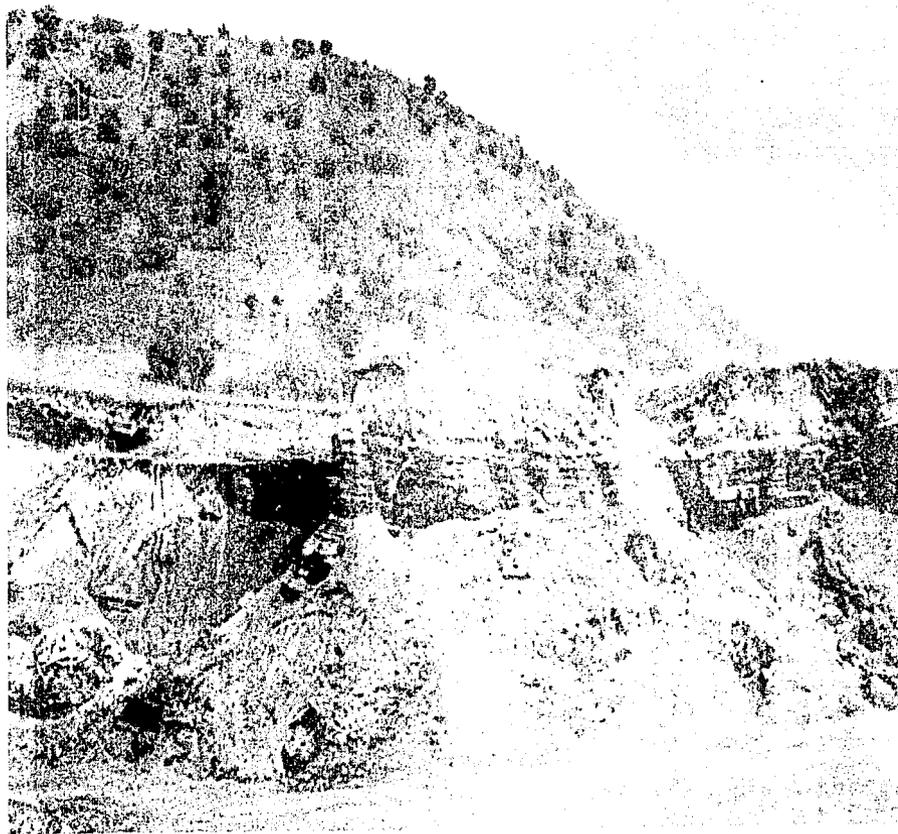


Fig. 1. Estratos del cono San Xocón - San Lorenzo interpenetrados, en una zona que corresponde a un montículo originado por una intrusión de lava basáltica junto a dicho volcán. (fotografía: Gracia Hernández Gramados).



28. Montículo de arena originado por una intrusión de lava basáltica del volcán San Nicolás o San Lorenzo, en el camino a las minas de dicho volcán. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



29. Otro aspecto del mismo montículo, en el que se observa piedra basáltica en su base. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



30. Lava de basalto que sobresale en un montículo de arena proveniente del volcán San Nicolás o San Lorenzo, en el camino a las minas de dicho volcán. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



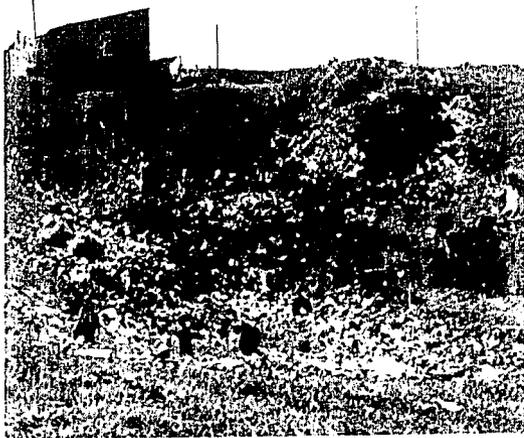
31. Otra extrusión de lava basáltica sobre un montículo de arena producto de la erupción del volcán San Nicolás o San Lorenzo, que también se encuentra en el camino a las minas. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



32. Los Teorines. Intrusiones de lava basáltica en medio de escombras de tezontle, que quedaron al descubierto en una mina explotada a principios de siglo al norte del volcán Santa Catarina. (Fotografía: Mauricio Aceves G.)



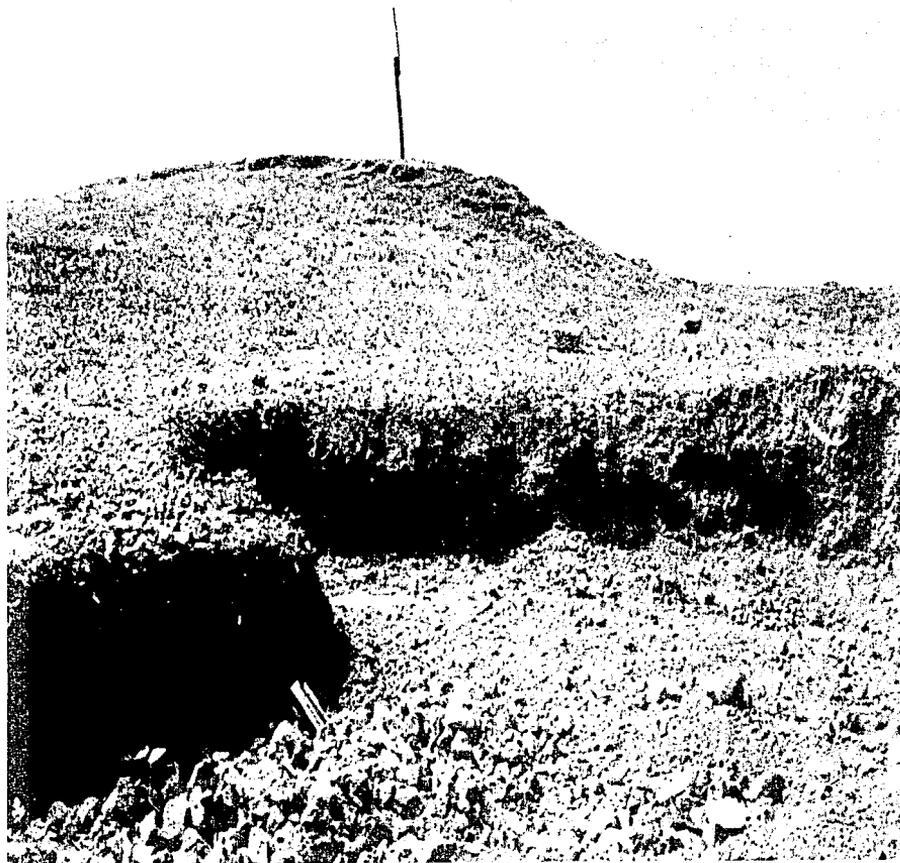
33. Terreno, en el camino a las minas, con tipo de suelo arenoso, característico de la zona que circunda al volcán San Nicolás o San Lorenzo. Este tipo de suelo es inmaduro y también se observa en regiones cercanas al volcán Santa Catarina. (Fotografía: Rosa Evelia Garay M.).



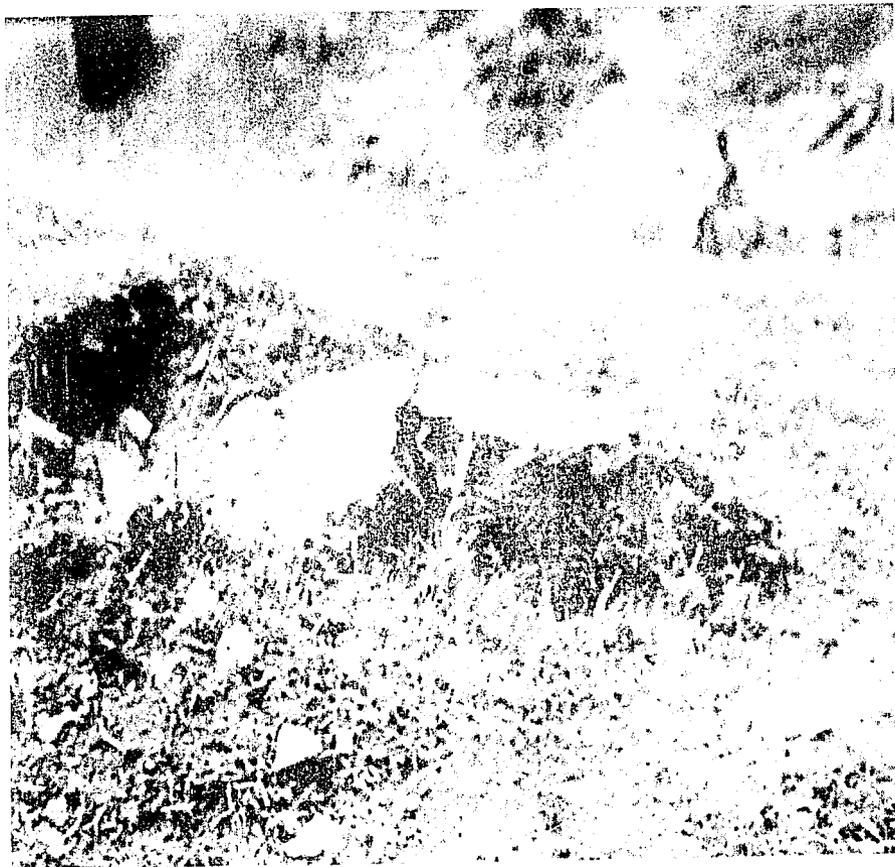
54. Una parte del cráter localizado en terrenos del fraccionamiento El Rosario, contiguo a la calle de La Turba, en Los Olivos, tal como se encontraba en agosto de 1973. (Fotografía: Raúl Toledo Bello).



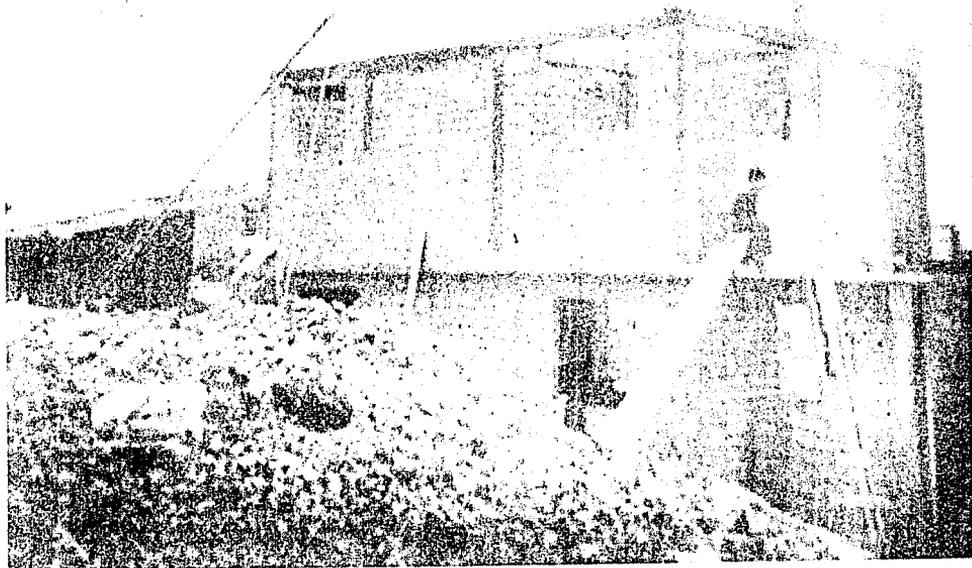
55. Otra parte del cráter correspondiente a un terreno del fraccionamiento El Rosario, contiguo a la calle de La Turba, en Los Olivos, tal como se hallaba en agosto de 1973. (Fotografía: Raúl Toledo Bello).



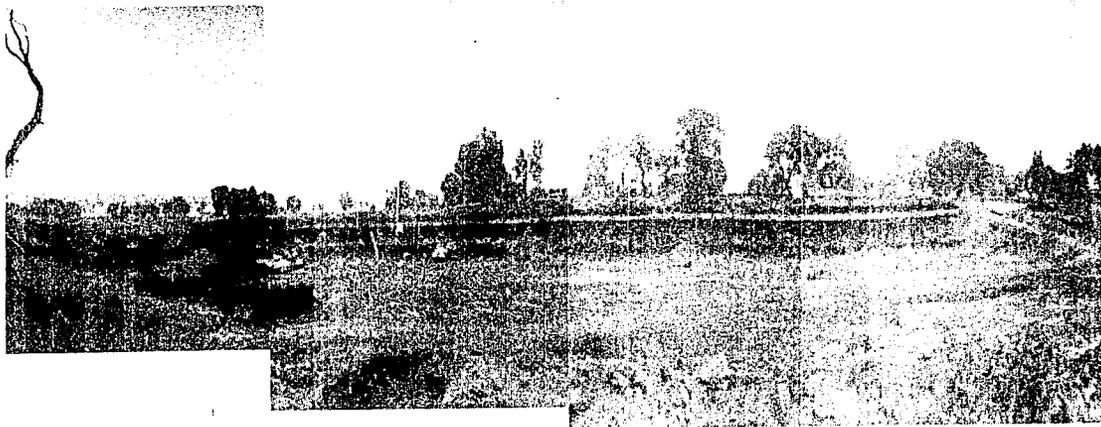
36. Maternal de toba intemperizada del crater del fraccionamiento de El Rosario, en agosto de 1978. (fotografía - Raúl Toledo Bello).



57. Piedra de lava basáltica al pie del crater del traccionamiento de El Rosario, en agosto de 1975. (Fotografía: Raúl Toledo Bello).



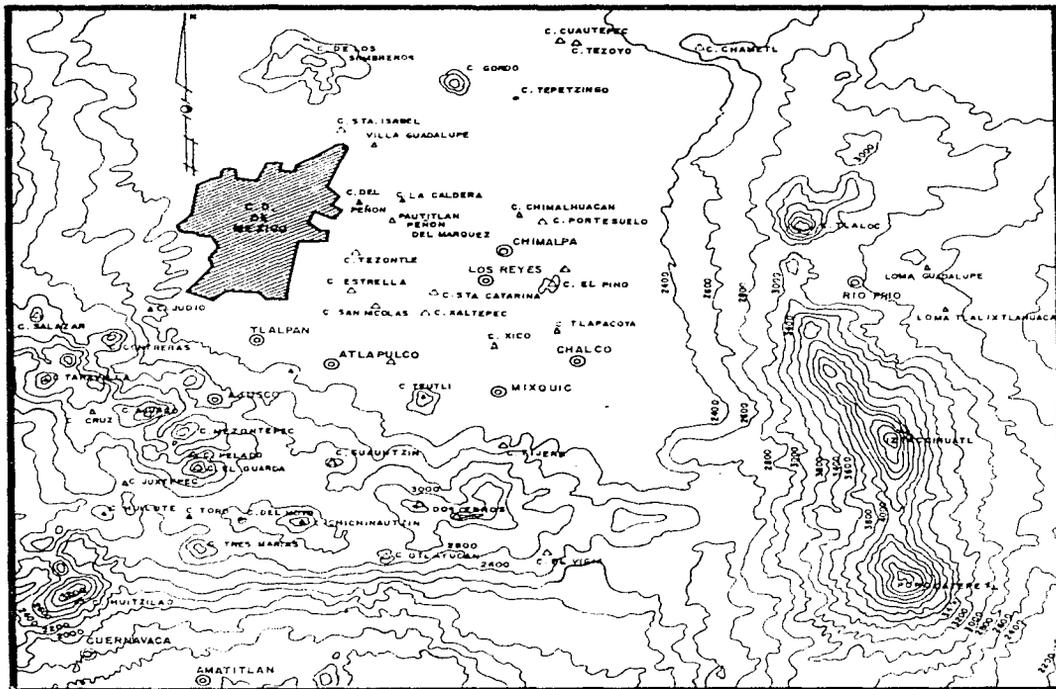
38 Casa construida en el crater del fraccionamiento El Rosario, en marzo de 1975. (Fotografia de Rosa Echea Garay M.).



39. Aspecto de la mina Guadalupe, al norte del volcán Santa Catarina, en 1970. Se observa una capa de origen lacustre que debe haber correspondido a un nivel alto del Gran Lago del Valle de México.
(Fotografía: Mauricio Aceves García).



40. Un detalle de dicha capa de origen lacustre, de la mina Guadalupe, al norte del volcán Santa Catarina. (Fotografía: Mauricio Aceves G.)



SIMBOLOGIA

- ⊙ POBLACION
- △ CERROS

CARTA ALTIMETRICA

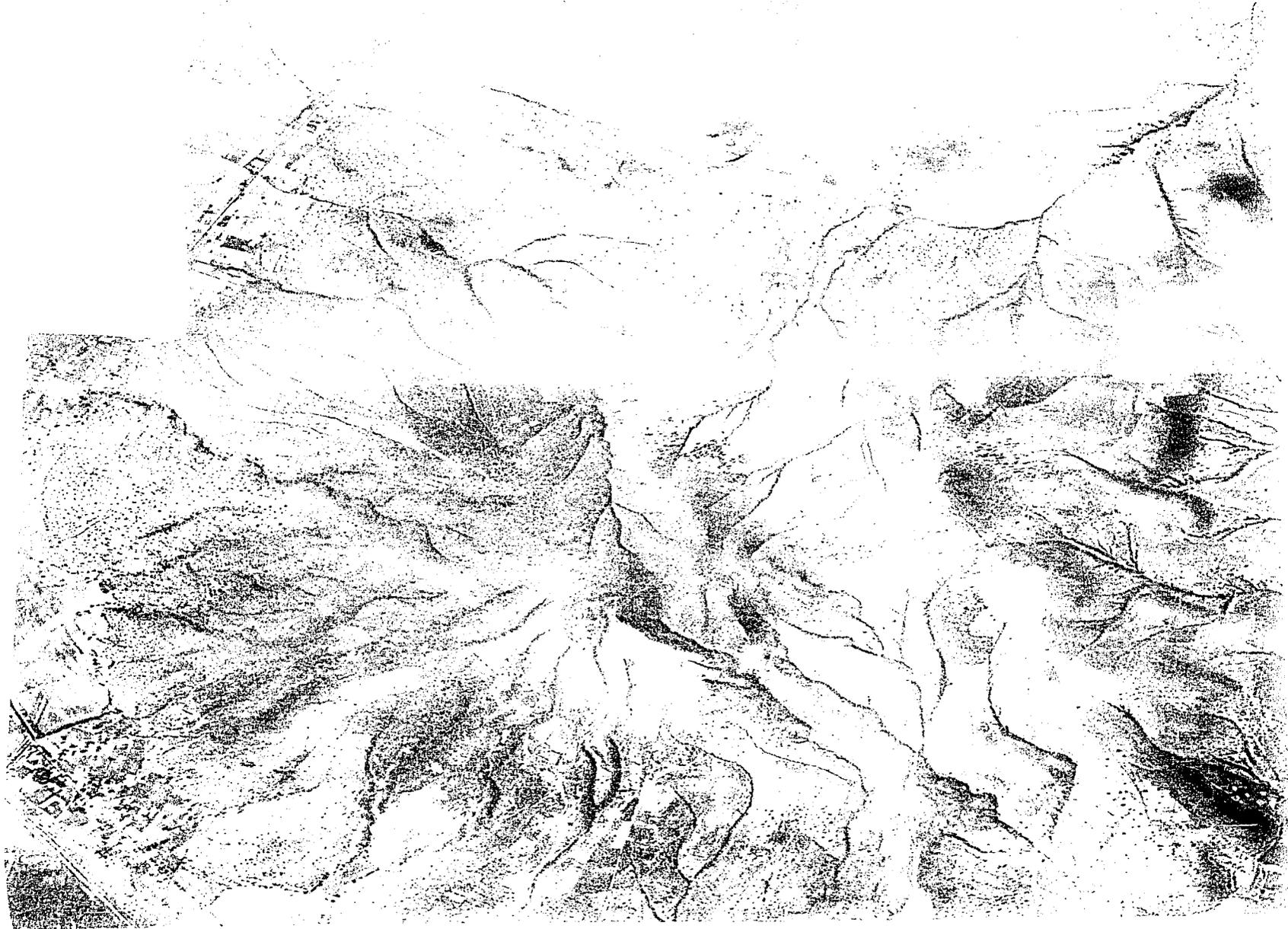
EQUIDISTANCIA VERTICAL DE LAS CURVAS DE NIVEL 200.00m

ESCALA 1:500,000

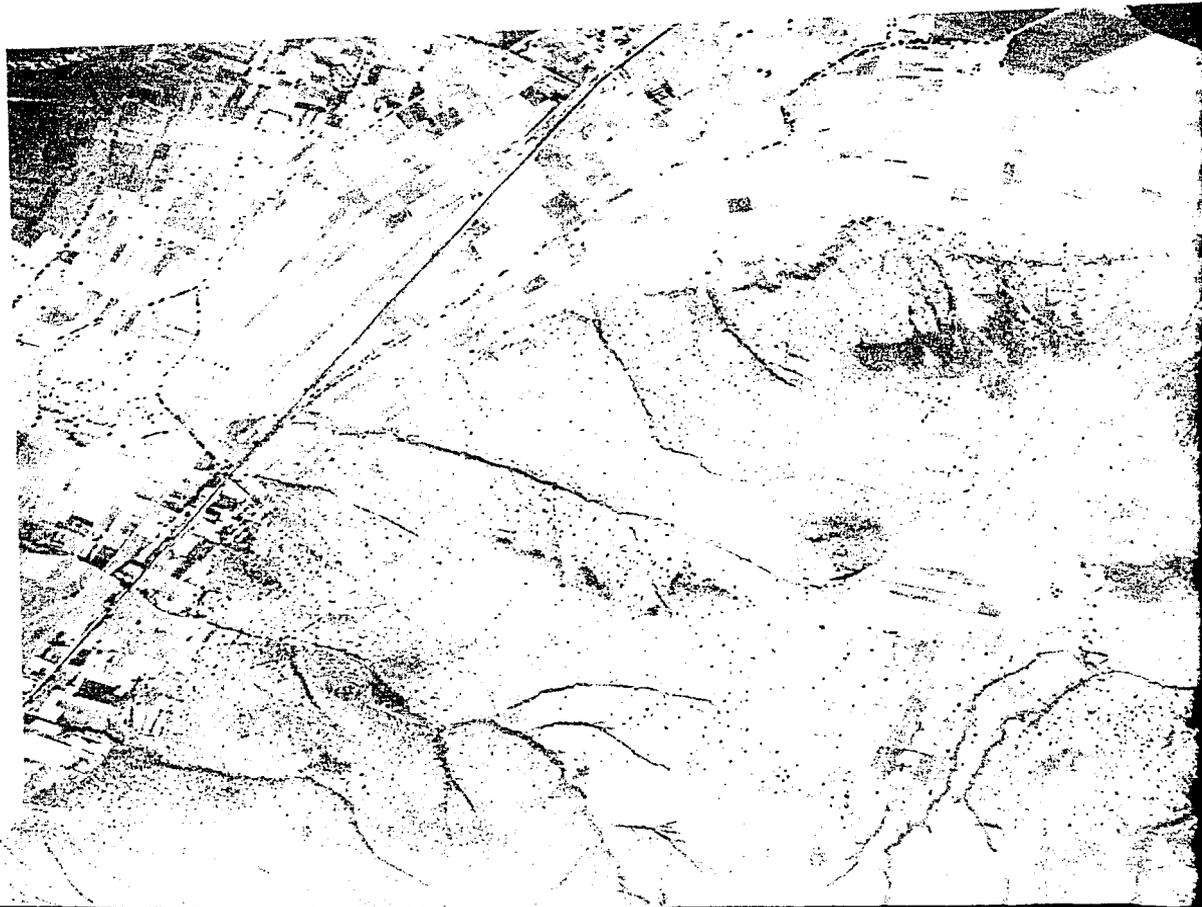
COMITE COORDINADOR DEL LEVANTAMIENTO DE LA CARTA DE LA REPUBLICA

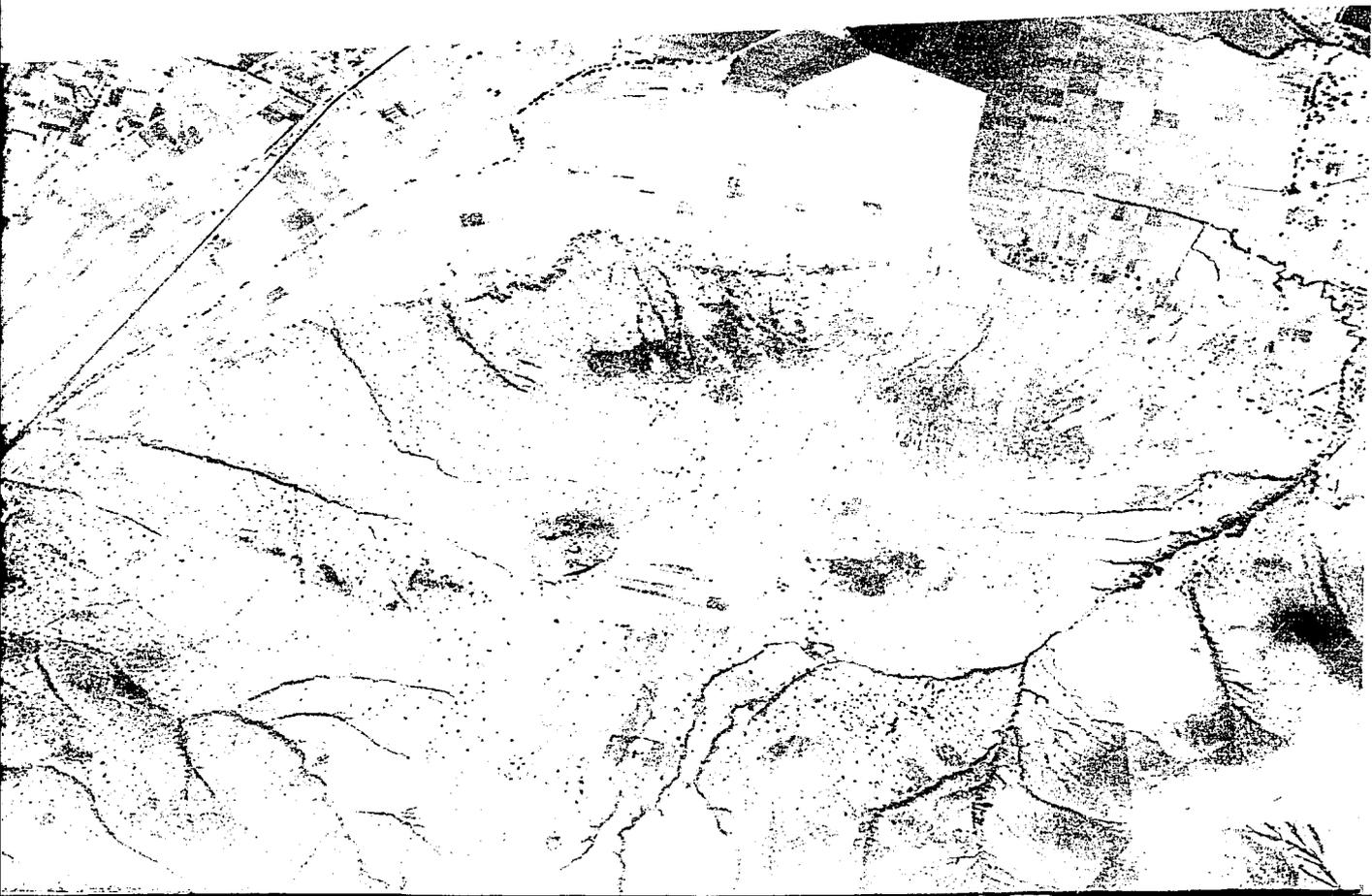
FIGURA 7

INVESTIGO. ROSA EVELIA GARAY MALDONADO
 DIBUJO. S.F.P.G.









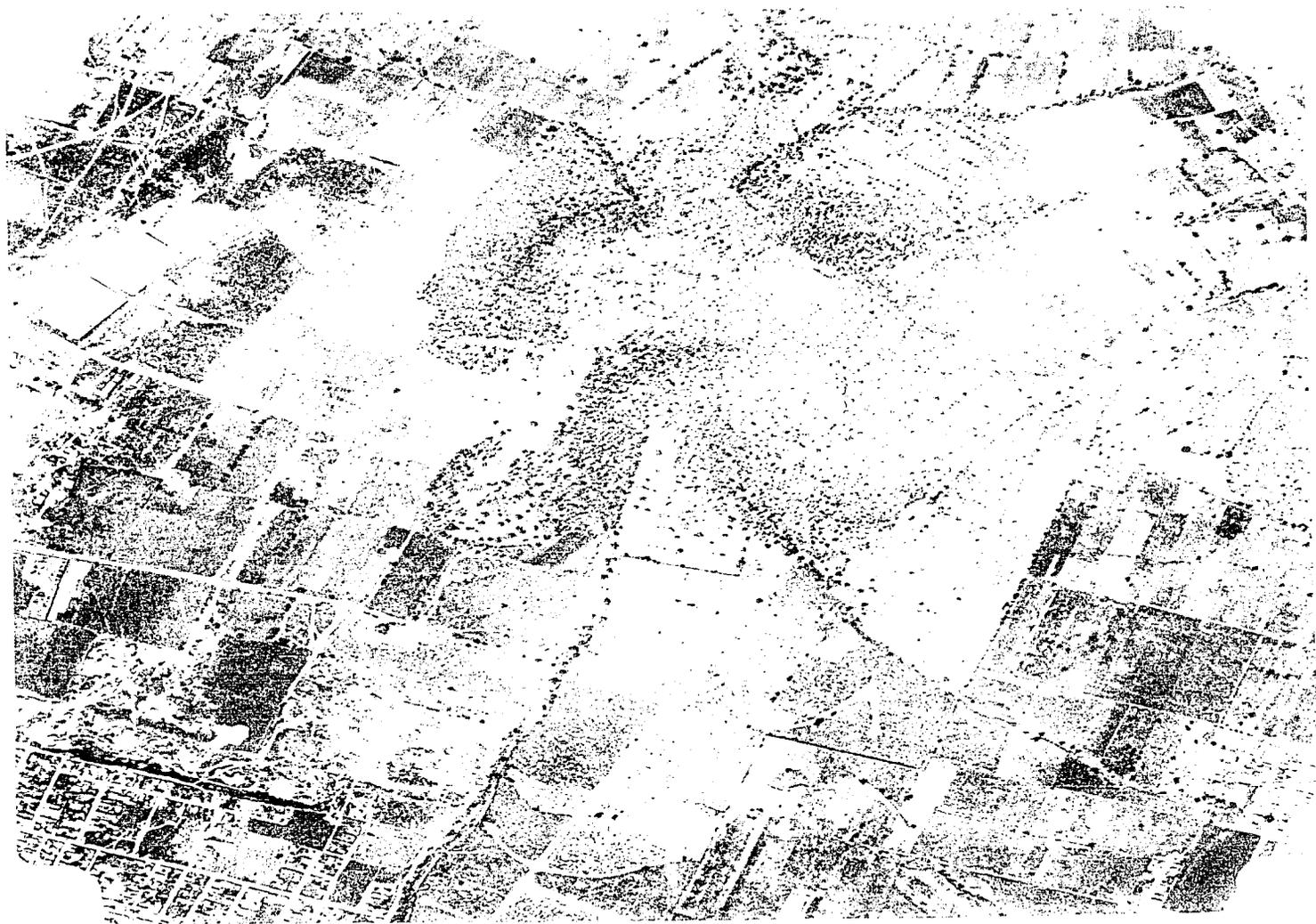
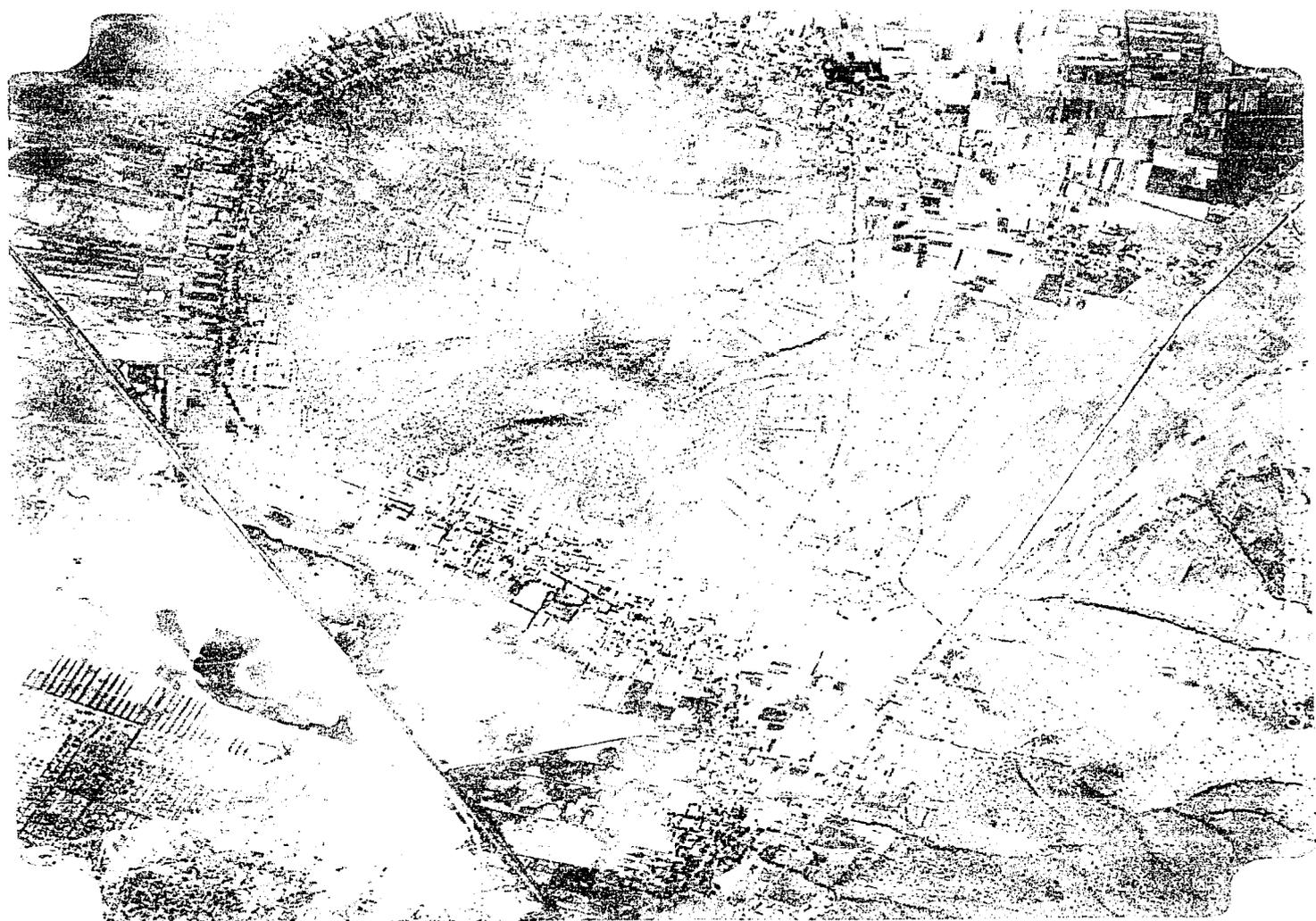


Fig. 1. Aerial photograph of the plantation of the Compañía Agrícola de la Costa, showing the layout of the plantation, the main road, and the various fields and structures. The plantation is located in the Comarca del Atlántico, in the Department of Coclé, Panama, Costa Rica.





1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025





6 Cerro Xico.

Es un volcán tipo caldera, formado principalmente por domos de material cinerítico y de escoria, con dos cráteres. Se formó en la fractura Tlaxiaco-Xico. Es de la erupción Becerra Interior. (Mosaico de la Compañía Mexicana Aerofoto).

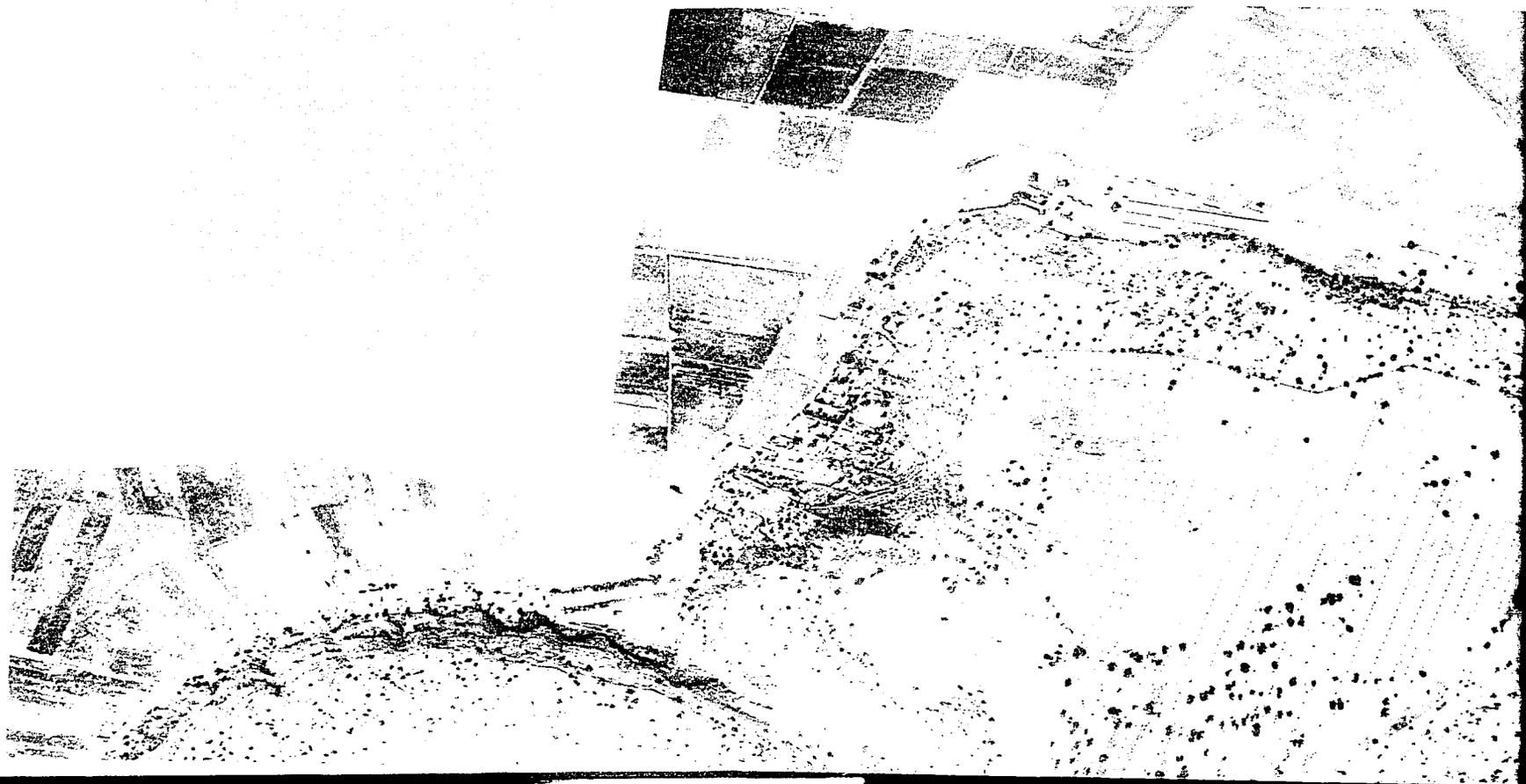
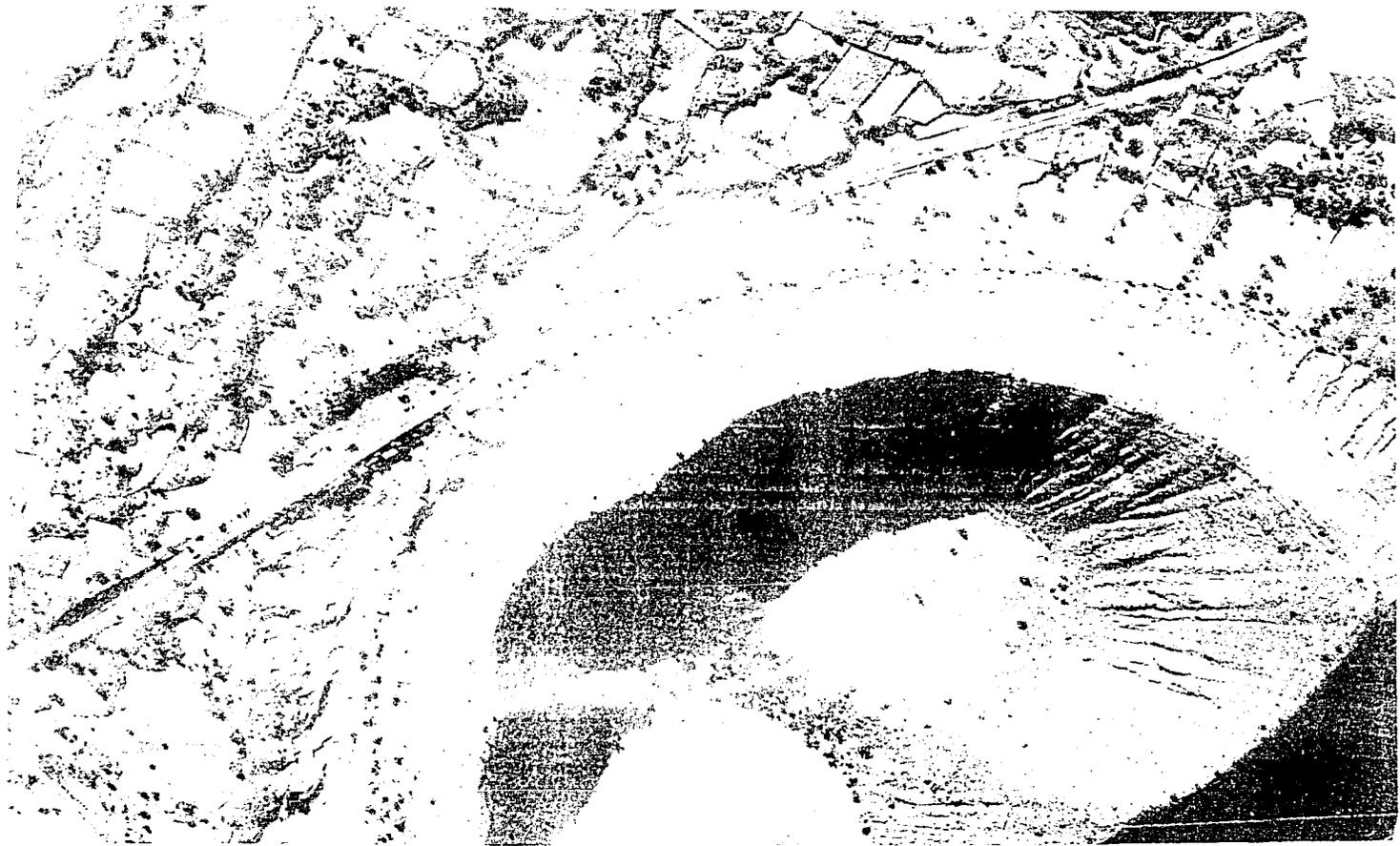
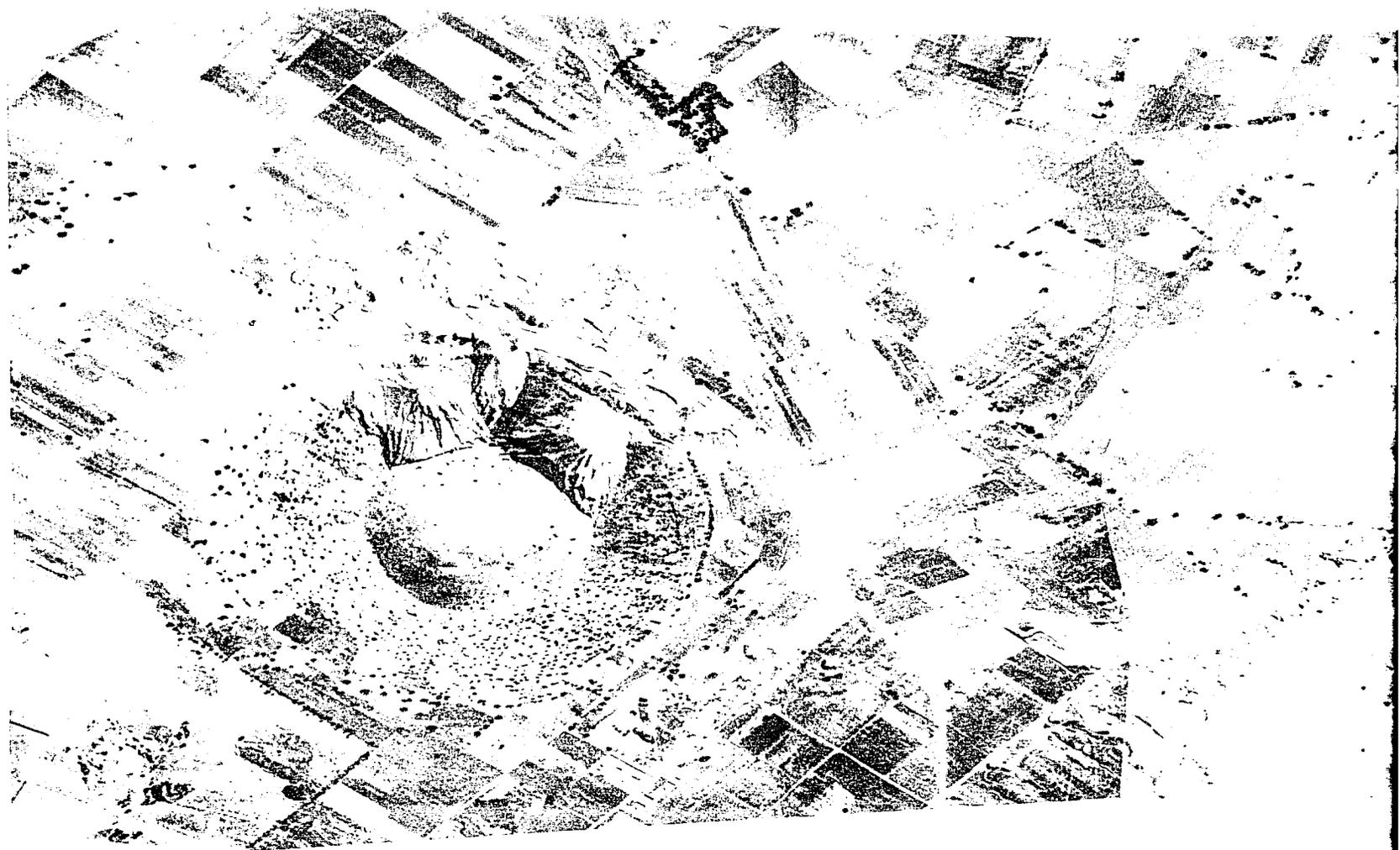




Figure 1. Aerial photograph of the crater-like structure at the site of the 1982 eruption of Mount St. Helens. The structure is located in the center of the image. The surrounding terrain is rugged and appears to be a natural landscape with some linear features like roads or paths.







9. Sierra de Santa Catarina.

Esta sierra está constituida por el vulcanismo que se desarrolló geológicamente con los que forman el gran cerro antiguo con cráter mayor y formado al colapsarse el volcán Santa Catarina y que arroja un gran material clástico de este. Al norte de esta sierra se encuentra una corriente de lava que salió de su cráter cuando estaba en actividad. Mazatepec, como en conjunto con los cráteres, también atravesado por la erupción de los volcanes cercanos más modernos, que cuenta asimismo con una corriente de lava al norte de sus cráteres. Xaltepec, es un cono regular de escoria bastante moderno que tiene en su interior intrusiones con tezontle y lava. Tetecón, volcán de forma conica y de escoria que al llenarse de lava tuvo escurrimiento de ésta por sus laderas y sobre todo en el noroeste, donde rompió el edificio volcánico. Las lavas de este volcán se extienden al pie del Xaltepec. Santa Catarina, como bien formado de escoria muy suelta, que al desarrollarse destruyó en parte al Tecuantzín. En la ladera este del volcán salieron cuatro corrientes de lava que se extienden hasta el pie de Las Calderas, San Nicolás o San Lorenzo, cono de escoria de forma circular que se formó cuando el resto de la fractura de la Sierra de Santa Catarina estaba cubierta por material volcánico. (Mosaico de la Compañía Mexicana Aerofoto)





5. Descripción y cronología de las fracturas de la región cercana al volcán de San Lorenzo Tezonco. Como resultado del estudio que se realizó en el fraccionamiento Los Olivos, desde agosto de 1972 a febrero de 1975, se determinó el alineamiento de fracturas, en parte, por observación directa y, en parte, a través de los daños o de la destrucción de las construcciones en el mismo.

El estudio permitió localizar 5 fracturas, de norte a sur, que se han designado con los números 1, 2, 3, 4 y 5; y otras 4, con dirección oeste-este, que recibieron la designación de I, II, III y IV.

Las fracturas, especialmente las descubiertas, son sumideros profundos.

Se anexa el plano del Fraccionamiento Los Olivos, de la Dirección General de Catastro e Impuesto Predial, del Departamento del Distrito Federal, en el que se han localizado las fracturas mencionadas.

Además, según la información proporcionada por los vecinos de dicho fraccionamiento Los Olivos, las construcciones en éste comenzaron hacia el año 1952.

Los daños importantes ocasionados por los hundimientos más antiguos parecen ser los de una casa de la calle Adolfo Ruiz Cortines número 7, esquina con la calle Los Olivos, que quedó destruída alrededor de 1960, cuya casa corresponde a la fractura número 4.

En 1965 fueron destruídas la casa número 30 de la calle de

MORFOLOGIA DE LOS VOLCANES CHIMALHUACAN LA ESTRELLA/SANTA CATARINA



FIGURA 8

La Turba y la del lote 11 de la calle Los Olivos, ambas de la fractura número 2; así como el gallinero que está al fondo de la casa número 72 de la calle de La Turba y otras construcciones que corresponden a la fractura I.

En agosto de 1972 sufrieron graves daños varias casas de la calle Número 1 y la casa de la calle Diego Rivera esquina a Buena Suerte, que corresponden, respectivamente, a las fracturas 3 y 4; la última de las casas, que en parte quedó destruída, también se halla en la fractura II.

En febrero de 1975 fue destruída una pared del fondo de la casa de la calle Diego Rivera esquina a Buena Suerte, cuya pared se encuentra en la calle José María Morelos; y también fue destruída una barda contigua a la casa número 7 de la calle Adolfo Ruiz Cortines.

Es conveniente advertir que del anterior análisis se concluye que los principales daños en las construcciones y en el pavimento corresponden a las fracturas 2, 3 y 4, de norte a sur, y a las fracturas I y II, de oeste a este, de acuerdo con la mencionada cronología.

Por otra parte, es conveniente aclarar que el nivel freático del fraccionamiento Los Olivos se encuentra alrededor de 2m de la superficie, por lo cual los hundimientos no parecen estar relacionados con el enjutamiento de las capas cercanas a dicha superficie.

Además, debe dejarse constancia de que mediante el análisis de la Carta Sísmica del Valle de México (47), se observan dos epicentros, uno de los cuales corresponde a la falla Chimalhua-

cán-Peñón del Marqués-Cerro de La Estrella, y el otro a la falla de la Sierra de Santa Catarina.

En el epicentro cercano al Cerro de La Estrella ocurrieron 47 temblores en 1938 y en el epicentro cercano al volcán próximo a San Lorenzo Tezonco se registraron 4 sismos en 1950 y 1 en 1974.

Esto significa que en estas antiguas fallas, en las que ha habido vulcanismo relativamente reciente, continúa la actividad tectónica.

Los mencionados epicentros se han localizado en la Carta Morfológica destinada a este estudio que se basa en la de la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México.

Los Olivos se encuentra entre la región de fallas y fracturas afectada por relativa actividad reciente de naturaleza volcánica que determinó la formación de la Sierra de Santa Catarina (35 000 a 10 000 años) y la región de características semejantes correspondiente al Xitle (2 200 años).

Debe insistirse en que la actividad sísmica del antiguo graben, que precisamente corresponde a las dos fallas de Chimalhuacán-Peñón del Marqués-Cerro de La Estrella y de la Sierra de Santa Catarina, en las que se alinearon los volcanes de dichas sierras, es un indicio de que la actividad tectónica en dichas fallas no ha cesado en nuestros días.

Las fracturas localizadas en el fraccionamiento Los Olivos se encuentran, precisamente, en la zona que corresponde al alineamiento de la falla de la Sierra de Santa Catarina.

Los sismos de 1950 y de 1974, pueden tener relación con el desarrollo de los hundimientos en las fracturas de Los Olivos que se han venido observando de 1960 a 1975.

Recomendaciones. La existencia de una red de fracturas que originan hundimientos en el fraccionamiento Los Olivos, sugiere las recomendaciones que siguen:

1) en las zonas en que las fracturas y los respectivos hundimientos en el terreno corresponden a secciones del fraccionamiento sin construcciones, es conveniente que dichas zonas se preserven como áreas verdes;

2) en los predios de regular tamaño en que una parte del terreno esté atravesado por una fractura con hundimiento, dicha parte debe reservarse como área verde y las construcciones deben autorizarse en la otra parte del predio no afectada con fractura con hundimiento

3) en los predios de pequeño tamaño localizados en una zona de fractura con hundimiento, conviene recomendar la reconstrucción con materiales ligeros, estructura que tenga buen amarre y cimientos adecuados o, si es necesario, la desocupación del predio y proveer al dueño del mismo de otro terreno equivalente para reconstruir su casa habitación.

Estas recomendaciones fueron formuladas verbalmente ante la Dirección General de Planeación del Departamento del Distrito Federal en su Consejo Consultivo, en sesión que se celebró el miércoles 5 de marzo de 1975.

1. C. Burckhardt. Etude syntetique sur le mesozoique mexicain. Memoires de la Societé Paléontologique Suisse. Volume I. Bâle, 1930. pp. 193, 233, 235, 241.
2. Ralph W. Imlay. Cretaceous formations of Central America and Mexico. The Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist. Vol. 28, No. 8. August, 1944. pp. 1090-1110, map. fig. No. 4.
3. Charles Schuchert. Historical Geology of the Antillean Caribbean Region. Wiley. New York, 1935. Maps. 8, 9, 10.
4. J. Félix und H. Lenk. Beiträge zur Geologie un Paläontologie der Republik Mexico. Leipzig-Stuttgart, 1889-1899. pp. 63-79, Tafel III.
5. Federico Mooser. Libreto-Guía de la Excursión C-9. XX Congreso Geológico Internacional. México, 1956. p. 14.
6. Carl Fries Jr. Bosquejo geológico de las partes central y occidental del Estado de Morelos y áreas contiguas de los Estados de Guerrero y México. XX Congreso Geológico Internacional. México 1956. pp. 40-41.
7. Federico Mooser. Los ciclos del vulcanismo que formaron la cuenca del Valle de México. Instituto de Geología. U.N.A.M. México, 1957. p. 314.
8. Luis Aveleyra Arroyo de Anda. Prehistoria de México. Ediciones Mexicanas. México, 1950. p. 78. Tabla V.
9. Kirk Bryan. Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo XIII. México, 1948. p. 18.
10. A.R.V. Arellano. Estratigrafía de la Cuenca del Valle de

México. Memoria del Congreso Científico Mexicano. Tomo III. México, 1953. pp. 172-186.

11. Federico Mooser. Informe sobre la geología de la cuenca del Valle de México y zonas colindantes. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Secretaría de Recursos Hídricos. México, 1961. p. 26.

12. Federico Mooser. Ob. cit. p. 25.

13. Federico Mooser. Ob. cit. p. 24.

14. Federico Mooser. Ob. cit. p. 91, mapa tectónico.

15. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 18. Cuadro 3.

16. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 14-15.

17. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 15, 18.

18. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 15.

19. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 14-15.

20. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 14-15, 18.

21. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 16-17, 18.

22. Ezequiel Ordóñez. Las rocas eruptivas del SE de la Cuenca de México. Boletín del Instituto Geológico de México. Número 2. México, 1895. p. 14.

23. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 16, 18.

24. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. p. 23.

25. Paul Waitz. Excursión geológica a la Sierra de Santa Catarina. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo VII, primera parte. México, 1910. pp. 2-3.

26. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. p. 20.

27. Kirk Bryan. Ob. cit. pp. 15-16, 18.

28. Paul Waitz. 1910. Ob. cit. pp. 4-5.

29. Paul Waitz. 1910. Ob. cit. pp. 5-6.

30. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 15.
31. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. p. 24.
32. Paul Waitz. Excursión geológica a la parte poniente de La Sierra de Santa Catarina. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo VIII. 1911. p. 7.
33. Paul Waitz. 1911. Ob. cit. p. 6.
34. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. p. 21.
35. Paul Waitz. 1910. Ob. cit. p. 3.
36. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. p. 25.
37. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 15.
38. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. pp. 21-22.
39. Paul Waitz. 1911. Ob. cit. lámina s/n.
40. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 15.
41. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. p. 13.
42. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 15.
43. Paul Waitz. 1911. p. 8.
44. Ezequiel Ordóñez. Ob. cit. pp. 25, 28.
45. Kirk Bryan. Ob. cit. p. 16.
46. Román Piña Chan. Guía Oficial de Copilco-Cuicuilco. Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1966. p. 7.
47. Jesús Figueroa A. Carta Sísmica de la República Mexicana. Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1959. pp. 126-136.

I n d i c e

	Página
1. Introducción	5
2. Geología histórica	10
3. Fracturas, fallas y desarrollo tectónico de la región	22
4. Vulcanismo	25
5. Descripción y cronología de las fracturas de la región cercana al Volcán de San Lorenzo Te- zonco	70
Bibliografía	74

I n d i c e d e F i g u r a s

1. Graben La Estrella-Chimalhuacan/Sierra de Santa Catarina, según Federico Mooser	12
2. Graben Chimalhuacán-La Estrella/Sierra de Santa Catarina antes de 65 000 años.	15
3. El Graben en la etapa Tacubaya	16
4. El Graben en la etapa Becerra Interior	17
5. El Graben en la etapa Becerra Superior	18
6. Fallas y fracturas de la región Chimalhuacán- La Estrella/Sierra de Santa Catarina	23
7. Carta Altimétrica del Comité Coordinador del Levantamiento de la Carta de la República	68
8. Morfología de los Volcanes Chimalhuacán-La Estrella/Santa Catarina	69
9. Fracturas del Fraccionamiento Los Olivos	72/73
10. Carta Topográfica.Secretaría de Recursos Hi- dráulicos	80
11. Carta Geológica. Instituto de Geología,UNAM.	80

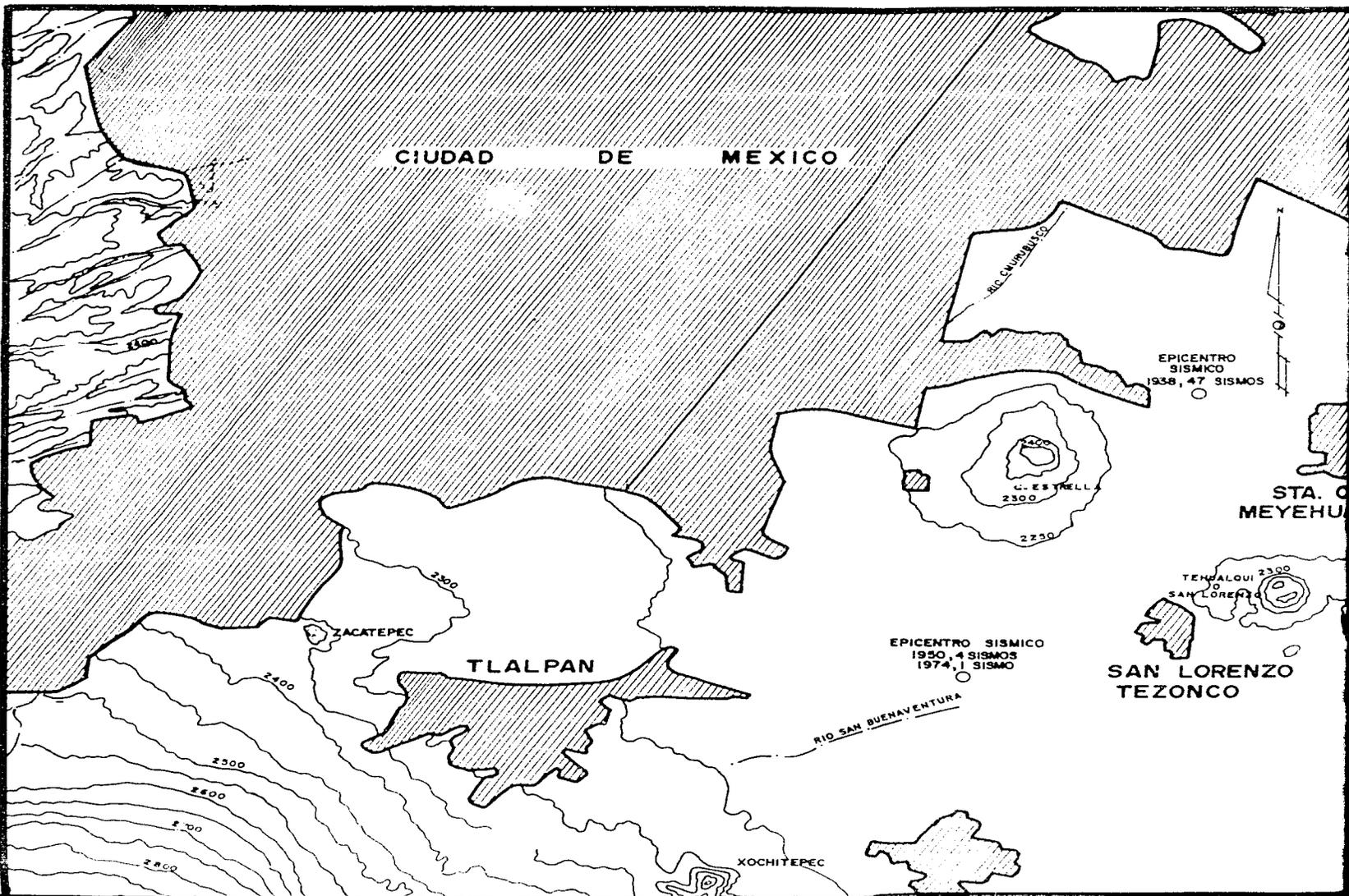
Índice de Fotografías

	Páginas
1. El Pino y El Tejolote	29
2. El Pino y El Tejolote	29
3. Tunaltepec o Chilhuanco	30
4. Cerro de La Estrella	31
5. Chimalhuacán	32
6. Chimalhuacán	33
7. Chimalhuacán	34
8. Chimalhuacán	34
9. Horizonte de suelo en Chimalhuacán	35
10. Horizonte de suelo en Chimalhuacán	35
11. Peñón del Marqués, sección este	40
12. Peñón del Marqués, sección central destruída. .	41
13. Peñón del Marqués, sección oeste destruída . .	41
14. Tlapacoya.	42
15. Tlapacoya	42
16. Tlapacoya	43
17. Sierra de Santa Catarina	51
18. San Nicolás o San Lorenzo	52
19. Xaltepec	52
20. Latolito en una mina de arena abandonada. . . .	53
21. Ceniza estratificada en el mismo latolito . . .	54
22. Ceniza estratificada y plegada en el mismo latolito	54
23. Otro aspecto de la misma intrusión basáltica. .	55
24. Lava basáltica en el centro de la intrusión . .	55
25. Basalto escoriaáceo o tezontle en dicha intrusión	56
26. Otra intrusión de lava basáltica	56
27. Capas de ceniza del volcán San Nicolás o San Lorenzo	57

	Páginas
28. Montículo de arena debido a una intrusión	58
29. Otro aspecto del mismo montículo	58
30. Extrusión basáltica	59
31. Otra extrusión de lava basáltica	59
32. Los Teotines	60
33. Suelo arenoso cerca del volcán San Nicolás	61
34. Crater en el fraccionamiento El Rosario .	62
35. Otra parte del mismo crater	62
36. Toba intemperizada en el crater de El Rosario	63
37. Piedra de lava basáltica en el mismo crater	64
38. Casa construída en el crater de El Rosario	65
39. Capa de origen lacustre en la mina Guadalupe	66
40. Detalle de la capa lacustre en dicha mina	57

I n d i c e d e F o t o g r a f í a s A é r e a s

1. Cerros El Pino y El Tejolote	68/69
2. Cerro La Estrella.	68/69
3. Cerro Chimalhuacán	68/69
4. Peñón del Marqués	68/69
5. Cerro Tlapacoya	68/69
6. Cerro Xico	68/69
7. Cerro Las Calderas	68/69
8. Cerro Las Calderas	68/69
9. Sierra de Santa Catarina	68/69



CIUDAD DE MEXICO

RIO CAHUYUBIQUES

EPICENTRO
SISMICO
1938, 47 SISMOS

STA. C.
MEYEHU

C. ESTRELLA
2300

2250

TEHUALQUI
D.
SAN LORENZO

2300

SAN LORENZO
TEZONCO

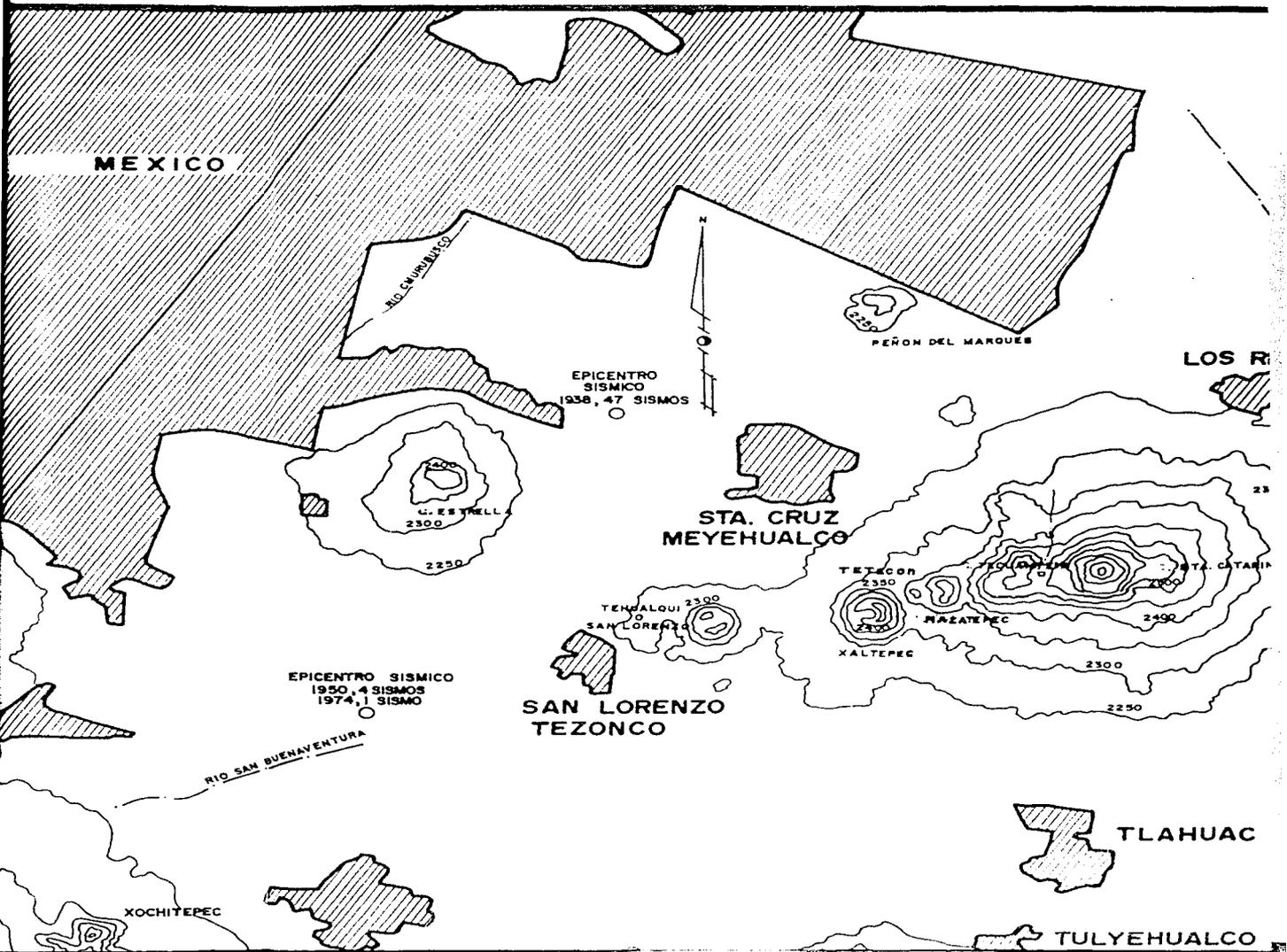
EPICENTRO SISMICO
1950, 4 SISMOS
1974, 1 SISMO

RIO SAN BUENAVENTURA

TLALPAN

ZACATEPEC

XOCHITEPEC



MEXICO

RIO CUERUPURCO

EPICENTRO SISMICO
1938, 47 SISMOS

PEÑON DEL MARQUES

LOS R

U. ESTRELLA
2300
2250

STA. CRUZ
MEYEHUALCO

EPICENTRO SISMICO
1950, 4 SISMOS
1974, 1 SISMO

TENJALQUI
SAN LORENZO
2300

TETECON
2350
2300

STA. CATARIN
2400
2300
2250

SAN LORENZO
TEZONCO

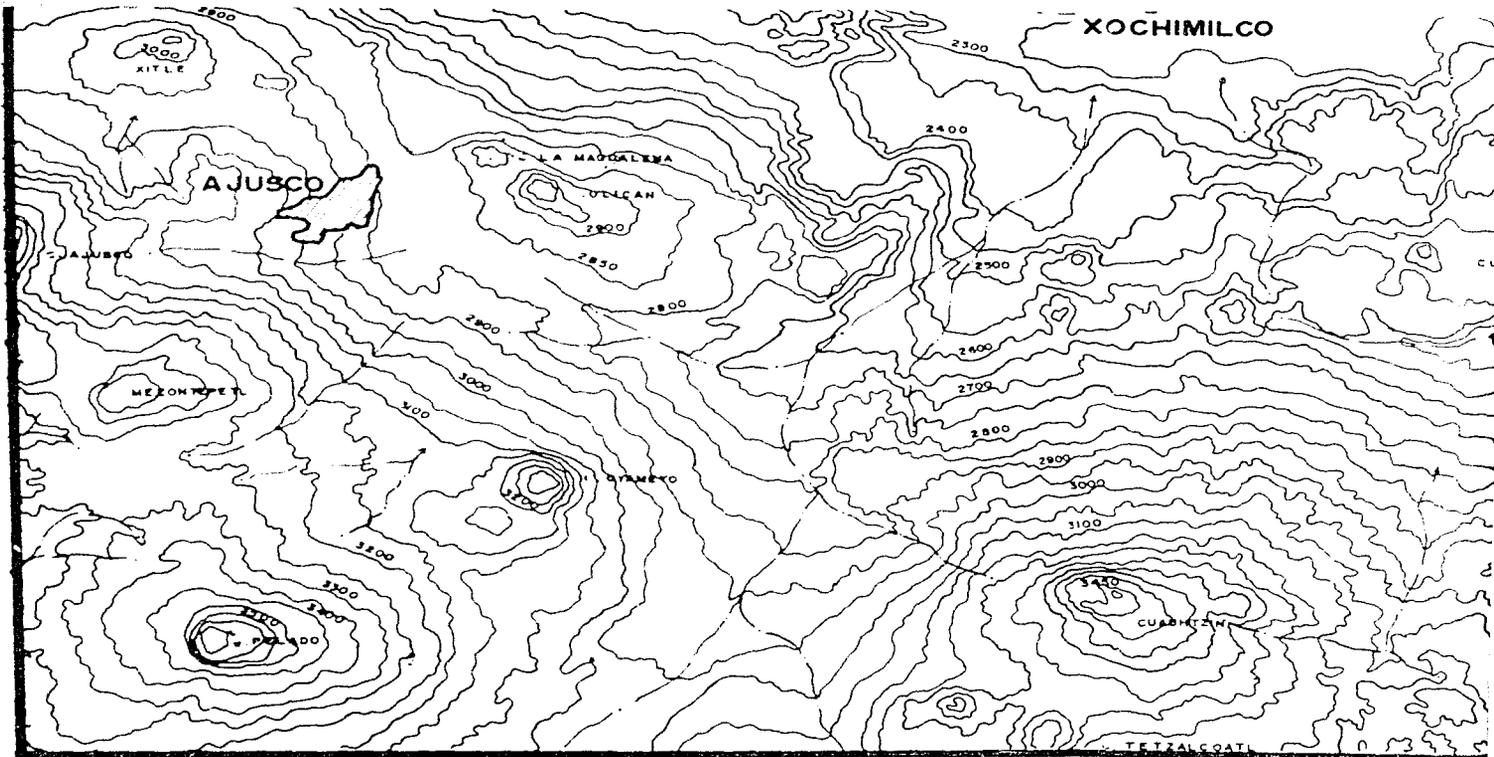
MAZATEPEC
XALTEPEC

RIO SAN BUENAVENTURA

TLAHUAC

XOCHITEPEC

TULYEHUALCO



SIMBOLOGIA



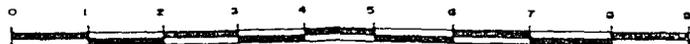
POBLACION



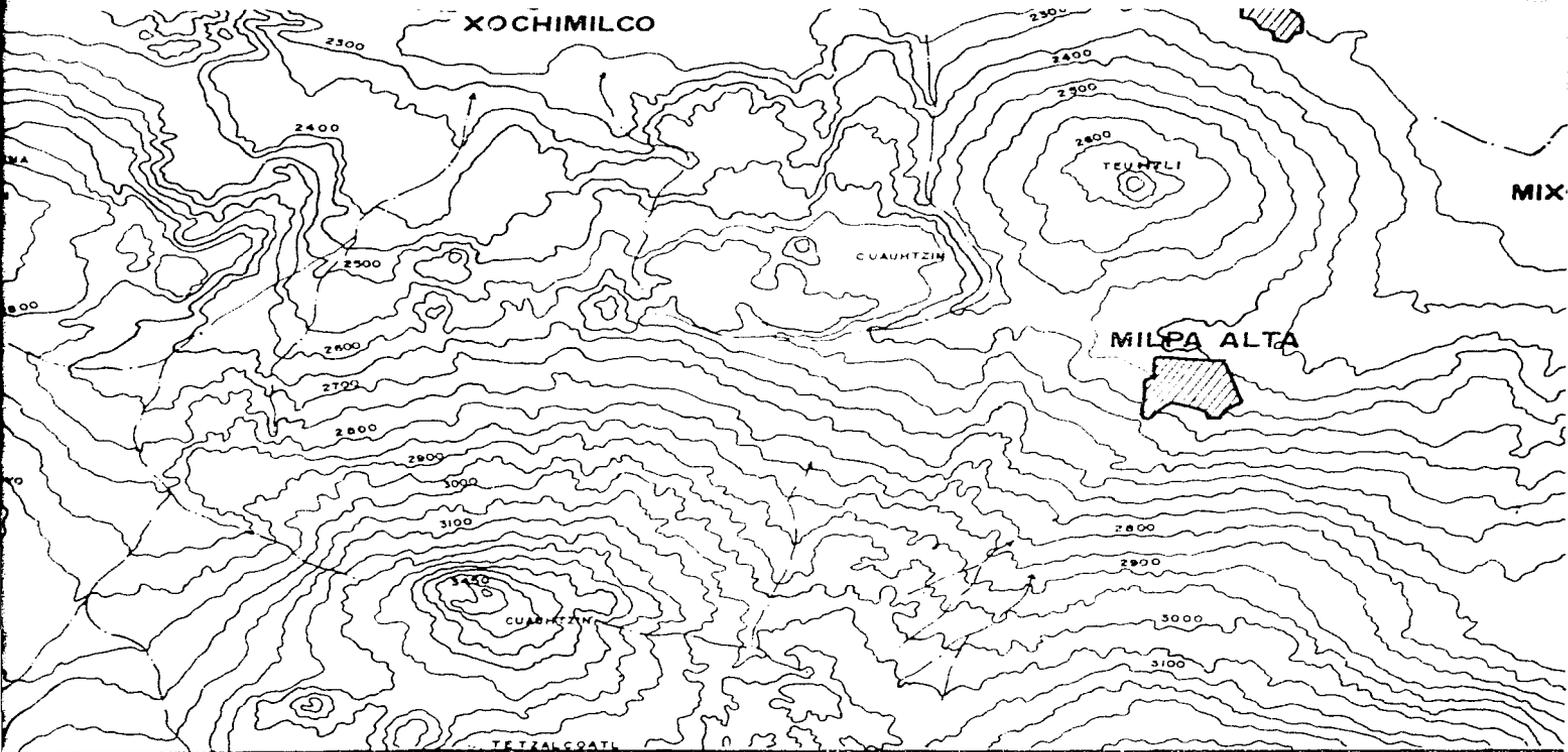
RIO

EQUIDISTANCIA ENTRE LAS CURVAS DE NIVEL 50.00 m

CARTA TOPOGRAFICA



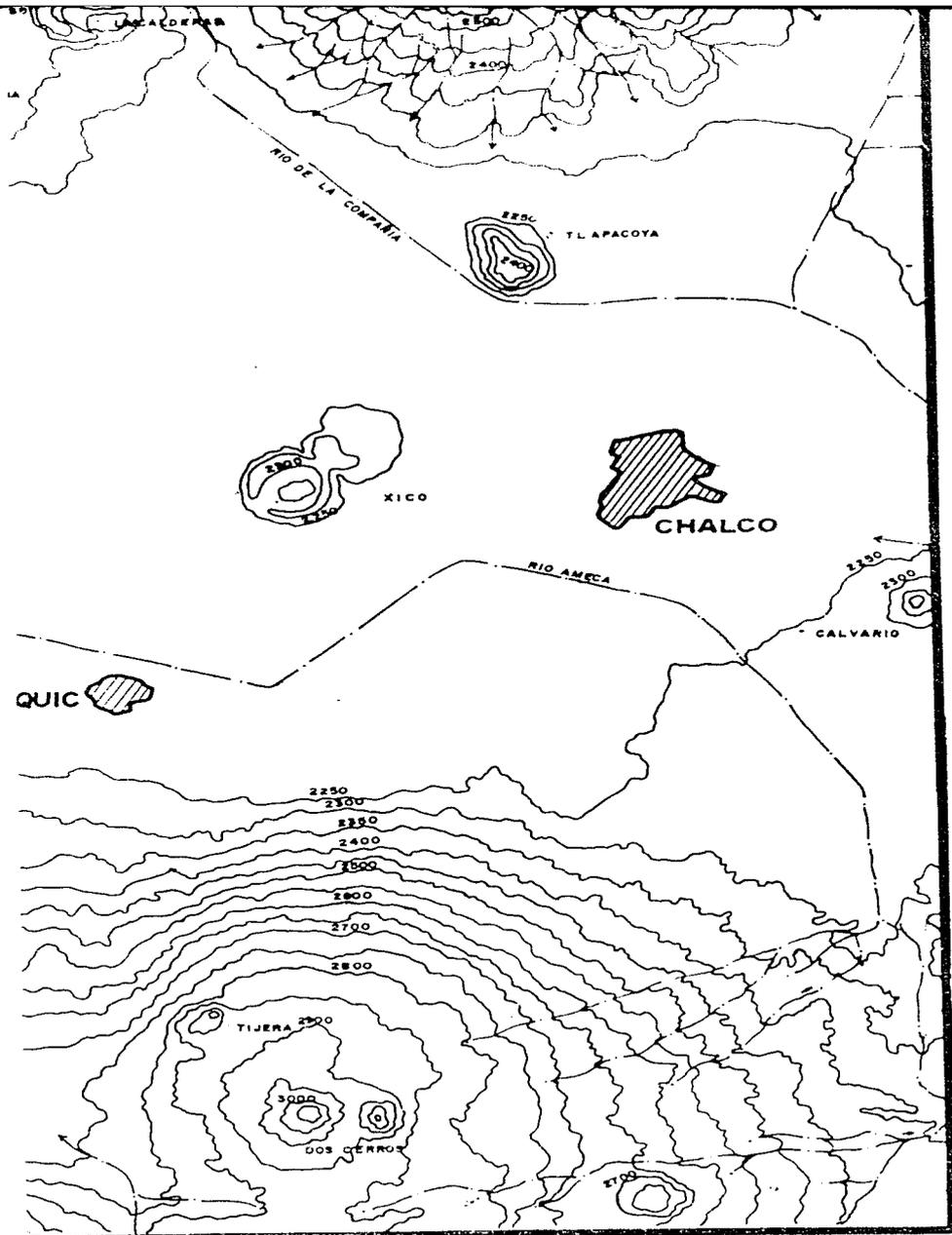
ESCALA GRAFICA



ARTA TOPOGRAFICA

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICO
VALLE DE MEXICO. OFICINA DE PLANE
PLANO GENERAL DEL VALLE DE ME

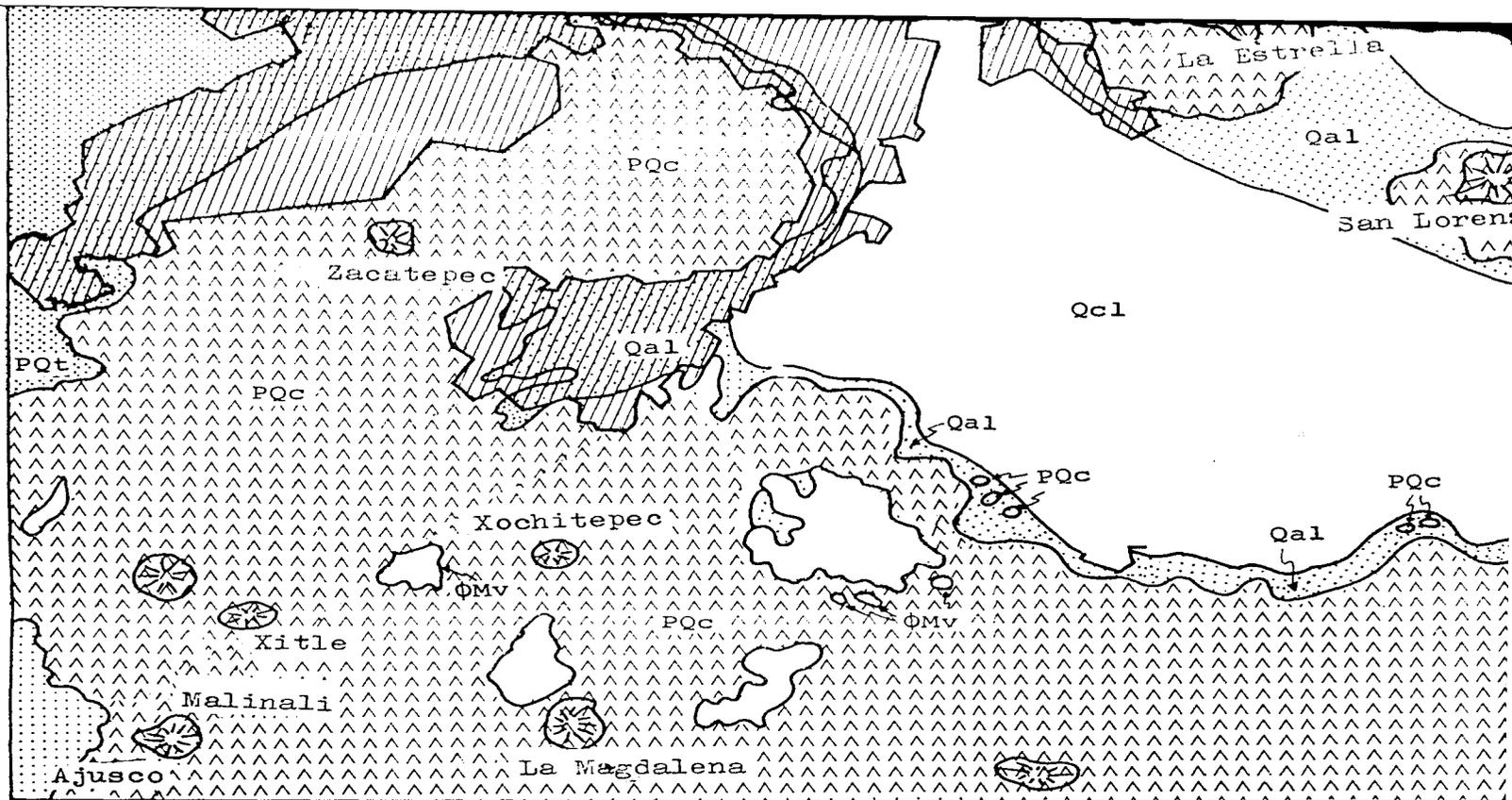




S.- COMISION HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL
 XICO.
 TACION Y PROYECTOS.

FIGURA 10

INVESTIGO. ROSA EVELIA GARAY MALDONADO
 DIBUJO. S.F.P.C.



ROCAS SEDIMENTARIAS Y VOLCANICAS

Qc1 Sedimentos lacustres depositados durante el cuaternario en el área ocupada por Texcoco (incluyendo las cuencas de Chalco, Xochimilco y Mixquic); principalmente bentoníticas con contenido variable de sales e intercalación de abundantes horizontes clásticos. Comprende las facies lacustres de las Formaciones Tacubaya y Becerra; en los depósitos actuales; en las márgenes de la cuenca se encuentra interdigitada con Qal.

ALUVION

Qal Con interestratificación de cenizas volcánicas; comprende en las márgenes de las faldas de los cerros, los antiguos suelos Tacubaya, Becerra y Noche Buena; interdigitada con PQc.

FORMACION CHICHINAUTZIN

PQc Derrames de lava basáltica hasta riódacítica, con material piroclástico asociado; interdigitada con PQp.

ROCAS VOLCANICAS NO DIFERENCIADAS

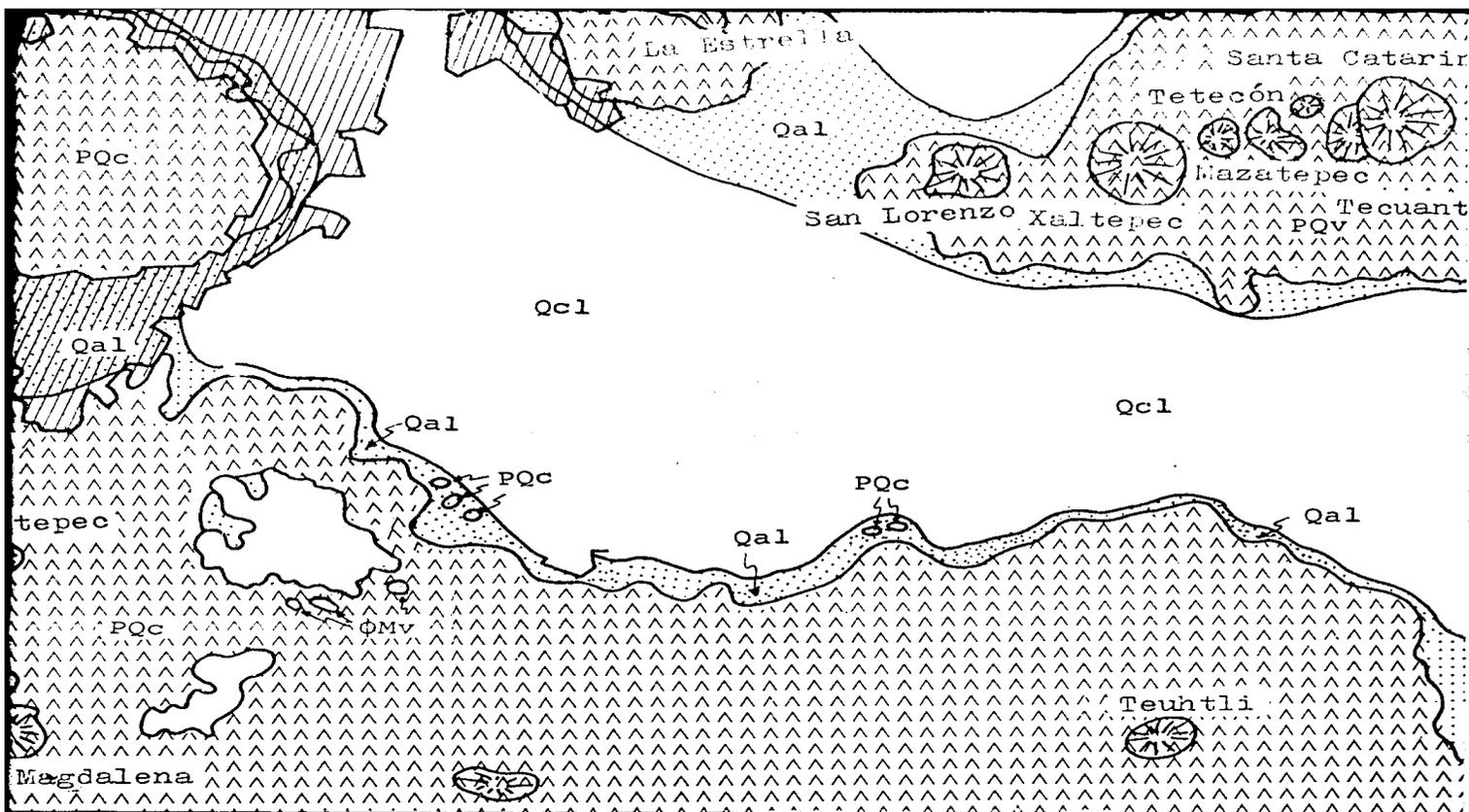
PQv De composición que varía desde riódacítica hasta basáltica, provenientes de conos eruptivos; localmente interdigitada con PQt y Qal.

FORMACION TARANGO

PQt En la parte inferior depósitos de aluviones derivados de las sierras volcánicas occidentales, asociados con piroclásticos; en la parte superior, separada por una superficie erosional, principalmente horizontes de ceniza y pómez; localmente interdigitada con MPt y MPC.

ROCAS VOLCANICAS DEL TERCARIO MEDIO

ΦMv Capas volcanoclasticas formadas predominantemente por lahares. Corresponde a la Formación Mercedal de la Hoja. Se han encontrado depósitos probablemente equivalentes al Texcoco Núm. 1.



ENTARIAS Y VOLCANICAS

sitados durante el cuaternario en el área ocupada por el Lago de cuencas de Chalco, Xochimilco y Mixquic); principalmente arcillas o variable de sales e intercalación de abundantes horizontes pirofacies lacustres de las Formaciones Tacubaya y Becerra, así como s márgenes de la cuenca se encuentra interdigitada con Qal.

de cenizas volcánicas; comprende en las márgenes de la cuenca y - antiguos suelos Tacubaya, Becerra y Noche Buena; localmente está

HICHINAUTZIN

a hasta riódacítica, con material piroclástico asociado; localmen

NICAS NO DIFERENCIADAS

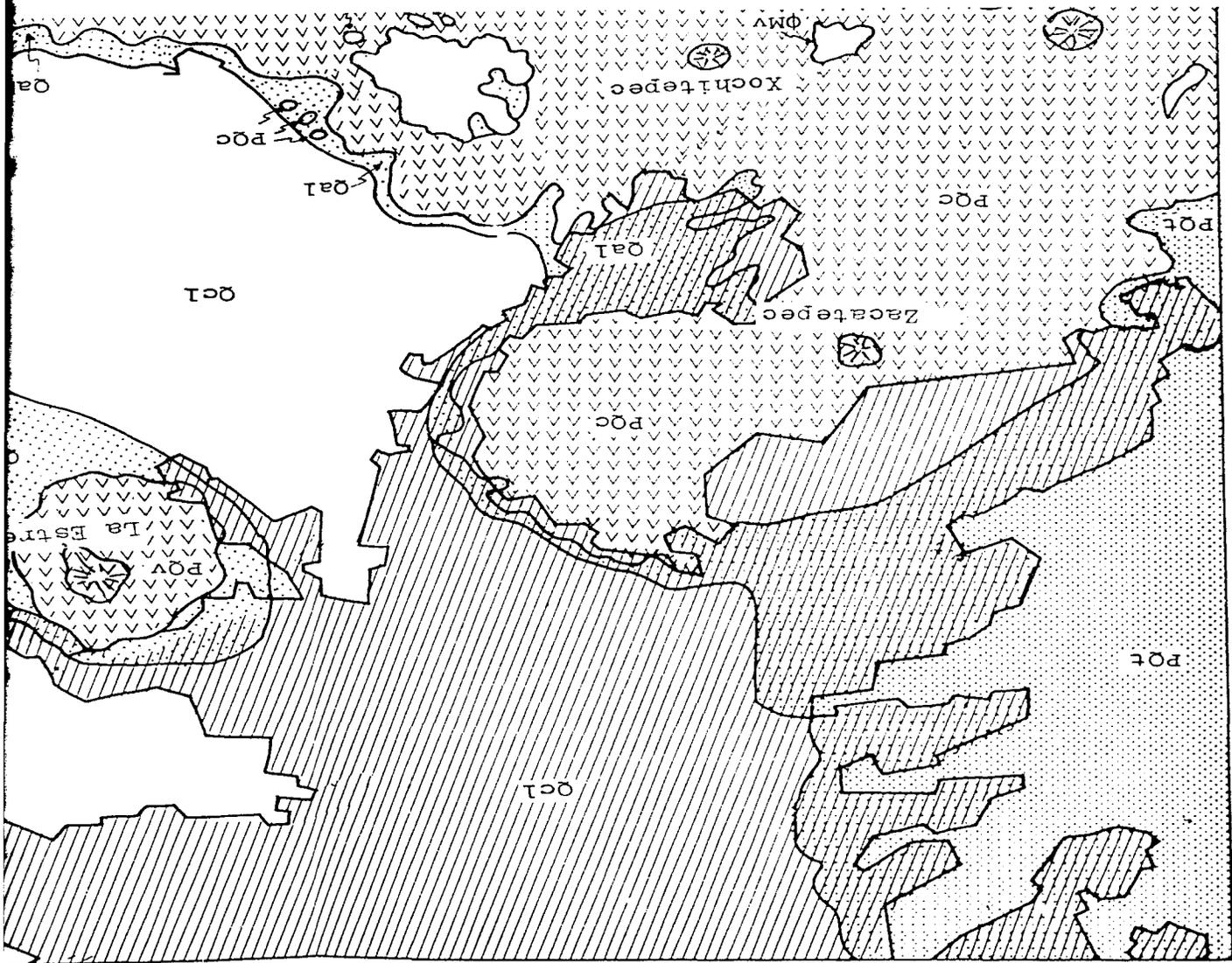
desde riódacítica hasta basáltica, provenientes de diferentes cen se interdigitada con PQc y Qal.

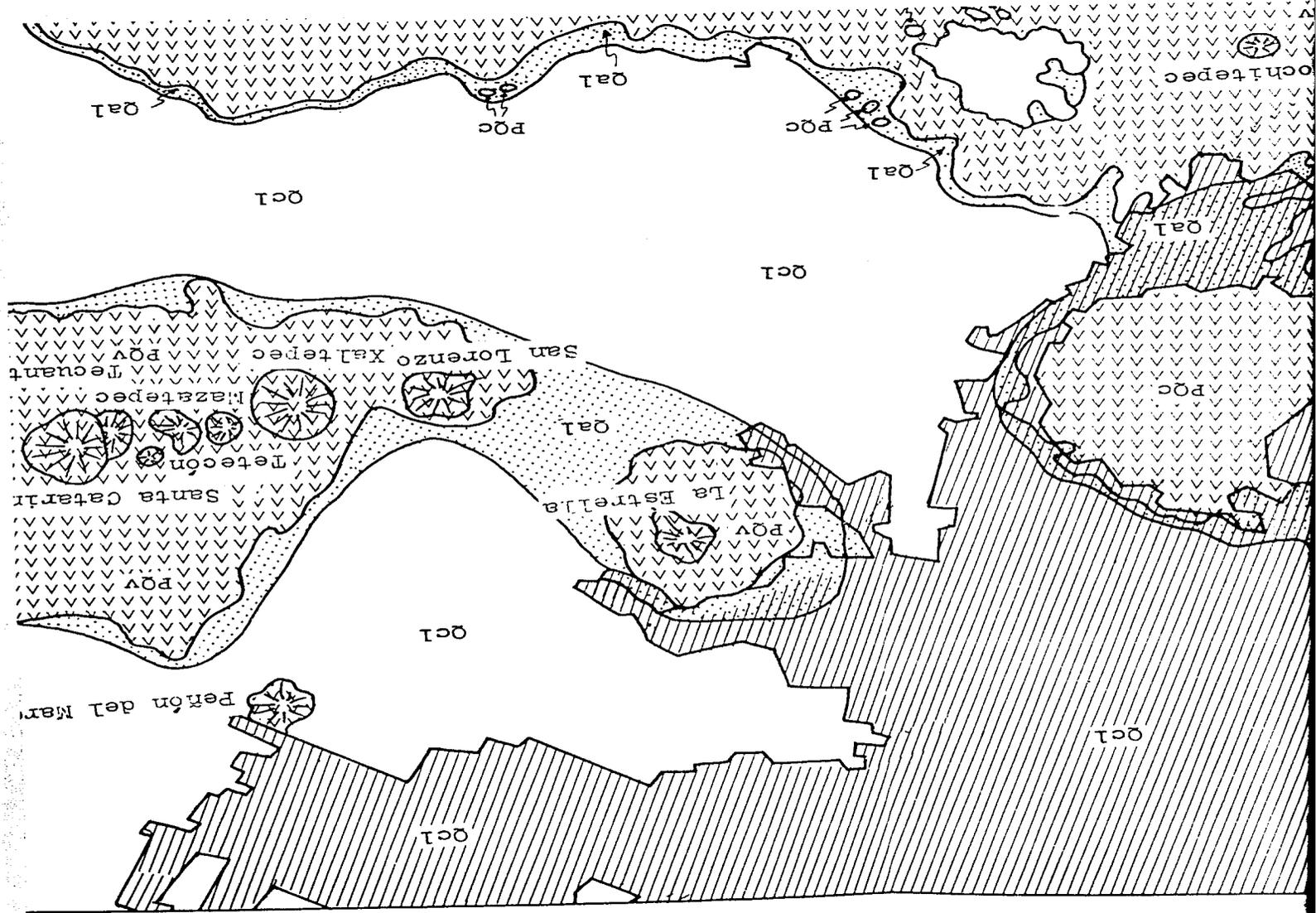
ARANGO

sitos de aluviones derivados de las sierras volcánicas oriental y piroclásticos; en la parte superior, separada por una discordan- mente horizontes de ceniza y pómez; localmente interdigitada con -

NICAS DEL TERCIARIO MEDIO

ormadas predominantemente por lahares. Corresponde a la parte cen- Se han encontrado depósitos probablemente equivalentes en el po-





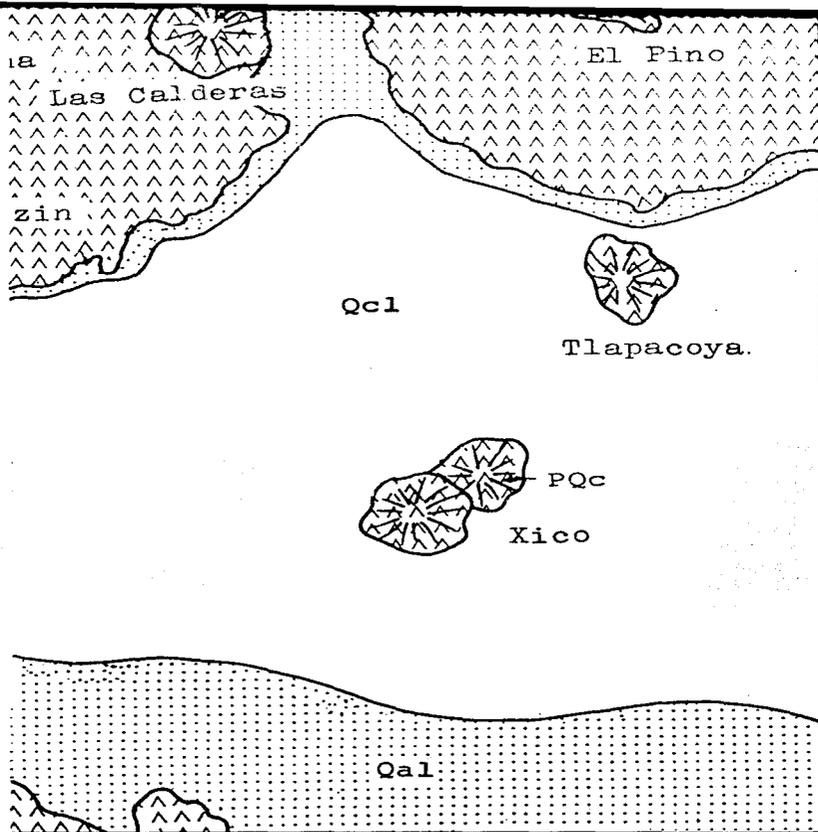
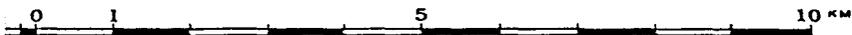


FIGURA II

MAPA GEOLOGICO
 (CARTA GEOLOGICA DE MEXICO)
 SERIE DE 1:100,000

Investigo: Rosa Evelia Garay Maldonado
 Dibujo: Angel Castillo Elizondo



ESCALA 1:100,000

PUBLICADA EN NOVIEMBRE DE 1968

