



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

31

**GEOLOGÍA Y CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA  
DEL SUBSUELO DE LA PORCIÓN SUR-SURESTE  
DEL VALLE DE MÉXICO**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO GEÓLOGO  
P R E S E N T A :  
NELLY IVONNE VALENCIA GUZMÁN

DIRECTOR: DR. VICTOR M. MALPICA CRUZ



MEXICO, D.F.

2002



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-I-618

**SRITA. NELLY IVONNE VALENCIA GUZMAN**  
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Dr. Víctor M. Malpica Cruz y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Geólogo:

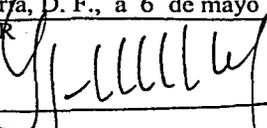
**GEOLOGÍA Y CORRELACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DEL SUBSUELO DE LA  
PORCIÓN SUR-SURESTE DEL VALLE DE MÉXICO**

- I INTRODUCCIÓN
  - II GENERALIDADES
  - III GEOLOGÍA REGIONAL
  - IV MÉTODOS DE LABORATORIO
  - V GEOLOGÍA DEL ÁREA
  - VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- MAPAS Y SECCIONES LITOLÓGICAS  
ANEXOS  
BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, D. F., a 6 de mayo de 2002  
EL DIRECTOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB\*RLLR\*gtg

pp

A mi padre *el Sr. J. Gonzalo Valencia Hernández* en gratitud por su apoyo y cariño a lo largo de toda mi vida.

A mi tío *el Sr. Indalecio Valencia Hernández* por su compañía y por los momentos tan felices que he pasado a lado de él.

A mis hermanos *Eltas, Gis, Lucy y Lúlu* por nuestros incansables momentos juntos de alegría que seguramente seguirán.

A mi novio *Edgar Esquivel Victoria* por sus incansables formas de demostrarme su amor y apoyo, además de la paciencia que me ha tenido en todo el tiempo que llevamos juntos.

*Con todo mi cariño y gratitud*

*Nelly*

## **Agradecimientos**

**Deseo agradecer sinceramente al Dr. Víctor Malpica Cruz por su amable colaboración y apoyo que me brindo a lo largo de la realización de esta tesis.**

**También deseo agradecer al Dr. Luis Silva por sus comentarios y sugerencias a este trabajo.**

**Así mismo a la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) en especial a la Ing. Julia Rivera Jaramillo por su valiosa cooperación y ayuda durante el desarrollo de este trabajo.**

## INDICE

### Resumen

I.	Introducción.	
I.1	Antecedentes.....	3
I.2	Objetivo del estudio.....	4
I.3	Método de trabajo.....	4
II.	Generalidades.	
II.1	Localización.....	5
II.2	Fisiografía.....	5
II.3	Hidrografía.....	6
II.4	Clima.....	9
II.5	Vegetación.....	10
III.	Geología Regional.	
III.1	Estratigrafía.....	11
III.2	Geología Estructural.....	26
III.3	Geología histórica.....	28
IV.	Métodos de laboratorio.	
IV.1	Sedimentológico.....	31
IV.2	Petrográfico.....	32
IV.3	Geoquímicos.....	32
V.	Geología del Área.	
V.1	Correlaciones Litoestratigráficas.....	33
V.2	Interpretación.....	33
VI.	Conclusiones y Recomendaciones.	

### Anexos

### Bibliografía.

## Resumen

El desarrollo urbano que actualmente se observa en la Ciudad de México, ha generado gran variedad de problemas como son: la escasez de agua en algunas zonas, hundimiento del suelo, contaminación y explosión demográfica, entre otros.

A partir de esta problemática, se han realizado numerosas investigaciones encaminadas a dar solución a estos problemas.

El propósito del presente estudio, es identificar y caracterizar litológicamente las formaciones geológicas, presentes en el subsuelo de la porción sur - sureste del Valle de México, haciendo uso principalmente de cortes litológicos de pozos profundos perforados, acompañados de la realización de los siguientes tipos de análisis: sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos, que se aplicaron a muestras de canal recolectadas de algunos pozos.

Apoyándose en la información que se obtuvo con los análisis, se interpretaron los ambientes de depósito para cada formación, siendo los principales: el fluvial, lacustre, abanico aluvial, pie de monte y volcanoclástico.

Una vez que se conoció el ambiente de depósito, se determinaron las condiciones físico - químicas que contribuyeron para su distribución en el área de estudio, además de otros factores físicos como el clima.

En lo que respecta a la roca, sólo se recolectaron fragmentos de ellas, debido al tipo de perforación rotaria y obteniendo muestras de canal en su mayoría. La roca es ígnea extrusiva, cuya composición varía de andesita a basalto, según el lugar de ubicación del pozo perforado o del aparato volcánico al cual pertenece.

Con lo anterior, se logró tener mayor información, de la cual se llevó un mejor control de cada formación geológica que se iba identificando, además de su área de influencia.

Con base en la información antes obtenida, se estableció la correlación litoestratigráfica del área de estudio, dentro del marco geológico regional.

Mediante 7 secciones de correlación, de los cuales 7 pozos están incluidos dentro del convenio entre el Instituto de Geología de la UNAM y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGOH)

Con la información anterior se logró establecer la disposición, distribución y área de influencia de las formaciones geológicas identificadas, además de los principales tipos de sedimentos, los cuales fueron: arcillas (origen lacustre principalmente), arenas, gravas (fragmentos piroclásticos y de roca), roca ígnea extrusiva (basalto y andesita) y en algunos casos a profundidades de 180 - 300m aglomerado (según pozo perforado).

## I.- Antecedentes

### I.1 Introducción

La Cuenca de México durante mucho tiempo ha sido tema de múltiples investigaciones, sobre todo por que en ella se encuentra ubicada la Ciudad de México y su gran variedad de problemas generados principalmente por su creciente desarrollo urbano; por otra parte, se sabe que se han realizado ya algunas investigaciones acerca de la geología del área que abarca la Cuenca de México y algunas otras donde el tema de la geología no ha sido el principal, pero aun así, se ha podido tomar información documental y visual que han dado indicios de conocimientos geológicos desde tiempos muy remotos, tal es el caso de la construcción de ciudades prehispánicas donde aun se puede observar parte del subsuelo de la Cuenca de México, además de los vestigios de pequeñas obras mineras, de las cuales se obtenía mineral que utilizaban principalmente como ornamentación y material para construcción.

Un ejemplo, son los vestigios de las minas de arena que se encuentran en Mixcoac, las de Huixquilucan o la explotación de los propios cerros como los que se observan en el sur - sureste de la Ciudad de México y los del norte de la misma, en los cuales se puede ver actualmente como crecen aun más los asentamientos humanos.

Información de este tipo, ha sido la base principal para el inicio de muchas de las investigaciones que han dado ha conocer las características y atributos que alberga la Cuenca de México.

Hoy en día se ha podido recabar y detallar más información gracias a los recorridos de inspección, estudios minuciosos, los hallazgos arqueológicos, los sondeos realizados y la construcción de obras de ingeniería, que han contribuido para fundamentar las teorías acerca de la formación y evolución de la Cuenca de México a través de épocas geológicas sucesivas; de esta manera se ha dado a conocer los principales rasgos geomorfológicos y estructurales más sobresalientes del área.

Dándonos cuenta, con toda la información que existe de la complejidad geológica de la Cuenca de México.

Esto nos lleva a continuar con el desarrollo de trabajos de investigación más específicos y detallados, que nos permitan conocer a fondo la conformación geológica y las secuencias estratigráficas, sedimentológicas, sísmicas, geohidrológicas, geotécnicas, entre otros aspectos, para prever afectaciones en la cuenca debidas a su creciente urbanización.

## I.2 Objetivo

Analizar y caracterizar la información geológica del subsuelo existente del Sur de la Valle de México, en conjunto con la obtención de nuevos datos, a partir de la realización de análisis sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos de muestras de roca y sedimentos recolectados en distintos pozos perforados por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH).

Con base en esto, realizar una adecuada interpretación y correlación litoestratigráfica del tipo de rocas y sedimentos existentes en el subsuelo del sur del Valle de México, y de esta manera, poder definir los ambientes sedimentarios que tuvieron lugar durante su formación.

En forma conjunta, la información obtenida de este trabajo y otras investigaciones similares, sirvan de base para futuros estudios geológicos en el Valle y en la Cuenca de México.

## I.3 Método de trabajo

Para la realización del presente trabajo, se contemplaron varias etapas que se describen a continuación:

- a).-Compilación, análisis y selección de la información semiregional geológica de la superficie y del subsuelo al sur de la Cuenca de México, proporcionada por el Gobierno del Distrito Federal, a través de la DGCOH y el Instituto de Geología de la UNAM.
- b) Ubicación cartográfica de todos los pozos en el área de estudio.
- c) Análisis de la información, de los distintos perfiles litológicos proporcionados por la DGCOH.
- d) Recuperación de muestras en los distintos pozos perforados por la DGCOH.
- e) Análisis sedimentológicos, petrográficos y geoquímicos de las diferentes muestras recolectadas.

El análisis sedimentológicos comprendió:

- Análisis granulométricos por Tamices, tubo de sedimentación, método de pipeta y escala granulométrica de Wentworth.
- Forma de las partículas utilizando la tabla comparativa de Zingg (1935).
- Tablas visuales de comparación de redondez y esfericidad de Powers (1953), Krumbein y Sloss (1955).
- Comparación del color por vía húmeda mediante las tablas de color de Musell.

## II.- Generalidades

### II.1 Localización

El área de estudio se encuentra localizada dentro del Valle de México al sur del Distrito Federal, entre las latitudes 19° 15' 40" y 19° 25' 21" norte y las longitudes 99° 11' 30" y 99° 00' 00" oeste. Comprende una superficie aproximada de 323 km<sup>2</sup> y la limitan al norte, la Sierras de Guadalupe; al sur, la Sierra de Chichinautzin-Ajusco; al oriente, la Sierra de Santa Catarina y al poniente, la Sierra de las Cruces (Figura 1).

De sus 323 km<sup>2</sup> de superficie, el área de estudio queda comprendida en la parte centro de la delegación Iztacalco, el norte y centro de la delegación Iztapalapa, parte norte de la delegación Coyoacan y norte, centro y poniente de la delegación Benito Juárez.

### II.2 Fisiografía

El área de estudio se encuentra comprendida dentro de la Cuenca de México, la cual se ubica en la parte central de la provincia geológica conocida como el Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), de edad cenozoica, de origen volcánico y ambiente geotectónico de arco continental (Ortega-Gutiérrez *et al*; 1992).

Se le considera una cuenca cerrada (endorreica) pero artificialmente abierta por el Tajo de Nochistongo y otras obras civiles de desagüe.

Fisiográficamente se puede dividir la Cuenca de México en tres partes, la Zona Septentrional, la Zona Meridional y la Zona Nororiental (López Ramos, 1979).

El área de estudio queda comprendida en la Zona Meridional, limitada al este por la Sierras Nevadas y Río Frio, al oeste por la Sierra de Las Cruces, al sur por la Sierra de Chichinautzin, y al norte aunque incompletamente, por las elevaciones de la Sierra de Guadalupe, el Cerro de Chiconautla y la Sierra de Patachique, constituye la entidad que cuenta con mayores y menores elevaciones entre ellas la cadena de volcanes jóvenes de la Sierra de Santa Catarina.

Dentro del área de estudio así como en los límites se pueden reconocer partes planas y de poca inclinación que corresponden a planicies y depresiones lacustres en proceso de desecación o nueva ambientación ecológica.



## II.3 Hidrografía

Hidrográficamente el área de estudio, que esta comprendida dentro de la Cuenca de México se delimita al norte, por las cuencas del río Tula y de la Laguna de Metztlán; al sur, la del río Amacuzac; al oriente, las cuencas de los ríos Tecolutla, Atoyac y Mixteco, y al poniente la Cuenca Alta del Río Lerma.

En los límites del área de estudio existen distintas elevaciones desde muy altas como la Sierra Ajusco-Chichinautzin a zonas planas o de poca inclinación como el propio Valle de México; debido a las diferencias de elevaciones se le considera una zona propicia para que se originen ríos en las partes más elevadas, alimentados superficialmente por las lluvias y algunos por aguas subsuperficiales.

Debido a estas características se puede emplear la clasificación según el tiempo en que lleva agua en: a) Efimeros, b) Intermitentes y c) Perenes.

A partir de esta clasificación se mencionaran las principales corrientes superficiales de la Cuenca (Tabla II.3.1).

**Tabla II.3.1** Corrientes Superficiales de la Cuenca de México.

<i>Tipo de corrientes</i>				
<i>Nombre</i>	<i>Efímero</i>	<i>Intermitente</i>	<i>Perene</i>	<i>Estado Actual</i>
<i>Zona correspondiente a la Sierra de Chichinautzin</i>				
San Gregorio	✓			Entubado
Milpa alta	✓			Entubado
San Juan de Dios	✓			Entubado
San Lucas	✓			Entubado
Santiago	✓			Entubado
San Buenaventura	✓			Entubado
<i>Zona suroeste de la cuenca</i>				
Eslava	✓			Desvío a río Churubusco
Magdalena			✓	Libre actualmente
Barranca Anzaldo		✓		Presa San Jerónimo*
Texcalatlaco	✓			Entubado
Barranca Guadalupe		✓		Presa Texcalatlaco*
Barranca del Muerto		✓		Presa Tarango*
Mixcoac		✓		Presa Mixcoac*

Continuación de tabla II.3.1

<i>Zona de la Ciudad de México</i>				
Becerra	✓			Presa Becerra*
Tacubaya			✓	Presa Tacubaya*
Río Churubusco	✓			Entubado
Tecamachalco	✓			Presa Tecamachalco*
San Joaquín	✓			Presa San Joaquín*
Tornillo		✓		Presa Tornillo*
Canal Tornillo				Desvío a la Presa Tornillo y río Hondo*
Hondo	✓			Desvío al Molinito
Los Cuartos	✓			Presa los Cuartos*
Totolica	✓			Estación Totolica
Río Chico de los Remedios		✓		Entubado
Río Tlanepantla			✓	Vaso el Cristo
Río Tlanepantla			✓	Presa Madín*
Río San Javier	✓			Desvío a Presa Madín
Río Cuatepec		✓		Confluencia Río San Javier
<i>Zona correspondiente a la Sierra Nevada</i>				
Río Papalotla		✓		Entubado
Río Xolapango	✓			Entubado
Río Coxacoaco	✓			Entubado
Río Texcoco		✓		Entubado
Río Chapingo	✓			Entubado
Río San Bernardino		✓		Entubado
Río Santa Mónica		✓		Entubado
Río Coatepec		✓		Entubado
Río San Francisco	✓			Entubado
Río de la Compañía		✓		Entubado
Río Ameca			✓	Entubado

\*Nota: En los ríos que aparecen como estado actual de PRESA, significa que sus corrientes han sido represadas de esta manera. Fuente Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, INEGI.

Además de ríos, en las proximidades del área de estudio, se encuentran áreas de poco relieve y profundidad, propicias para el almacenamiento o acumulación de agua, también conocidos como lagos y lagunas, y se mencionan los siguientes:

**Lago de Texcoco:** La curva de embalse es la elevación 2237.49 m es el límite al norte y al oriente; al poniente y al sur lo limitan los bordos de construcción denominados Poniente y Xochiaca"; abarca una superficie aproximada de 16 000 ha.

Este lago regula los caudales de los siguientes ríos: San Juan Teotihuacan, Papalotla, Xolapango, Coxacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica, Coatepec, San Francisco, de la Compañía, Churubusco, Amecameca y parte de los ríos del poniente de la Cuenca, que desaguan por el sistema denominado Desviación Combinado. Actualmente del total de la superficie que comprende el lecho del lago, 10 hectáreas están destinadas a la zona federal de rescate hidroecológico, el resto ha sido ocupado por la mancha urbana.

**Lago de Xochimilco:** Actualmente este lago se ha reducido a una serie de canales con aguas libres que circundan a las chinampas, a terrenos de cultivo y un área urbana, que cubre una superficie aproximada de 1914 ha.

A este lago le alimentan los arroyos de San Gregorio, San Lucas, Santiago, San Buenaventura, el Río Churubusco y la planta de tratamiento Xochimilco. El Río Churubusco fue desviado artificialmente para conservar el nivel aceptable de agua en el lago.

**Laguna de Zumpango:** Los últimos bordos construidos en 1951 redujeron la superficie que cubría y, por lo tanto, la capacidad de almacenamiento.

Las aguas que fluyen hacia la laguna son, las del río las Avenidas de Pachuca, parte del río Cuautitlán y de los ríos al poniente, de la cuenca, encauzadas por el interceptor del poniente y el canal de Santo Tomas.

## II.4 Clima

Para definir el clima del área en cuestión, así como de toda la Cuenca de México es necesario hacer una generalización, ya que se debe tener presente las diferencias de altitudes, de humedad, del relieve y de muchos otros factores que coadyuvan a integrar un clima. Tomando en cuenta estos factores se tiene que el 57 % de la cuenca presenta clima templado, 33 % climas semifríos y 10 % clima semiseco (García E., 1988).

Del norte hacia el noroeste, centro, centro - sur y este, se distribuye el clima *templado subhúmedo con lluvias en verano* (Cw(w)(i)g). Esta extensa zona tiene una altitud que va de 2, 250 a 2, 900 m, en la Sierra de Guadalupe, en las laderas orientales de la Sierra de las Cruces y en las laderas boreales de la Sierra del Ajusco-Chichinautzin; en ella la temperatura media anual varía de 12°C en las partes más altas, 18°C en las de menor altitud, en ese mismo orden, la precipitación total anual varía de 1, 000 a 600 mm y el período en el que se concentra la lluvia, durante el verano.

El clima *semifrío-subhúmedo con lluvias en verano* (Cb(w<sub>2</sub>)(w)(i)g), se localiza bordeando por el sur a la zona antes descrita. Se muestra como una franja orientada noroeste-sureste y comprende los terrenos de mayor altitud (de 2, 900 m hacia arriba) en las Sierras de las Cruces y Ajusco-Chichinautzin, su temperatura media anual llega a 12°C en las partes más bajas de la zona y a 5°C en las cimas de las Sierras; la precipitación anual varía de 1, 000 a 1, 500 mm.

En los terrenos cercanos a los límites suroeste y sur de la Cuenca de México, se presenta el clima *semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano* [Cb'(w<sub>2</sub>)(w)ig], este clima cubre el 10 % de la superficie de la parte occidental y sur de los cerros de la Cruz, del Marqués (Ajusco) y el Volcán Chichinautzin, la temperatura media anual varía en el mismo rango, del clima semifrío subhúmedo, pero la precipitación total anual es un poco mayor, de 1, 200 a más de 1, 500 mm.

La zona menos húmeda esta situada en los alrededores del norte de la Ciudad de México y pertenece al clima *semiseco* [BS<sub>1</sub>kw(w)(i)g], cuyas características se presentan como un clima templado con lluvias en verano, el rango de temperatura media anual es de 14°C a 18°C y una precipitación total anual de 500 a 600 mm.

## II.5 Vegetación

La vegetación del área de estudio en la Cuenca de México, ha sido afectada principalmente por la actividad humana, comenzando por la práctica de la agricultura, la minería, la creciente población humana, zonas industriales, vías de comunicación, zonas erosionadas etc.

Realmente toda la vegetación original del área de estudio ha desaparecido, aunque la que se aprecia, ha sido producto de reforestación por parte de las autoridades delegacionales.

La poca vegetación endémica apreciable principalmente se encuentra en las sierras de mayor elevación que bordean el área de estudio, en donde de alguna manera no ha podido llegar la urbanización.

A continuación en la tabla II.5.1 se menciona la vegetación existente así como su localización.

**Tabla II.5.1** Vegetación

Nombre y tipo de vegetación	Localización
Bosques de Abies (Oyamel) <i>Quercus laurina</i> (Encino) <i>Pseudotsuga macrolepis</i> (Romerillo) <i>Pronus capull</i> (Capulín)	Bordeando la Sierras de Guadalupe y laderas orientales de la Sierra de las Cruces.
Bosque mesófilo de montaña. Musgo y helecho <i>Cupressus lindleyi</i> (Cedro blanco) <i>Buddleia cordata</i> (Tepozán)	Laderas abruptas del Iztaccihuatl y de las Sierra de las Cruces.
Bosque de Pino Alnus (Aile) Salix (Sauce) Juniperus (Enebro)	En toda la Cuenca de México, principalmente en las sierras del lado norte y este.
Bosque de Quercus (encino) Pastizales	Centro, norte, este y oeste, esporádicamente en el extremo sur de la cuenca.
Matorrales xerófilos <i>Zaluzania Augusta</i> (Cenicilla) <i>Mimosa biuncifera</i> (Uña de gato) <i>Schinus moile</i> (Pirú) <i>Yucca filifera</i> (palma) <i>Eysenhartia polystachya</i> (Palo dulce) Agave lechuguilla (lechuguilla)	Parte septentrional, centro y sur de la cuenca.

**Fuente:** SARH, Inventario Nacional Forestal Periódico, 1992 - 1994, México 1994.

### III.- Geología Regional

Debido a que en el subsuelo del área de estudio se han reconocido varias secuencias de unidades litológicas, las cuales se distribuyen ampliamente en la Cuenca de México, tanto en el subsuelo como en la superficie se hace una breve descripción de todas las formaciones geológicas presentes dentro de la Cuenca.

A continuación se presentan, los rasgos y características más sobresalientes de la geología regional.

#### III.1.-Estratigrafía

Para caracterizar la estratigrafía de la Cuenca de México se tomo en cuenta el Código Estratigráfico Norteamericano 1983 (Comisión Norteamericana de Nomenclatura Estratigráfica 1984); además de algunos estudios en los que se propone actualizar la geología de la Cuenca de México.

A continuación se describen las formaciones que afloran en las cercanías de la Cuenca de México y en la propia cuenca, según Enciso De la Vega 1992, Jaimes Palomera *et al*; 1989, Sánchez Díaz 1989, De Cserna 1988, Carrasco 1985, Mooser 1974, Schlaepfer 1968, Geyne *et al*; 1965, Segerstrom 1961, Fries 1960, Bryan 1948, entre otros (Figura 8).

##### *Formación Xochicalco*

La Formación Xochicalco es la unidad más antigua reconocida y aflora únicamente en el límite suroccidental de la Cuenca de México, se le ha asignado un espesor mínimo que excede los 500 m, su base no esta expuesta y la cima se encuentra cubierta discordantemente por la Formación Morelos. Litológicamente se constituye de una secuencia de calizas, principalmente en capas delgadas a medianas que presentan laminación fina, con contenido carbonoso variable y abundantes vetillas de calcita; preferentemente hacia la cima, aumenta el contenido de capas laminares y nódulos de pedernal. La formación Xochicalco se depositó durante el Aptiano en un ambiente marino de cuenca relativamente profunda (Fries, 1960).

### *Formación Morelos*

La Formación Morelos, se encuentra aflorando en la porción suroccidental de la Cuenca de México, descansa discordantemente encima de la Formación Xochicalco y está cubierta por discordancias erosionales por las Formaciones Cuautla y Mexcala y por discordancia angular, por unidades más recientes. Litológicamente consta de unos 900 m de espesor en una sucesión de capas calizas y calizas dolomíticas interestratificadas con cantidades variables de pedernal en forma de nódulos, lentes, granos y fragmentos fósiles silicificados; aunque esta unidad ha sido reconocida en los pozos Mixhuca 1 y Tulyehualco 1, la identificación estuvo basada en la presencia de *Nummuloculina heimi* y *Dicyclina schlumbergeri*, en estos pozos se registraron a profundidades de hasta 2, 060 m y 2, 160 m respectivamente, se sabe también de la existencia de un miembro evaporítico yeso y/o anhidrita que se extiende hacia el subsuelo de la Cuenca de México; la Formación Morelos se depositó durante el Albiano medio-Cenomaniano temprano en un ambiente cercano a la costa, con bancos de moluscos y rudistas aislados (Fries, op. cit., p. 45).

### *Formación Cuautla*

La Formación Cuautla ha sido reconocida al sur de la Sierra de Tepoztlán y al norte de Zumpango, descansa concordante y discordante con las Formaciones el Doctor y Morelos, en los pozos Mixhuca 1 y Tulyehualco 1 fue reconocida esta formación a profundidades de 1, 575m y 2, 100 m respectivamente; el criterio para diferenciar esta unidad en el subsuelo consistió en la identificación de las especies *Dicyclina* y *Valvulamina*. Litológicamente consiste de calizas en estratos medianos y gruesos con desarrollo local de rudistas y caliza arrecifal, su espesor máximo al sur de la cuenca alcanza 750m, mientras que hacia el norte unos 200 m, la Formación Cuautla se depositó durante el Cenomaniano Tardío-Turoniano Tardío en un ambiente marino poco profundo (Fries, op. cit., p.60).

### *Formación Mexcala*

La Formación Mexcala fue reconocida al sur de la Sierra Chichinautzin y en el cerro La Paloma, en el noroeste del área estado de Hidalgo, yace sobre la formación Cuautla; fue identificada en el pozo Mixhuca 1 a 1, 720 m y 1, 850 m, se reconoció esta unidad por el contenido de microfósiles *Margino-Truncana* del Turoniano - Maastrichtiano. Litológicamente constituye una interestratificación de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas con escasos lentes de calizas clástica que representa una secuencia flysch, originada por el posible levantamiento y erosión del arco magmático del Cretácico; esta formación representa a las rocas mesozoicas más jóvenes del basamento de la Cuenca de México, la cual se depositó durante el Coniaciano - Campaniano en aguas someras (De Cserna, 1988).

### *Grupo Balsas*

El Grupo Balsas aflora en el sur de la Cuenca de México y localmente al noreste de Apaxco, Hgo., este grupo descansa discordantemente encima de las formaciones del Cretácico y la secuencia superior, aparentemente, es concordante con la Riolita Tilzapotla. Litológicamente consta de un conglomerado oligomictico calizo generalmente compacto, con matriz limo-arcillosa cementada por calcita y óxido de hierro, de estratificación masiva y espesor máximo de 500 m, éstas capas conglomeráticas se interdigitan y están cubiertas por una secuencia de 800 a 2, 000 m de espesor, formadas por capas deleznable de arcilla, limo y arena; localmente estos depósitos clásticos contiene interestratificaciones de yeso y caliza lacustre lenticulares, además de derrames basálticos y en la parte superior se presentan intercalaciones de toba riolítica. Este grupo se depositó del Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano, la distribución espacial y temporal del Grupo Balsas representa una molasa continental, que se acumuló en áreas estructuralmente bajas, acompañado de vulcanismo basáltico fisural (Fries, op. cit, p.91).

### *Riolita Tilzapotla*

La Riolita Tilzapotla aflora en el extremo suroccidental de la Cuenca de México y localmente, a 8 km del poblado de Tilzapotla, del cual toma su nombre, esta formación generalmente descansa en concordancia sobre las capas más jóvenes del Grupo Balsas y está cubierta en discordancia erosional, por el Grupo Buenavista y la Formación Cuernavaca. Litológicamente constituye una secuencia de tobas riolíticas, líticas, cristalinas y vítreas, brechas tobaceas y aglomerados; localmente presenta derrames lávicos y brechas de flujo; en general presentan una coloración variable de rosado a gris, en la localidad tipo las tobas riolíticas presentan una coloración rosada, con estratificación gruesa, por lo regular esta muy compacta y muestran abundantes cristales de mica y cuarzo, su espesor es moderado, en pocos lugares sobrepasa los 150 m, aunque en las cercanías de Tilzapotla alcanza hasta 250 m. Fechamientos radiométricos sugieren su formación en varios periodos magmáticos durante el Oligoceno Medio-Tardío (Fries, op. cit., p. 105-108).

### *Grupo Pachuca*

El Grupo Pachuca aflora al norte de la Cuenca de México, es un grupo volcánico que representa la actividad volcánica desde el Oligoceno hasta el Plioceno, por el rango de edad presentado se incluyen rocas volcánicas correspondientes tanto al arco magmático de la parte superior de la Sierra Madre Occidental (SMO) como del CVT; por su importancia económica - minera, se le

han definido ocho formaciones; tiene un espesor máximo de 3, 700 m. Litológicamente consiste en una secuencia de material clástico en la base, brechas volcánicas, piroclásticos, derrames lávicos y tobas intercaladas, separadas por discordancias erosivas. Las lavas varían en composición de basalto a riolita, pero predomina la andesita y la dacita. Las dos formaciones inferiores (Santiago y Corteza) consisten en riolitas, dacitas y andesitas que por sus características texturales y posición estratigráfica se considera como correspondiente al arco magmático del Terciario Medio de la SMO. Las formaciones que constituyen la mayor parte del grupo y que tienen grandes afloramientos (Formaciones Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis y Vizcaína), consiste en sucesiones de derrames lávicos de composición andesítica y dacítica, interestratificadas con brechas volcánicas y tobas, separadas por paleo - suelos que podrían indicar diferentes secuencias volcánicas correlacionables en edad con las rocas extrusivas del Mioceno Medio y Tardío.

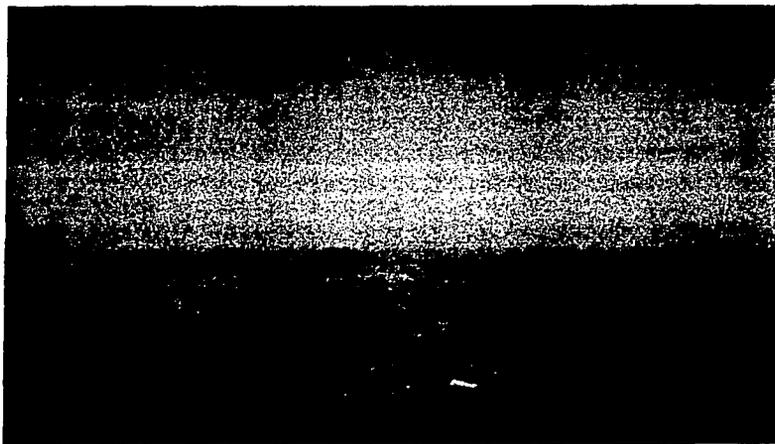
Las formaciones superiores del Grupo Pachuca (Cerezo y Tezuantla) consisten en brechas volcánicas, lavas y depósitos piroclásticos de composición que varía de dacita a riolita. Tomando en cuenta la discordancia entre las rocas volcánicas antes descritas y las características de las rocas de esta unidad, se considera que son contemporáneas de las rocas volcánicas del Plioceno Temprano, por medio de estudios radiométricos la edad de este grupo se considera como Oligoceno Medio-Tardío al Plioceno Temprano (Geyne *et al*; 1963).

#### *Rocas extrusivas del Mioceno Medio y Tardío*

Sus afloramientos se distribuyen en la parte externa de la cuenca en áreas pequeñas, en la mayoría de los casos por encontrarse cubiertas por los materiales volcánicos más recientes. En la porción sur de la cuenca se encuentran principalmente en los cerros El Elefante, El Judío, Los Remedios, El Peñón de los Baños, la base de la Sierra Guadalupe, la base de la Sierra de Las Cruces, el Cerro de Patachique y en algunos otros afloramientos en el norte de Texcoco; hacia el norte de la Cuenca se encuentran ampliamente distribuidas en pequeños afloramientos, entre los que destacan la base de la Sierra de Tepoztlán, se incluyen también los depósitos de la Formación Tepoztlán de la sierra del mismo nombre y la Andesita Jalpan, de los Cerros Jalpan y Zincoque (Fries, op. cit., p. 103)

En tanto a la Formación Tepoztlán además de que se encuentran aflorando en la misma sierra, también se observan en los flancos suroriental, austral y suroccidental de la Cuenca de México. Estas rocas cubren discordantemente a las rocas volcánicas del Grupo Pachuca, Riolita Tilzapotla, además del Grupo Balsas y rocas de la Formación El Doctor. Litológicamente se tiene una secuencia de tobas, brechas volcánicas y lavas que en algunos lugares se encuentra interestratificada con brechas volcánicas; las lavas observadas son andesitas de lamprobolita, dacitas, tobas cristalinas andesíticas, el espesor de estas rocas es muy variado ya que muchos de los afloramientos se encuentran erosionados, pero aún así, se le ha estimado un espesor máximo de 1, 000 m. Las

características antes mencionadas indican que este conjunto de rocas extrusivas representan el inicio de la actividad magmática del CVT (Figura 2).



**Figura 2.** Aspecto del Cerro del Judío y de una ladera de la Sierra de las Cruces.

#### *Depósitos Volcánicos del Plioceno Temprano*

Se les denomina al conjunto de rocas extrusivas que presentan un segundo período magmático del CVT; se incluye en esta unidad por su posición estratigráfica, a la Toba Don Guinyó (Segerstrom, 1961). Localmente aflora en los flancos de la Sierra Las Cruces, Zempoala, Río Frio y en cerros aislados en el resto de la cuenca; también coronan las Sierras de Guadalupe y Tepoztlán; con respecto al Valle de México, sondeos realizados por (PEMEX, 1988 *in* Jaimes Palomera, *et al* 1989), encontraron esta unidad a profundidades comprendidas desde 315 a 648 y 550 a 1150 m; por otra parte, los afloramientos exponen espesores del orden de 650 m.

Esta unidad sobreyace por discordancia erosional a rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno y están cubiertas de la misma forma por unidades volcánicas del Plioceno Tardío y Cuaternario por la interpretación del subsuelo se infiere una relación interdigitada con depósitos piroclásticos y clásticos del Plioceno. Litológicamente la composición varía de andesita a dacita; las secuencias piroclásticas observadas generalmente no son consolidadas, constituyen tobas cristalinas, vítreas, líticas y pumíticas, tanto de flujo piroclástico como "surges" piroclásticos (*u Oleadas Piroclásticas se genera en una erupción cuando la atmósfera se satura de material arrojado por el volcán, ocasionando que inmediatamente después precipite en las laderas, acumulándose de manera estratificada*), las cuales se encuentran cubiertas por intercalaciones de derrames lávicos, brechas de flujo, los flujos lávicos máficos tienen exfoliación regular horizontal con vesículas alargadas en dirección del derrame, los más ácidos tienen incipiente estructura fluidal y los domos presentan bandeamiento fluidal

irregular, la base del Cerro Xicuco consta de ignimbritas riolíticas vítreas con lentes aplastados de obsidiana. Las relaciones estratigráficas anteriores sugieren una edad del Plioceno Temprano para éste grupo de rocas volcánicas.

### *Formación Otomí*

Se propone agrupar con el nombre de Formación Otomí a los productos volcánicos emitidos durante la parte más temprana del Plioceno Tardío, que se encuentra aflorando al occidente de la Cuenca de México, en lo que se conoce como la Sierra de Monte Alto, se le asigna como sección de referencia los afloramientos que se encuentran a partir del poblado de Santa María Mazantla, en el trayecto de la carretera que va de Naucalpan a Jiquipilco; otro afloramiento es el que se localiza cercano al Centro Ceremonial Otomí, del que toma su nombre la unidad, la cual se ubica en la parte alta de la sierra hasta el Valle de Toluca.

Litológicamente se caracteriza por la presencia de depósitos piroclásticos que se presentan como flujos lobulados, que consisten en secuencias de "surges" de cristales, seguidos por flujos piroclásticos de ceniza ya sea cristalina o vítrea, en algunos casos están separados por paleo - suelos, también se encontraron brechas volcánicas; la mayor parte de estos depósitos se encuentran invariablemente cubiertas por depósitos de ceniza vítrea - ignimbriticas, con abundantes líticos accidentales, las lavas de esta unidad solamente se encuentran aflorando en las regiones altas de la Sierra de Monte Alto, en las que son características las intercalaciones de brecha volcánica y coladas de lava, la composición varía de andesita a dacita. El espesor máximo que se le estima a esta unidad es de 1, 300 m en el Cerro de La Paloma, esta unidad cubre discordantemente a las rocas volcánicas del Plioceno Temprano y se encuentran cubiertas discordantemente por la Formación las Cruces, con base a sus relaciones estratigráficas, se le considera una edad Plioceno Tardío (Jaimes Palomera, op. cit., p. 150).

### *Rocas Volcánicas Máficas del Plioceno Tardío*

Se les denomina a las rocas máficas que se encuentran ampliamente distribuidos en la región norte de la Cuenca de México, formando mesetas de lava y conos aislados. Dichas rocas máficas yacen discordantemente sobre las formación Zumate, formaciones del Grupo Pachuca y en algunos sitios cubren a las rocas de la Formación El Doctor con marcada discordancia angular, hacia las partes occidentales de la Cuenca se interdigitan con el Grupo Tarango. Litológicamente están constituidos por derrames de lavas interestratificadas, en ocasiones, con capas de poco espesor de brechas volcánicas y/o con piroclastos pertenecientes a los depósitos piroclásticos y clastos aluviales del Plioceno; su composición varía de basáltica a andesítica. El espesor máximo medido en la región de Pachuca no sobrepasa a los 300 m; a esta unidad se le ha propuesto

irregular, la base del Cerro Xicuco consta de ignimbritas riolíticas vítreas con lentes aplastados de obsidiana. Las relaciones estratigráficas anteriores sugieren una edad del Plioceno Temprano para éste grupo de rocas volcánicas.

### *Formación Otomí*

Se propone agrupar con el nombre de Formación Otomí a los productos volcánicos emitidos durante la parte más temprana del Plioceno Tardío, que se encuentra aflorando al occidente de la Cuenca de México, en lo que se conoce como la Sierra de Monte Alto, se le asigna como sección de referencia los afloramientos que se encuentran a partir del poblado de Santa María Mazantla, en el trayecto de la carretera que va de Naucalpan a Jiquipilco; otro afloramiento es el que se localiza cercano al Centro Ceremonial Otomí, del que toma su nombre la unidad, la cual se ubica en la parte alta de la sierra hasta el Valle de Toluca.

Litológicamente se caracteriza por la presencia de depósitos piroclásticos que se presentan como flujos lobulados, que consisten en secuencias de "surges" de cristales, seguidos por flujos piroclásticos de ceniza ya sea cristalina o vítrea, en algunos casos están separados por paleo - suelos, también se encontraron brechas volcánicas; la mayor parte de estos depósitos se encuentran invariablemente cubiertas por depósitos de ceniza vítrea - ignimbriticas, con abundantes líticos accidentales, las lavas de esta unidad solamente se encuentran aflorando en las regiones altas de la Sierra de Monte Alto, en las que son características las intercalaciones de brecha volcánica y coladas de lava, la composición varía de andesita a dacita. El espesor máximo que se le estima a esta unidad es de 1, 300 m en el Cerro de La Paloma, esta unidad cubre discordantemente a las rocas volcánicas del Plioceno Temprano y se encuentran cubiertas discordantemente por la Formación las Cruces, con base a sus relaciones estratigráficas, se le considera una edad Plioceno Tardío (Jaimes Palomera, op. cit., p. 150).

### *Rocas Volcánicas Máficas del Plioceno Tardío*

Se les denomina a las rocas máficas que se encuentran ampliamente distribuidos en la región norte de la Cuenca de México, formando mesetas de lava y conos aislados. Dichas rocas máficas yacen discordantemente sobre las formación Zumate, formaciones del Grupo Pachuca y en algunos sitios cubren a las rocas de la Formación El Doctor con marcada discordancia angular, hacia las partes occidentales de la Cuenca se interdigitan con el Grupo Tarango. Litológicamente están constituidos por derrames de lavas interestratificadas, en ocasiones, con capas de poco espesor de brechas volcánicas y/o con piroclastos pertenecientes a los depósitos piroclásticos y clastos aluviales del Plioceno; su composición varía de basáltica a andesítica. El espesor máximo medido en la región de Pachuca no sobrepasa a los 300 m; a esta unidad se le ha propuesto

una edad del Plioceno Tardío a la parte más Temprana del Pleistoceno (Jaimes Palomera, op. cit., p. 152).

### *Formación Las Cruces*

La Formación Las Cruces aflora en el límite suroccidental de la Cuenca de México, en donde una cadena de estratovolcánes cuyas características morfológicas y variación de edades del más antiguo a lo más reciente va de norte a sur, junto con sus depósitos piroclásticos; se orientan de NNW a SSE, y dividen las Cuencas de México y del Río Lerma. La localidad tipo se encuentra en la parte superior del Río Magdalena, al poniente de Contreras, otros afloramientos se observan en el tramo Desierto de los Leones – La Marquesa, carretera Naucalpan – Jiquipilco, Naucalpan – Cuajimalpa; esta formación cubre con discordancia a rocas extrusivas del Mioceno Medio – Tardío y las rocas volcánicas del Plioceno temprano y se encuentra cubierta a su vez por depósitos aluviales y lacustres del Cuaternario, así como por derrames lávicos y piroclásticos de la Formación Chichinautzin y Depósitos fluvio-aluviales del Grupo Tarango. Litológicamente esta unidad consiste en pómez pliniana, secuencias de *surges* planares y/o masivos, cristalinos, vítreos, cubiertas por flujos piroclásticos generalmente no soldados, cenizas. El espesor de esta unidad es variable debido a su naturaleza; no obstante, se le estimó un espesor máximo en el Cerro de San Miguel de 990 m. Estudios radiométricos han sugerido que esta formación representa el vulcanismo del Plioceno Tardío en la Cuenca de México (Schlaepfer, 1968), aunque recientemente se le asignó por el método de K-Ar una edad de entre 1.79 +/- 0.1 Ma. y 2.87 +/- 0.15 Ma. (Delgado Granados *et al*; 1993) (Figura 3).



Figura 3. Aspecto de la Formación las Cruces.

### *Formación Zempoala*

La Formación Zempoala es el conjunto de productos volcánicos de dos centros eruptivos alineados en dirección norte-sur, que se presenta en la parte suroccidental del área de estudio, se cree que posiblemente sea contemporáneo del vulcanismo de la Formación Las Cruces.

Esta formación, en la parte norte, es una secuencia de lavas andesíticas y depósitos piroclásticos, entre los que se han identificado flujos de ceniza y brechas volcánicas. En la parte sur las lavas son muy escasas y es fácil confundirlas con grandes bloques dentro de las brechas volcánicas, las cuales son el depósito más común en los alrededores de la Laguna de Zempoala, únicamente en el cerro Zempoala y sus alrededores es posible encontrar lavas y domos poco extensos en lo que se considera el centro de la erupción meridional de esta unidad, la formación Zempoala cubre discordantemente los depósitos volcánicos del Plioceno, las rocas extrusivas del Mioceno Medio al Mioceno Tardío, discordante también se encuentra sobreyacida por la Formación Chichinautzin e interdigitada con los productos piroclásticos y clásticos del Plioceno en la región del Valle de Cuernavaca.

El espesor aflorante máximo que se le estima es de 100 m en el Cerro Zempoala. Por la similitud con el vulcanismo de la Formación las Cruces se considera que su edad corresponde al Plioceno Tardío (De Cserna, op. cit., p. 16).

### *Riolita Navajas*

La Riolita Navajas aflora en la parte nororiental de la Cuenca de México y localmente en el Cerro de Las Navajas, al oriente del Distrito Minero Pachuca - Real Del Monte, descansa discordantemente sobre las diversas formaciones del Grupo Pachuca y rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno; esta formación se encuentra cubierta al poniente por La Traquita Guajolote.

Litológicamente consiste de una secuencia riolítica de derrames lávicos, capas de brecha, toba y por depósitos de aludes ardientes, todos interestratificados entre sí y con cantidades menores de material volcánico epiclástico, el espesor de la formación es de 500 m aunque se cree que el espesor original fue mayor quizás hasta 300 m. Se le asigna una edad del Plioceno Tardío (Geyne, op cit., p. 54).

## *Depósitos Piroclásticos y Clásticos aluviales del Plioceno*

Se les designa con este nombre a los depósitos no diferenciados, relacionados genéticamente con la actividad piroclástica y fluvial de todo el Plioceno, estos depósitos afloran al poniente de Cuautla, en el sector septentrional de la cuenca, en donde se reconocieron formando extensas llanuras y pie de monte aluviales. El espesor máximo es de 400 m y litológicamente consta de gravas, arenas, limos y arcillas de constitución volcánica; que fueron acumulados fluvialmente en amplios Valles socavados en rocas preexistentes y están interdigitados con rocas volcánicas, localmente se intercalan, tobas de grano fino y lapillicas pumíticas e igualmente se tiene tierra diatomácea, arcilla, caliza lacustre y travertino, relacionados con manantiales termales en la zona de Ajacuba Hgo. y al oriente de Tula.

En el subsuelo de la porción meridional de la Cuenca dichos depósitos constan de tobas, brechas volcánicas y aglomerados, con horizontes de conglomerados, y arena que se encuentran cubiertos por aluvión Cuaternario; están acumulados en fosas tectónicas (Graben de Chalco) y rellenando amplios valles, su espesor máximo es de 750 m, el cual se encuentra al centro de estas depresiones y se adelgaza hacia las márgenes y hacia la zona de interdigitación con unidades volcánicas de todo el Plioceno (Sánchez-Díaz, 1989).

### *Grupo Tarango*

La Formación Tarango fue modificada por Enciso-De la Vega, 1992, como **Grupo Tarango** con la finalidad de agrupar a todas las rocas del Plioceno y anteriores al Holoceno, que se encuentran ampliamente distribuidas en toda la Cuenca de México, se incluyen en este grupo a las formaciones Llano Grande y El Pino, de Vázquez - Sánchez y Jaimes Palomera (1989), y a las formaciones Tlálac e Iztaccihuatl, de Schlaepfer (1968), así como a la riodacita y a la Formación Tarango de Bryan (1948).

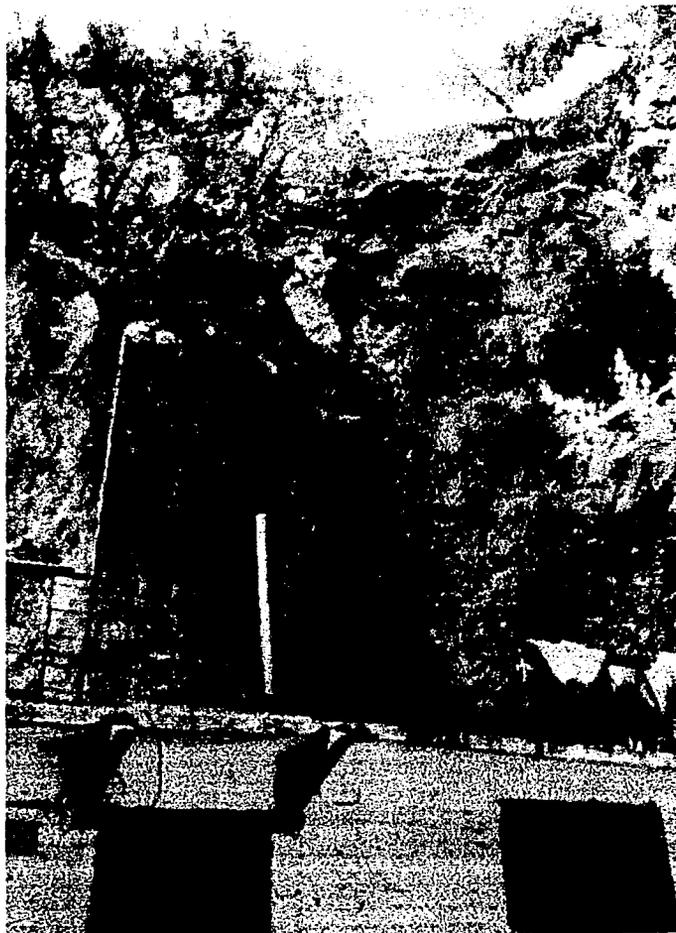
Este grupo aflora al pie de las sierras que circundan a la Cuenca de México, se identifica como depósitos de abanicos aluviales, lahares, tobas, aglomerados, intercalados con capas de pómez, cenizas en la parte superior, suelos tobáceos y pumíticos derivados de lluvias de cenizas, gravas y arenas de origen fluvial en la parte inferior. Se reconoce su localidad tipo al suroeste de la Ciudad de México (Bryan, 1948 *in* Sánchez Díaz, 1989).

De acuerdo a la naturaleza de su origen y composición se ha reconocido de la siguiente manera:

- Al pie de en la parte noroccidental de la Sierra Nevada, localizada a lo largo de las Cañadas "El Agua y Cosa Mala", está cubierta discordantemente por las Formaciones Telapón y Chichinautzin; cubren de la misma forma a rocas volcánicas de la Riolita Tilzapotla. Litológicamente consta de capas delgadas

de lapilli pumítico y lítico de caída, "surges" laminares, flujos de cenizas y brechas soldadas de flujo; cubiertos a su vez por derrames lávicos, que varía de andesita a riódacita.

- Agrupando a las rocas volcánicas máficas que forman los cerros de La Estrella, El Pino, Chimalhuacán, Chiconautla, Gordo, Peñón del Marqués, así como los campos volcánicos Tezontepec-Otumba. Litológicamente se identifica por amplias coladas de lava, cuya composición varía de andesita a basalto principalmente en bloques, con intercalaciones delgadas de tefra no consolidada, lapilli y escoria de tamaño lapillo; se encuentra cubierta en discordancia angular por la Formación Chichinautzin, el espesor máximo es de 750 m, que se presenta en los centros eruptivos y se acuña hacia la periferia.
- Se encuentra aflorando en el flanco oeste de la sierra de Río Frío, además de las Cañadas de El Muerto, El Partidor y Los Pilares, interdigitándose con los dos puntos antes descritos; esta cubierta aparentemente en discordancia por la Formación Chichinautzin y lavas del Iztaccihuatl, el espesor aproximado aflorante es de 1, 800 m, en el centro de la sierra y se acuña hacia los alrededores. Litológicamente consta de coladas de lava andesítica, latítica y dacítica.
- Agrupando a las rocas de los volcanes de Llano Grande, Iztaccihuatl y Nexpayantla (White, 1956) antecesor del volcán Popocatepetl, estas dos últimas son más semejantes litológicamente al volcán Ajusco, se puede reconocer en la parte superior de las Cañadas Cosa Mala, Alcalica y barranca Nexpayantla. Estas rocas son cubiertas con ligera discordancia por las Formaciones Chichinautzin y Popocatepetl; el espesor total se desconoce, no obstante los afloramientos en el volcán Iztaccihuatl exponen un espesor máximo aproximado de 2, 500 m. Litológicamente esta constituida por varias secuencias principalmente efusivas, cuya composición varía de andesita basáltica a dacita; las secuencias se iniciaron con derrames lávicos y finalizaron con extrusiones dómicas.
- Al pie de la Sierra de las Cruces, desde la región norte de Cuajimalpa hasta la parte occidental de San Pedro Atlapulco, al sur de la Marquesa (Figura 4).



**Figura 4.** *Aspecto de un derrame de lava alterado y fracturado perteneciente al Cerro Peñón del Marqués y que forma parte del Grupo Tarango.*

## *Formación Popocatepetl*

La Formación Popocatepetl edifica al estratovolcán Popocatepetl en el extremo suroriental de la región de estudio. Esta conformado por las siguientes cuatro secuencias eruptivas.

1.-Se inicia con un "blast" piroclástico de 8 m de espesor, constituido por "surges" planares ricos en cristales y líticos accidentales de tamaño ceniza y lapilli; contiene además bloques lávicos imbricados no clasificados, el "blast" precede a una brecha volcánica de avalancha, la cual fue esparcida hacia el flanco meridional de dicho volcán; este flujo de detritos presenta alteración fumarólica y se expresa superficialmente en forma de "Hummock" (jorobas). Se tiene espesores que varían de entre 200 y 450 m y volúmenes entre 28 y 30 km<sup>3</sup>, representan sucesiones piroclástica de eventos plinianos formados por lapillis de pómez y de líticos que algunas partes exhiben gradación inversa y espesor hasta de dos metros.

2.-La segunda secuencia es netamente efusiva y consiste en andesitas ricas en olivino.

3.-La tercera secuencia la forma el volcán noroccidental "El Fraile", la cual se inicia con efusiones andesíticas y prosigue con tres periodos explosivos, los cuales tienen principalmente pómez y cenizas plinianas, "surges", flujos no soldados de cenizas con bloques pumíticos de composición mixta, andesítica y dacítica, lo que indica mezcla de magmas.

4.-El cuarto periodo eruptivo aún activo, construyó el cono terminal durante 3, 800 a 900 años; inicialmente fue efusivo y posteriormente explosivo, con sucesiones piroclásticas parecidas a las del volcán El Fraile, pero con mayor contenido de derrames lávicos intercalados, se le da un espesor aproximado con base a las altitudes de los afloramientos de 350 m. La Formación Popocatepetl cubre discordantemente la porción meridional de la Formación Iztaccíhuatl, se interdigita hacia el poniente con la Formación Chichinautzin, ya que son contemporáneos, igualmente se interdigita con clastos fluviales hacia las llanuras aluviales de Cuautla y Amecameca. Se le propone una edad de Pleistoceno Tardío-Holoceno (Carrasco, 1985) (Figura 5).



**Figura 5.** *Vista panorámica del volcán Popocatépetl.*

### *Formación Chichinautzin*

Se propone aplicar este nombre a todo el vulcanismo monogenético principalmente estromboliano en la región de la Cuenca de México; los afloramientos de esta formación se encuentran ampliamente distribuidos en toda la región, los más significativos se localizan en la porción meridional del área, en donde alcanzan los mayores espesores, así como también en la parte nororiental; del área, esta unidad se ha encontrado en el subsuelo del Valle de México, en numerosos pozos para extraer agua, en perforaciones para piezómetros y en sondeos geofísicos. Esta unidad cubre discordantemente casi todas las unidades Cretácicas y del Terciario; en algunos sitios cubre discordantemente al Grupo Tarango y se encuentra interdigitada con depósitos lacustres y aluvión. Litológicamente está constituida por lavas, que en general son muy extensas, vesiculares, masivas o lajadas y son los productos más abundantes de esta unidad, la composición principal es andesítico-basáltico y andesita, el espesor varía de un lugar a otro, no obstante el espesor máximo que se le ha asignado, es de 1, 800 m, según Mooser (1974) presenta polaridad magnética normal (Brunhes, éste término se refiere a la Escala Geomagnética de Polaridad) y se le asignaron una edad más reciente de 38, 590 +/- 3, 210 y 8, 440 +/- 70 años (Jaimes Palomera, op. cit., p. 166) (Figura 6).



**Figura 6.** Aspecto de un derrame de lava andesítica que forma parte de la Sierra Chichinautzin.

### *Depósitos Aluviales*

Se le denomina de esta manera al material clástico acumulado penecontemporáneamente con sedimentos lacustres y depósitos volcánicos del cuaternario, existiendo relación con períodos glaciares y postglaciares del Pleistoceno-Holoceno y/ o Afloran formando llanuras aluviales al norte y sur de la región; en el subsuelo de la porción meridional, se encuentran extensamente distribuidos rellenando amplios valles socavados en depósitos piroclásticos y clásticos del Plioceno, así como depresiones tectónicas como el Graben de Chalco, los espesores máximos son de alrededor de 500 m, se encuentran al centro de las depresiones y se adelgazan hacia las márgenes de la llanura.

En la zona norte y sur se incluye material poco consolidado, compuesto por fragmentos de tamaño de grava, arena, además de loess y travertino. En los pozos Mixhuca 1, Tuyehualco 1 y Roma 1, a las profundidades respectivas de 74 a 330, 167 a 520 y 300 a 550 m, penetraron conglomerados y brechas con intercalaciones de arcillas, tobas e inclusive derrames lávicos basálticos y andesíticos. En el valle localizado al suroeste de Pachuca, los pozos para explotación de agua igualmente atravesaron derrames lávicos basálticos intercalados con aluvión, por otra parte a profundidades entre 80 y 480 m, se perforaron arenas, limos y arcillas con intercalaciones de tobas de grano fino y lapillicas y hacia la base de este intervalo de profundidad se encontraron margas y calizas lacustres, lo cual indicaría el tiempo de depósito aluvial y piroclástico entre el Plioceno y el Pleistoceno.

Esta acumulación descansa ampliamente por discordancia, sobre los depósitos piroclásticos y clásticos del Plioceno y localmente en la misma forma, sobre las secuencias volcánicas más antiguas y sedimentarias del Cretácico. Probablemente debido a su edad cuaternaria se interdigitan con las formaciones volcánicas de la misma edad, siendo su contacto concordante e interdigitado con los sedimentos lacustres. La acumulación de grandes espesores de aluvión se puede explicar debido a un bloqueo del desagüe, causado por el emplazamiento de derrames lávicos y/o por fallamiento normal de edad Cuaternaria que favorecieron los cambios en la velocidad y dirección de los cauces fluviales; con la consecuente distinta distribución del tamaño de grava en estos depósitos (Jaimes Palomera, op. cit., p. 162 - 165).

### *Depósitos Lacustres*

Se agrupan en esta unidad los sedimentos clásticos y productos piroclásticos relacionados con la actividad volcánica del estratovolcán Popocatepetl y de la Sierra Chichinautzin, los cuales se depositaron en un ambiente lacustre. Estos depósitos formaron una gran altiplanicie lacustre, extendida, con una altitud promedio de 2, 200 m, desde Zumpango hasta Chalco y desde Texcoco hasta El Cerro de Chapultepec. Los espesores varían entre 30 y 300 m, los mayores se presentan en los centros de las planicies de la Ciudad de México, Texcoco y Chalco, disminuyendo hacia las márgenes de las planicies, los cortes litológicos, ubicados en el borde norte de la Sierra de Chichinautzin y alrededor de la Sierra de Santa Catarina, así como los localizados en los márgenes de las planicies lacustres, muestran que los depósitos lacustres se encuentran interdigitados con la Formación Chichinautzin y con los depósitos aluviales. El rango de edades (4, 800 a 46, 000 años), obtenidos por el método de  $^{14}\text{C}$ , implican un tiempo de formación durante el Pleistoceno Tardío al Holoceno. El origen de los depósitos lacustres esta íntimamente relacionado con la obstrucción definitiva del desagüe de la Cuenca de México, causado por la intensa actividad volcánica que edificó la Sierra Chichinautzin. Por otro lado, la presencia de paleo - suelos, sedimentos evaporíticos y tobas consolidadas sugieren climas húmedos y áridos (Jaimes Palomera, op. cit., p. 166) (Figura 7).



**Figura 7.** Panorámica que ilustra el aspecto de los depósitos lacustres correspondientes al Lago de Texcoco.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	(1) PISO	Ma	2		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		0.01	LACUSTRE F. CHICH- NALITZIL F. POPO- CATEPETL		
		PLEISTOCENO	CALABRIANO		ALUVION GRUPO TARANGO		
	NEÓGENO	PLIOCENO	GELASIANO		1.75	PROCLASTOS Y CLASTOS NO DIFERENCIADOS REGION VOLCANICA MEXICO	
			PIACENZIANO				
			ZANCLEANIANO				
	PALEÓGENO	MIOCENO	MESSINIANO		5.3	RIOLITA NAVALIAS	
			TORTONIANO			FORMACIÓN LAS CRUCES FORMACIÓN ZEMPOALA	
			SERRAVALLIANO			FORMACIÓN OTOMÍ	
			LANGHIANO			DEPOSITOS VOLCANICOS	
			BURDIGALIANO				
		AQUITANIANO			ROCAS EXTRUSIVAS FORMACIÓN TEPOZTLÁN		
		OLIGOCENO	CHATIANO		23.5	ROCAS VOLCANICAS RIOLITA TILZAPOTLA	
			RUPELIANO		33.7		
		EOCENO	PRIABONIANO				GRUPO BALSAS
			BARTONIANO				
	LUTETIANO						
	PALEOCENO	YPRESIANO					
		THANETIANO		54			
		SELANDRIANO					
		DANIANO		66			
MESOZOICO	CRETÁCICO	Maastrichtiano					
		Campaniano			Formación Mexcala		
		Santoniano			Formación Cuscuta		
		Coniaciano			Formación Morelos		
		Turoniano			Formación Xochicalco		
		Canomaniense					
		Albano					
		Aptiano					
		Barremiano					
		Hauteriviense					
Valanginiense							
Berriasiense							
			MECOMIANO				
					GRUPO PACHUCA		

1 Modificada de International Stratigraphic Chart, 1986.

2 Columna estratigráfica de el área de la Cuenca de México, modificada de Schläepfer, J.C. 1968 y Jaimes Palomera et al; 1989.

UNAM	Facultad de Ingeniería
Tesis Profesional	
Columna estratigráfica de la Cuenca de México	
Figura 8	
Nelly Ivonne Valencia Guzmán	2002

## III.2 Geología Estructural

Debido a la complejidad geológica de la Cuenca de México de la que es parte el área de estudio, es necesario hacer una generalización de los eventos estructurales, tomando en cuenta el tiempo en el que se fue formando, además de considerar todos los eventos tectónicos que la modificaron.

De ello han quedado algunos vestigios, los cuales han sido aprovechados para obtener mayor información acerca de su origen, por medio de estudios más específicos como geofísicos, geohidrológicos y datación de elementos; logrando de esta manera profundizar la interpretación y diferenciación de todos de rasgos estructurales mayores, que afectaron a más de una formación o unidad litológica.

A continuación se describirán los rasgos estructurales más sobresalientes que afectaron regionalmente la Cuenca de México.

De las estructuras más sobresalientes reconocidas en la cuenca, son los pliegues que se encuentran en las rocas Cretácicas, como el anticlinal de Ticomán que tiene más de 40 km de longitud; estos pliegues a su vez están afectados por fallas, lo cual provocó la formación de depresiones locales endorreicas, producto del fallamiento en bloques distensivos de la secuencia calcárea cretácica (Fries, op. cit., p. 148).

Durante el Mioceno Inferior-Medio, en la cuenca hubo reactivación tectónica, con el consecuente fracturamiento y fallamiento de la misma, los sistemas estructurales que se presentaron son conjugados con orientación NE-SW y NW-SE, probablemente generados por los esfuerzos compresivos de la placa de cocos, el fallamiento noreste-suroeste está representado por la falla Apan-Tláloc que incide en el extremo sur del Tepozteco; el otro sistema estructural sureste-noroeste corresponde a los alineamientos Popocatépetl-Cerro de los Pitos-Cerro de Chimalhuacán y Sierra de Guadalupe, que a su vez son acompañados por una serie de fallas normales con longitud promedio de 4 km y saltos hacia el poniente que varían de 1, 650 a 2, 050 metros, buzan en dirección indefinida y tienen ángulos de echado grandes, que varían de 60° a 80°; algunas de estas fallas forman pequeños grabens, como el de Copilco, con orientación N-S, y salto de 130 m de corta extensión; dos fallas de corta longitud, N-S y salto de unos 30 m, formando el graben de la colonia Narvarte (Aguayo y Marín, 1987).

En el Plioceno, nuevamente existió una fuerte reactivación tectónica dando lugar a un sistema de fallas y fracturas conjugado con una orientación preferencial NW-SE y NE-SW, formando fosas y pilares, la primera orientación del fallamiento incide en la Sierra de Salazar, mientras el segundo afecta a la Sierra de Las Palmas en el poniente de la Cuenca, que aflora en la barranca de Contreras, en esta barranca se encuentra la Falla de Contreras, localizada a lo largo del río Magdalena, que se presenta como un alineamiento con longitud superficial de unos 15 km y dirección de N 55° E.

Localmente en la zona del Cuarto Dinamo se tiene un contacto entre rocas volcánicas andesita y dacita con dirección de N 40 - 45° E, que corresponde a una falla de desplazamiento vertical aparente con el bloque hundido en el sureste (De Cserna op. cit., p. 39).

Hacia el Plioceno Tardío y Cuaternario, continuando la misma actividad tectónica, se propició la formación de otro sistema de fallamiento y fracturamiento con orientación preferencial este-oeste, siendo más notable, en la zona de la Malinche, al norte de Puebla, Tlaxcala y en el Nevado de Toluca, presentando estos rasgos estructurales una extensión de por lo menos 2 km de longitud y desplazamientos de hasta 800 m, alineándose regionalmente hacia el poniente con los volcanes de la Sierra de Rio Frio-Llano Grande-Iztaccíuhatl, los nuevos sistemas de fracturamiento tuvieron flexión con dirección oeste-suroeste y este-noreste el primer sistema esta representado por la sierra del Ajusco así como los pequeños conos alineados que forman las Sierras de Santa Catarina y la Sierra de Chichinautzin, a demás del alineamiento de los conos de escoria que representan los cerros La Estrella, Peñón del Marqués y Chimalhuacán, los cuales se alinean en la superficie con la falla inferida de Contreras; siguiendo el alineamiento al sur de Topilejo de conos cineríticos y rasgos de efusiones fisurales, como el cono de escoria del Cerro Tehutil.

Localmente en el área localizada al sureste de Coatepec y noreste de Chalco, en la región limítrofe sureste de la Cuenca de México, se localizaron cuatro fallas mayores burdamente paralelas entre sí, cuyo rumbo general es de N 70 - 75° E. La Falla Mirador con longitud de 10 km, la Falla Cañada con 7 km de longitud, la Falla Tezoyo con 5 km de longitud y finalmente la Falla El Olivar con 9 km de longitud.

Estas fallas mayores muestran desplazamientos verticales aparentes, por la posición estructural y topográfica de las unidades litológicas en ambos lados de ellas, afectando principalmente depósitos volcanoclásticos correlacionables con el Grupo Tarango (De Cserna op. cit., p. 44).

Por otra parte, regionalmente se han encontrado 16 fallas principales, que inciden en el interior de la Cuenca de México, todas ellas distensivas y con rumbo NE 45°-55° SW, delimitando a 15 bloques estructurales mayores, la separación promedio entre fallas es de unos 6 km y se manifiestan afectando a los sistemas de fallas norte-sur y oriente-poniente, así como a las estructuras NW-SE del Mioceno y a los estratos del Plio-Cuaternario (Aguayo *et al*; 1989).

Entre estas fallas se mencionan 6 fallas principales que son las de mayor importancia.

Las primeras denominadas por Aguayo (op. cit.) 12 y 13, que conforman un graben, el cual incide en la Sierra de las Cruces hacia el suroeste y continúa hacia el noreste hacia el Valle de Tizayuca y al poblado de Pachuquilla, Hgo. Este graben al cruzar la zona distensiva orientada NW - SE forma la Laguna de Zumpango.

Las fallas 8 y 9, el sector entre estas fallas también conforman un graben, en el que se sitúan los poblados de San Mateo Tlaltenango, San Bartola Ameyalco y Contreras; hacia el noreste afectan a las colonias: Nápoles, Del Valle, Narvarte, Roma, Doctores, Juárez y Cuahutemoc y otras adyacentes, el graben continúa hacia el noreste hasta el poblado de Singuilucan, Hgo. Esta estructura geológica cruza la zona distensiva NW- SE, formando la depresión en la que se encuentra el Lago de Texcoco.

Por último el sector entre las fallas 5 y 7, en el que se sitúan Milpa Alta, el pueblo del Ajusco y poblado de Tláhuac; hacia el noreste incide en Chalco, Laguna de las Animas y el poblado de Huehuetoca, por otra parte cruza al cerro El Pino, al poblado de Emiliano Zapata y la Laguna de Apan y finalmente la laguna de Tecomulco. Esta estructura geológica cruza también la zona distensiva NW - SE formando la depresión conocida como Chalco, en donde existe un espesor considerable de sedimentos lacustres de aproximadamente 500 m.

### III.2 Geología Histórica

Como primer evento geológico registrado en la región fue el depósito de las rocas marinas del Cretácico que son la base de la secuencia volcánica y sedimentaria continental del Terciario y Cuaternario de la Cuenca de México.

Durante el Aptiano al Cenomaniano Temprano, tuvo lugar el depósito de la Formaciones Xochicalco seguida, de la Formación Morelos, en una facies marina somera (plataforma), a mediados del Cenomaniano, la región emergió siendo emplazada por varios troncos graníticos (Buenavista, Coxcatlán y Colotepec), las capas de rocas calcáreas se plegaron producto de esfuerzos compresivos que produjeron fracturamiento en bloques, formando fosas tectónicas. Una laguna de duración desconocida, que probablemente se extendió cuando menos al principio del Turoniano, separa la formación Cuautla.

Hacia finales del Turoniano un cambio de sedimentación interrumpió la acumulación de la caliza, iniciando el depósito de lodo, limo, arena y conglomerado que ahora constituyen la Formación Mexcala, prosiguió un periodo de deformación, levantamiento y posteriormente vulcanismo, comenzando hacia el final del Cenomaniano, el cual se manifestó por el influjo de material clástico, encima de la caliza Cuautla, el cese del depósito de la formación Mexcala corresponde al Coniaciano Tardío-Campaniano Temprano.

Hacia finales del Cretácico la región quedó expuesta a la erosión subaérea y no volvió a sumergirse, la erosión se intensificó, en las cimas de los anticlinales, provocando que el desagüe de la región fuera endorréico hasta la parte tardía del Eoceno, con la consiguiente acumulación de enormes cantidades de material piroclástico de tamaños variables desde el conglomerado hasta lodo fino y localmente aún caliza y yeso, que constituyen el Grupo Balsas. Simultáneamente

con el fallamiento en bloques y el depósito del material clástico tuvo lugar la extrusión de lavas máficas, agregando corrientes lávicas, brechas volcánicas y material tobáceo, el fallamiento disminuyó gradualmente hacia principios del Oligoceno, permitiendo el restablecimiento del régimen exorréico y originando el cese del depósito del Grupo Balsas. A medida que el depósito del Grupo Balsas cesa, comenzó el vulcanismo riolítico hacia final del Oligoceno en toda la Cuenca de México, lo cual vino acompañada por una gran producción de riolita dando nombre a la Riolita Tilzapotla, el vulcanismo riolítico fue seguido por la extrusión de toba, brecha y corrientes andesítica para formar el grupo de rocas extrusivas del Mioceno. Las erupciones no solo consistieron en andesita si no también, comprendieron basalto, dacita y aún riolita en la parte superior de la sucesión; en el borde surponiente de la cuenca, la extrusión de rocas andesitas tuvo lugar simultáneamente, con las rocas extrusivas del Mioceno y hacia el final del Oligoceno tuvo lugar la acumulación de la Formación Tepoztlán.

El vulcanismo andesítico continuó hasta la primera parte del Plioceno, acumulando la andesita Zempoala, se renovó el fallamiento después de la acumulación de las rocas volcánicas miocénicas de composición intermedia, lo cual contribuyó al depósito de grandes volúmenes de material máfico arrojado de los centros volcánicos del Nevado de Toluca, Popocatépetl, Sierra de Chichinautzin e Iztaccíhuatl, que originó el embalse del Valle de México hacia el sur, originándose la Cuenca de México, y posteriormente se acumularon potentes aluviones y sedimentos lacustres, intercalados con horizontes de fragmentos derivados de la continua actividad volcánica.

A finales del Holoceno al quedar cerrada la Cuenca de México, las aguas pluviales ya no tuvieron salida y comenzaron a formar los lagos de México, como los de Zumpango, Xaltocan, San Cristóbal y otros más pequeños (Martínez Rodríguez E., 1987).

#### **IV.- Métodos de laboratorios**

Actualmente para la realización de estudios a detalle, se cuenta con una gran variedad de herramientas, en las que se puede bien mencionar, los análisis, los cuales además de prácticos, son muy loables, según la especialidad en que se requieran.

En geología se ha complementado mucha de la información, gracias a la gran variedad de análisis como: sedimentológicos, químicos, paleontológicos, petrográficos, geoquímicos, palinológicos, entre otros; que han proporcionado mayor detalle logrando cuantificar y clasificar con exactitud muchos de los parámetros que a simple vista no se pueden observar.

Para el desarrollo del siguiente capítulo, se utilizó la información, de los análisis realizados en 7 pozos, contemplados en el convenio llevado a cabo, entre el Instituto de Geología de la UNAM y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGOH), en los años 1999 -2000.

Se realizaron en este estudio los siguientes análisis:

- Análisis sedimentológicos, que permite reconstruir los paleoambientes sedimentarios, por medio de diferentes técnicas sedimentológicas como son: el análisis de partículas sedimentarias, distinción de la forma, esfericidad y redondez de partículas sedimentarias, técnicas de separación de sedimentos y partículas, por medio de análisis por tamices, análisis por tubo de sedimentación, análisis por pipeta.
- Análisis petrográficos son un apoyo para la identificación de rocas por medio de la descripción megascópica y microscópica de muestras de rocas y sedimentos, lo que permite determinar y cuantificar la muestra por medio de su mineralogía, textura, fábrica y matriz, dando de esta manera con exactitud su nombre y origen.
- Análisis geoquímicos son un apoyo clave para la identificación y cuantificación de elementos químicos mayores, menores y traza en una roca y/o sedimento.

Estas determinaciones se sintetizan en las tablas siguientes y se incluyen con mayor detalle en el anexo 1.

**Tabla IV.1.1 Análisis Sedimentológicos.**

<b>Pozo</b>	<b>Profundidad en metros</b>	<b>N° de muestras analizadas</b>	<b>Tipo de material</b>
<b>Nahuatlacas</b>	0 - 12	2	ígneo extrusivo
	12 - 250	38	sedimentario
	<u>Total 250 m perforados</u>	<u>Total 40 muestras</u>	
<b>Av. Universidad</b>	0 - 170	13	sedimentario
	170 - 196	2	ígneo extrusivo
	196 - 286	3	sedimentario
	286 - 300	1	ígneo extrusivo
	<u>Total 300 m perforados</u>	<u>Total 17 muestras</u>	
<b>Parque de los Venados</b>	0 - 18	2	sedimentario
	18 - 30	sin muestra	-----
	30 - 40	1	sedimentario
	40 - 300	15	intercalación de material sedimentario con piroclástico.
	<u>Total 300 m perforados</u>	<u>Total 18 muestras</u>	
<b>Peñón N°2</b>	0 - 4	1	sedimentario
	10 - 18	1	piroclástico
	10 - 234	22	intercalación de material sedimentario con piroclástico.
	<u>Total 234 m perforados</u>	<u>Total 24 muestras</u>	
<b>Peñón N°4</b>	0 - 60	8	sedimentario
	60 - 240	sin muestra	-----
	240 - 252	2	ígneo extrusivo
	<u>Total 252 m perforados</u>	<u>Total 10 muestras</u>	
<b>Santa Catarina N°6</b>	0 - 332	39	ígneo extrusivo
	<u>Total 342 m perforados</u>	<u>Total 39 muestras</u>	
<b>Santa María Aztahuacán</b>	0 - 46	23	piroclástico
	<u>Total 46 m perforados</u>	<u>Total 23 muestras</u>	

**Tabla IV.2.1 Análisis Petrográficos**

Pozo	Profundidad en metros	N° de muestras analizadas	Clasificación
Santa Catarina N°6	190 - 198	2	flujo de lava de composición andesítica
	198 - 242	37	depósito piroclástico de composición andesítica.
	<i>Total 242 m perforados</i>	<i>Total 39 muestras</i>	

**Tabla IV.3.1 Análisis Geoquímicos**

Pozo	Profundidad en metros	N° de muestras analizadas	Mineral
Peñón N°2	0 - 234	1	Anortita, calcita, clorita, cristobalita, montmorillonita, vermiculita y ópalo.
	<i>Total 234 m perforados</i>	<i>Total 1 muestras</i>	

## V.- Geología del Área

### V.1 Correlación Litoestratigráfica

La Estratigrafía es una rama importante de la geología, cuyo principal objetivo es el estudio de la distribución de las rocas en el espacio y tiempo en la tierra.

De la estratigrafía se puede obtener información muy valiosa por medio de correlaciones estratigráficas de sitios próximos o lejanos.

El concepto de la palabra correlación significa la relación recíproca entre dos o más cosas, se establece si existe o no secuencias similares en litología y edad.

Este concepto se utilizó desde un principio para establecer la equivalencia de edad entre diferentes materiales, puesto que el tiempo es un parámetro básico para relacionar de forma recíproca todos los procesos de una cuenca sedimentaria, estableciendo de esta manera la base para estudios Paleogeográficos, Paleoambientales y Geológicos.

Debido al amplio sentido que encierran las correlaciones existen dos criterios principales para ellas, las Biológicas y las Físicas.

Las Correlaciones Biológicas o biocorrelaciones, se basan en el estudio de los fósiles que contienen los estratos.

Las Correlaciones Físicas o litocorrelaciones, están fundamentadas en las características litológicas de los materiales o propiedades que componen los estratos.

Para el presente trabajo se utilizó el criterio físico, describiendo las principales características observables de los materiales (color, forma, tamaño, tipo de material), en los cortes litológicos de los siguientes pozos perforados en el área de estudio (figura 9).

Se construyeron 7 secciones litoestratigráficas tomando como base para cada caso los siguientes pozos.

V.1.1, Pozos Sector Popular N° 4, Agrícola Oriental N° 5 y Agrícola Oriental N° 6.

V.1.2, Pozos Peñón N° 4, Peñón N° 2, Peñón N° 5, Peñón N° 6.

V.1.3, Pozos Deportivo San Sebastián, Santa María Aztahuacán, Santa Cruz Meyhualco N° 1.

V.1.4, Pozos Santa Catarina N° 8, Santa Catarina N° 6, Santa Catrina N° 5.

V.1.5, Pozos Cerro de la Estrella, Granjas Estrella N° 2, Periférico N° 17, Periférico N° 16.

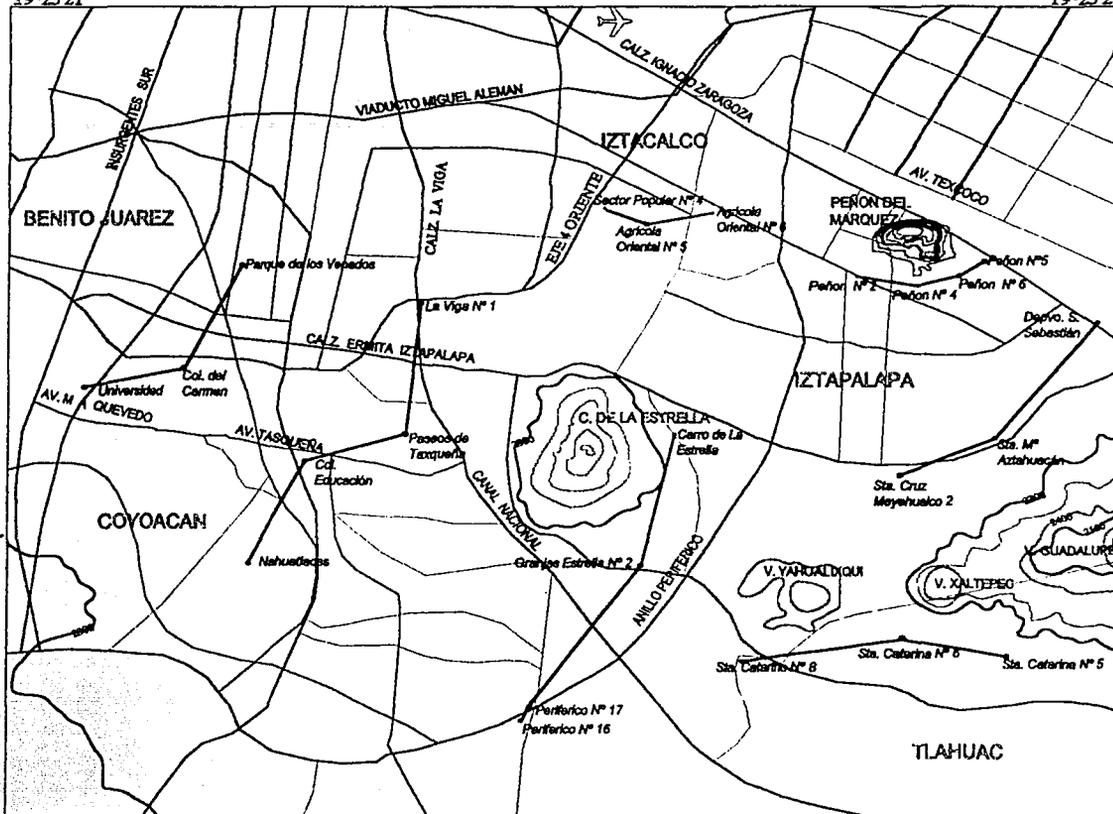
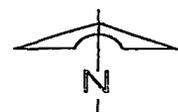
V.1.6, Pozos Viga N° 1, Paseos de Taxqueña, Colonia Educación, Nahuatlacas.

V.1.7, Pozos Parque de los Venados, Colonia del Carmen, Universidad.

Cabe mencionar que algunos de los datos de los cortes litológicos proporcionados por la DGCOH, no son del todo confiables, por lo que muchos de ellos sólo son bosquejos de lo que puede haber en el subsuelo.

99°11'30"  
19°25'21"

99°00'00"  
19°25'21"



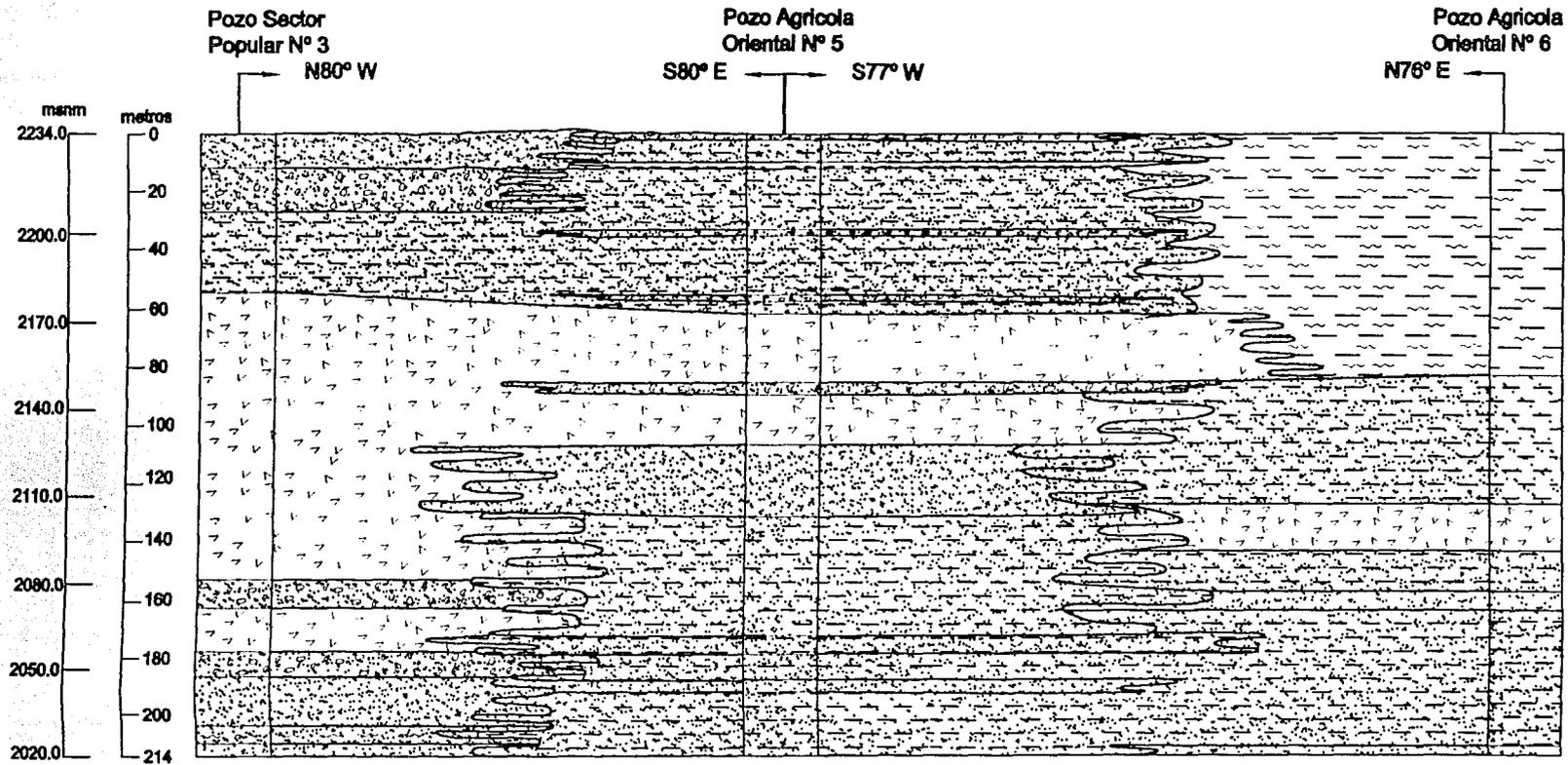
99°11'30"  
19°15'40"

99°00'00"  
19°15'40"



SIMBOLOGÍA	
●	Pozo perforado
—	Línea de sección
~	Curva Topográfica
—	Calles y Avenidas principales
✈	Aeropuerto

UNAM	Facultad de Ingeniería
Tesis Profesional	
Plano de ubicación de secciones y localización de pozos en estudio	
Figura 9	
Nelly Ivonne Valencia Guzmán	2002



**Simbología**

-  Arcilla Limosa
-  Arena arcillosa
-  Arena o Ceniza volcánica
-  Grava y arena
-  Basalto

Escala vertical 1: 2 000



Escala horizontal 1: 7 500



UNAM	Facultad de Ingeniería
Tesis Profesional	
V.1.1 Correlación litoestratigráfica con los perfiles litológicos de los Pozos Sector Popular N° 3, Agrícola Oriental N° 5 y 6	
Figura 10	
Nelly Ivonne Valencia Guzmán	2002

## **V.2.1 Interpretación de la sección litoestratigráfica Agrícola Oriental**

El Plioceno fue un periodo principalmente de acumulación de sedimentos, relacionados genéticamente con la actividad piroclástica y fluvial en todo el Valle y Cuenca de México.

En la parte meridional del Valle de México dichos depósitos consisten de tobas, brechas volcánicas y aglomerados, con horizontes de gravas, arenas y arcillas, acumulados en fosas tectónicas (asociadas al fracturamiento y fallamiento preexistentes que afectaron a toda la Cuenca de México durante su formación), desarrollándose de esta manera fuertes espesores de sedimentos del orden de 750m, en el centro de las depresiones y acuñados hacia la periferia del Valle.

A continuación se hace una breve descripción de la evolución sedimentológica - estratigráfica y geológica del área, basada en los pozos Agrícola Oriental N° 6, 5 y el Sector Popular N° 3 (Figura 10).

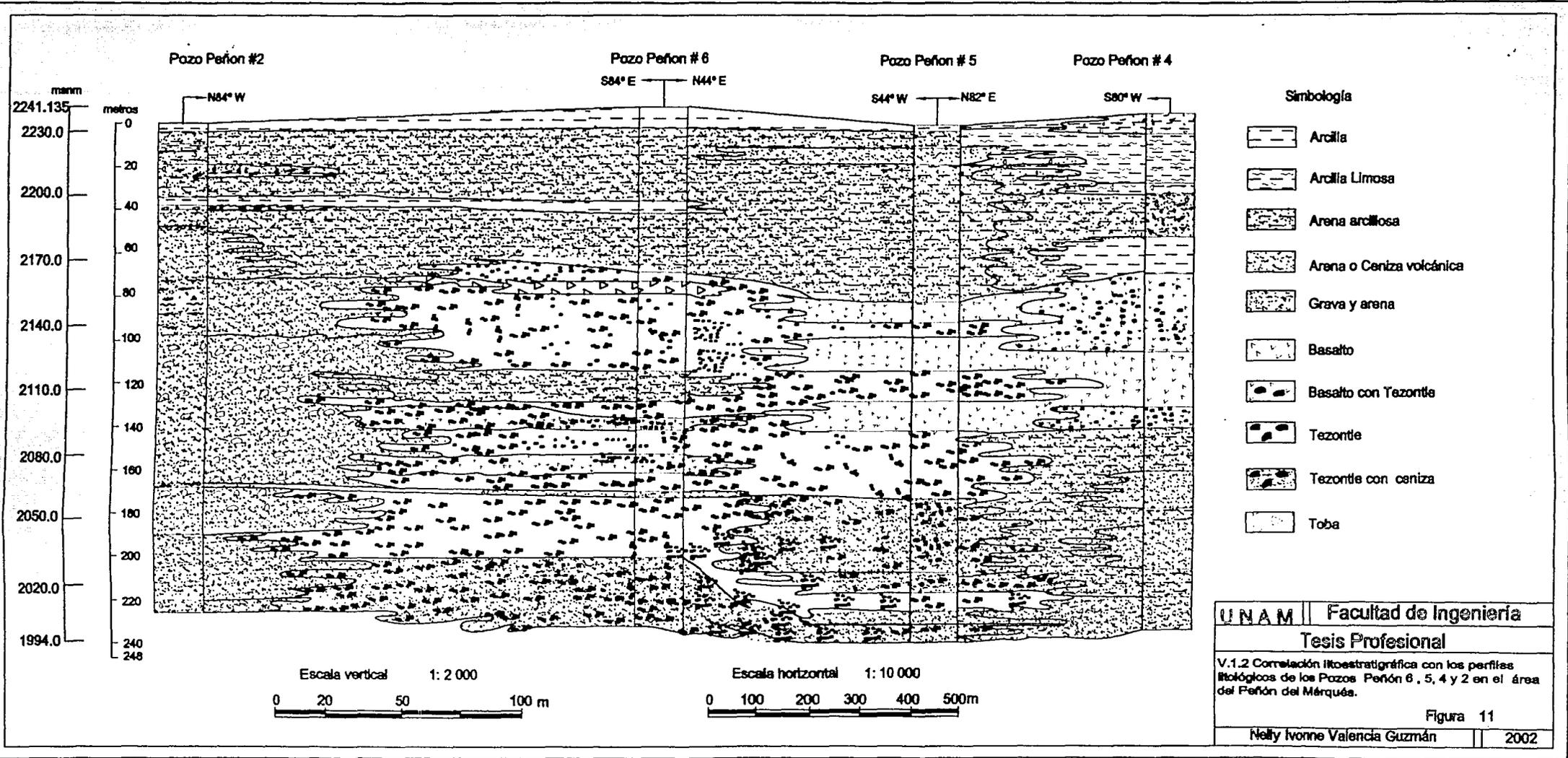
Se tiene un espesor considerable de sedimentos fluvio - lacustres, constituidos por horizontes de arena, que se intercalan con la mezcla de grava - arenosa e interdigitada con horizontes de arena arcillosa.

Por las características antes mencionadas, se puede inferir que se trata de las partes distales de los abanicos aluviales (Grupo Tarango), los cuales se acumularon directamente en las planicies de inundación lugar en donde las condiciones de acumulación de agua eran más a menos episódicas, permitiendo la mezcla de sedimentos finos y gruesos (gravas), además de la interdigitación con capas de arcilla - arenosa que forman parte de los márgenes de los lagos (en este caso el Lago de Texcoco).

Cubriendo a estos sedimentos se observa una capa de lava, que se interdigita con ceniza, ambos de composición basáltica correspondientes a la actividad volcánica que originó el Cerro de la Estrella, este material volcánico, a su vez, se interdigita con material más fino (limo arcilloso), el cual corresponde a la zona lacustre del Lago de Texcoco.

Cubriendo el material volcánico, se presenta nuevamente, horizontes areno - arcillosos, que se intercalan con capas de arena y se interdigita con sedimentos arcillo - limosos; además se presentan pequeños lentes alargados de grava con arena.

De esta secuencia de sedimentos se infieren condiciones acuosas estables (energía baja y sedimentación continua de partículas), permitiendo la mezcla de sedimentos en forma gradual y homogénea lo cual representa espacialmente el margen del lago y el centro de la zona lacustre.



## V.2.2 Interpretación de la sección litoestratigráfica Peñón

Hacia finales del Plioceno, con la existencia de la mayoría de las sierras que circundan el Valle de México, se originó un periodo principalmente de acumulación de sedimentos producto del intemperismo y erosión, provocado por la intensa actividad fluvial (Aguayo *et al*; 1989).

El periodo de acumulación siguió durante el Pleistoceno y el Holoceno con una nueva reactivación volcánica, que dio lugar a la formación de Conos cineríticos en la parte meridional del valle, entre ellos el Peñón del Marqués, además de la formación de la Sierra Ajusco - Chichinautzin, lo cual provocó el cierre del Valle y Cuenca de México, además del asolvamiento rápido por el aporte considerable de acarreo fluviales.

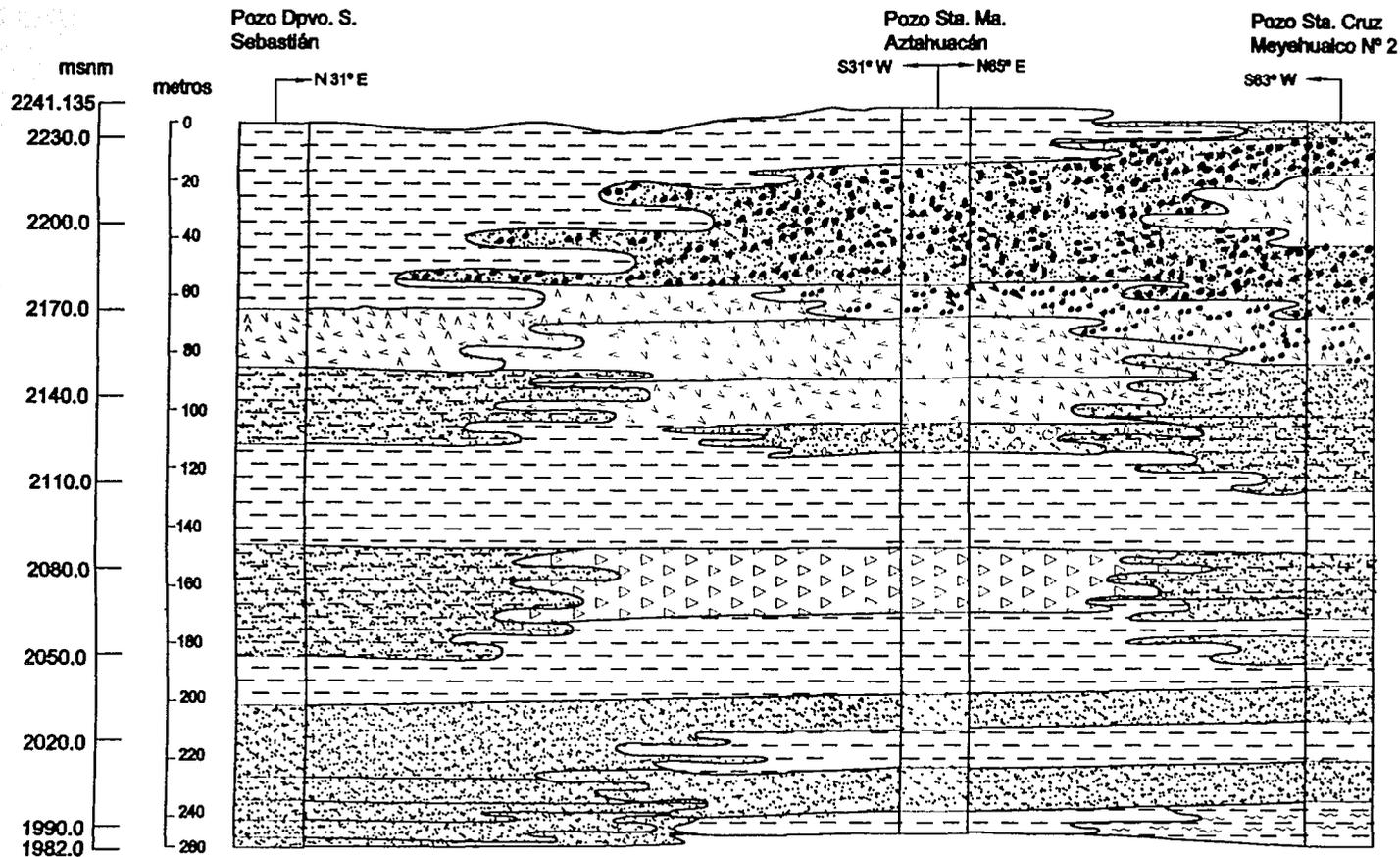
A continuación se hace una breve descripción de la historia geológica del área del Peñón del Marqués, a partir de la observación en la Correlación litoestratigráfica realizada con los pozos Peñón N° 6, 5, 4 y 2 (Figura 11).

La actividad inició con una etapa esencialmente piroclástica, mezcla de ceniza y tezontle, seguida por la expulsión de una delgada capa de lava de composición básica, intercalándose a su vez con ceniza y tezontle.

La distribución del material volcánico tuvo influencia del clima así como de agentes de intemperismo y erosión, que se acumularon en forma heterogénea; esto se infiere a partir de la observación en la correlación litoestratigráfica realizada con los pozos Peñón N° 6 y 5, los cuales se ubican en la ladera derecha del Peñón; en ella se muestra la secuencia volcanoclástica que está representada por los continuos cambios en las facies producto de la actividad volcánica, interdigitándose en la misma secuencia; esto sugiere que existió cercanía al conducto emisor, así como una de las direcciones principales de los derrames de lava y el depósito del material piroclástico. Añadiendo la información del pozo Peñón 4 que se ubica al oeste de los pozos mencionados, este sobre el límite entre el aparato volcánico y la zona de lago, en el se observa material más consolidado lava y fragmentos más pequeños de piroclastos y ceniza, mezclados con arcilla lacustre.

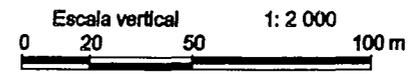
Tomando en cuenta la descripción anterior se puede decir que su actividad cesa, después de varias emisiones intercaladas de cenizas, piroclastos, tezontle y esporádicos derrames de lava, alcanzando sobre la planicie lacustre un espesor de 132 m aproximadamente.

El aporte de material piroclástico al lago de Texcoco durante la formación del Peñón del Marqués, fue inmediato, mezclándose principalmente con arcilla lacustre, depositada anteriormente (depósitos no diferenciados fluvio - lacustres del Plioceno, Jaimes Palomera, 1989), esto se puede observar en el perfil litológico del pozo Peñón 2, el cual difiere mucho con los antes descritos, considerándolo como el material, en el cual, se formó el aparato volcánico, además del considerable espesor de arcilla el cual sugiere la invasión del ambiente lacustre en esta área que en general marcan periodos climáticos en donde prevalecía el clima húmedo y lluvioso.



**Simbología**

-  Arcilla
-  Arcilla Limosa
-  Arena arcillosa
-  Arena o Ceniza volcánica
-  Grava con arena
-  Toba
-  Basalto
-  Basalto con Tezontle
-  Tezontle con ceniza



UNAM	Facultad de Ingeniería
<b>Tesis Profesional</b>	
V.1.3 Correlación litostratigráfica con los perfiles litológicos de los Pozos Dpto. S. Sebastián, Sta. Ma. Aztahuacán y Sta. Cruz Meyehualco 2, en el área de la Sierra de Santa Catarina.	
Figura 12	
Nelly Ivonne Valencia Guzmán	2002

### **V.2.3 Interpretación de la sección litoestratigráfica San Sebastián - Santa Cruz Meyuhualco.**

En los últimos 600 000 años se formaron las sierras más jóvenes que rodean el Valle de México, iniciándose con la Sierra del Ajusco, posteriormente la Sierra de Chichinautzin y por último la Sierra de Santa Catarina. Estos volcanes se edificaron sobre sedimentos fluviales y lacustres correspondientes a un gran lago que tuvo desarrollo en tiempos históricos (nivel inferior al actual) (Lugo, 1984), desmembrándolo parcialmente, quedando situados al sur el lago de Xochimilco - Chalco, y al norte el de Texcoco.

La Sierra de Santa Catarina es un ejemplo de las etapas del vulcanismo de finales del Cuaternario, quedando representada su formación por distintos aparatos volcánicos; los que a su vez fueron afectados en la distribución de sus materiales por cambios climáticos que ocurrieron en los últimos 100 000 años.

El relieve que presenta la sierra de Santa Catarina, permitió la rápida acumulación de material volcánico en sus lomas y pie de la misma, formando grandes mantos de sedimentos volcanoclásticos, algunos productos de su propia actividad los cuales se fueron asentando paulatinamente, otros por gravedad y otros por acción fluvial, de tal manera que los detritos más gruesos quedaron laderas arriba y las más finos hacia la base.

A continuación se hace una breve descripción de la historia geológica del área, a partir de lo interpretado en la correlación litoestratigráfica realizada entre los pozos Santa Cruz Meyehualco N° 2, Santa M<sup>a</sup> Aztahuacán y Deportivo San Sebastián, los cuales se ubican en la ladera norte de la Sierra de Santa Catarina (Figura 12).

En la correlación litoestratigráfica realizada con los pozos antes mencionados, se observa la presencia de un fuerte espesor de material esencialmente lacustre (depósitos fluvio - lacustres no diferenciados del Plioceno) (Jaimes Palomera op., cit.), depositado de manera alternante en un medio de baja energía, su forma de depósito nos sugieren cambios relativamente lentos, en la velocidad de sedimentación de las partículas y la energía del medio ambiente en el cual se acumuló el material lacustre, de tal manera que la variación alternante del tamaño de partículas (arenas - arcillas), representa la fluctuación del nivel del agua en la zona, estos cambios a su vez, permitieron de manera homogénea, la distribución y variación vertical y horizontal de los sedimentos.

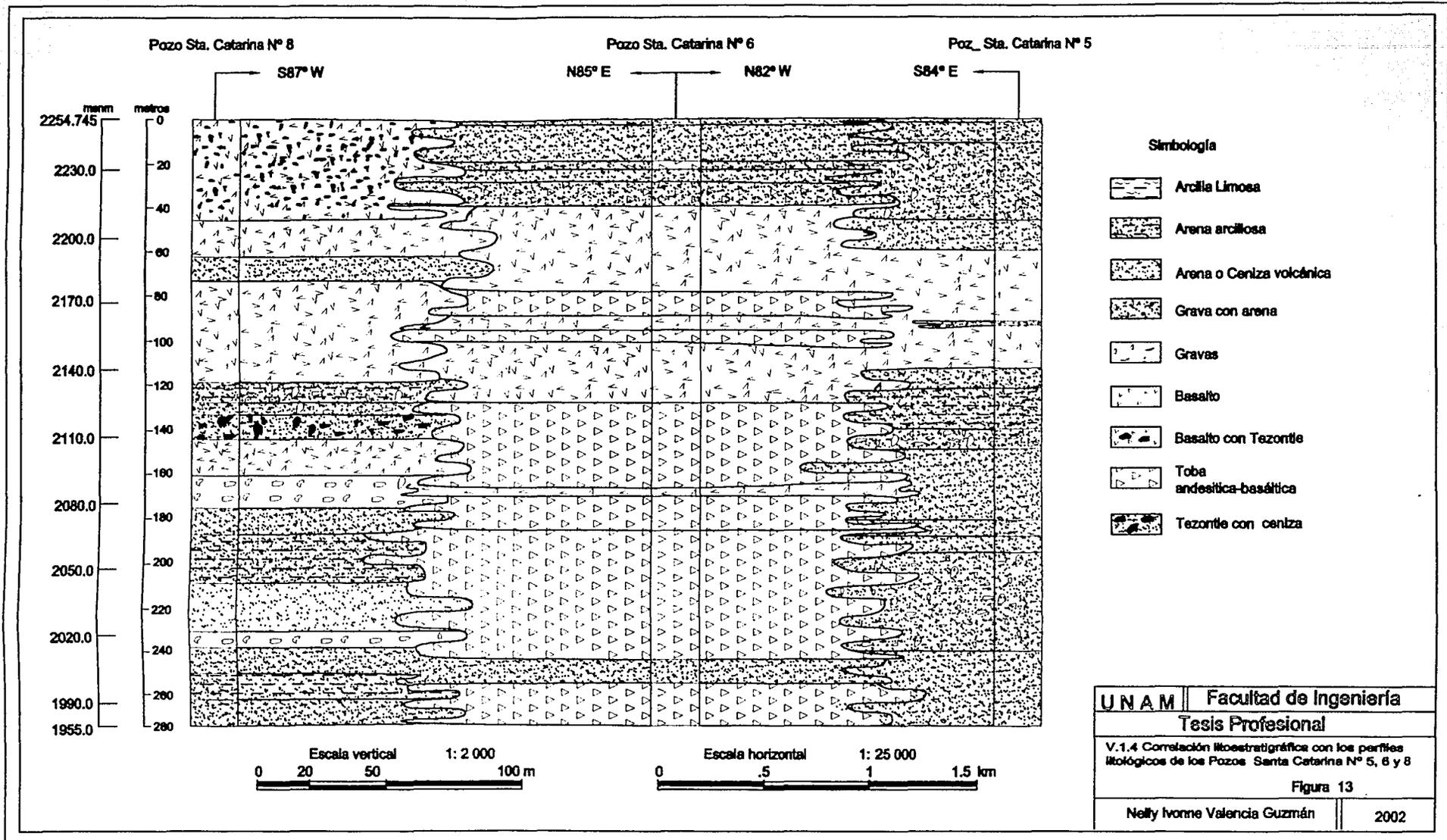
Este espesor de material lacustre representa el antiguo nivel del lago en el cual se formó la Sierra de Santa Catarina (Lugo op., cit.).

Cubriendo a este material, se observa una secuencia de diferentes derrames de lava, en espesores variables sobrepuestos, los cuales presentan en su composición, sólo ligeros cambios (basálticos - andesíticos) (Mooser *et al*;1974) además de la presencia esporádica de fragmentos de tezontle.

Estos pozos aunque están alejados del conducto emisor, sugieren una de las direcciones de escurrimiento para los derrames, así como para el depósito de material piroclástico alrededor de la sierra.

Cubriendo a este material, se observa la mezcla de material piroclástico de ceniza y tezontle productos de la actividad volcánica efusiva de la cual se formó la sierra, depositándose en las laderas y en el antiguo lago junto con arcilla lacustre, cuyo espesor se incrementa acerca hacia el centro del lago.

Con ello se infiere la rápida fluctuación del agua en los niveles de los lagos formados, permitiendo la invasión a las laderas de la sierra.



#### **V.2.4 Interpretación de la sección litoestratigráfica Santa Catarina**

A finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno se forma la Sierra de Santa Catarina, la cual se conforma de 7 volcanes, nombrados de oeste a este son: Yahualixqui, Xaltepec, Tetecon, Tecuatzi, Guadalupe, Amahaltepec y la Caldera.

Estos volcanes se caracterizan por estar constituidos por rocas de composición basáltica, alternados con material piroclástico de escoria, tezontle y ceniza.

Debido a la aspereza de los derrames de lava que constituyen sus laderas, la topografía de la Sierra de Santa Catarina es muy irregular, pero de suaves pendientes y no presenta rasgos importantes de modelado fluvial.

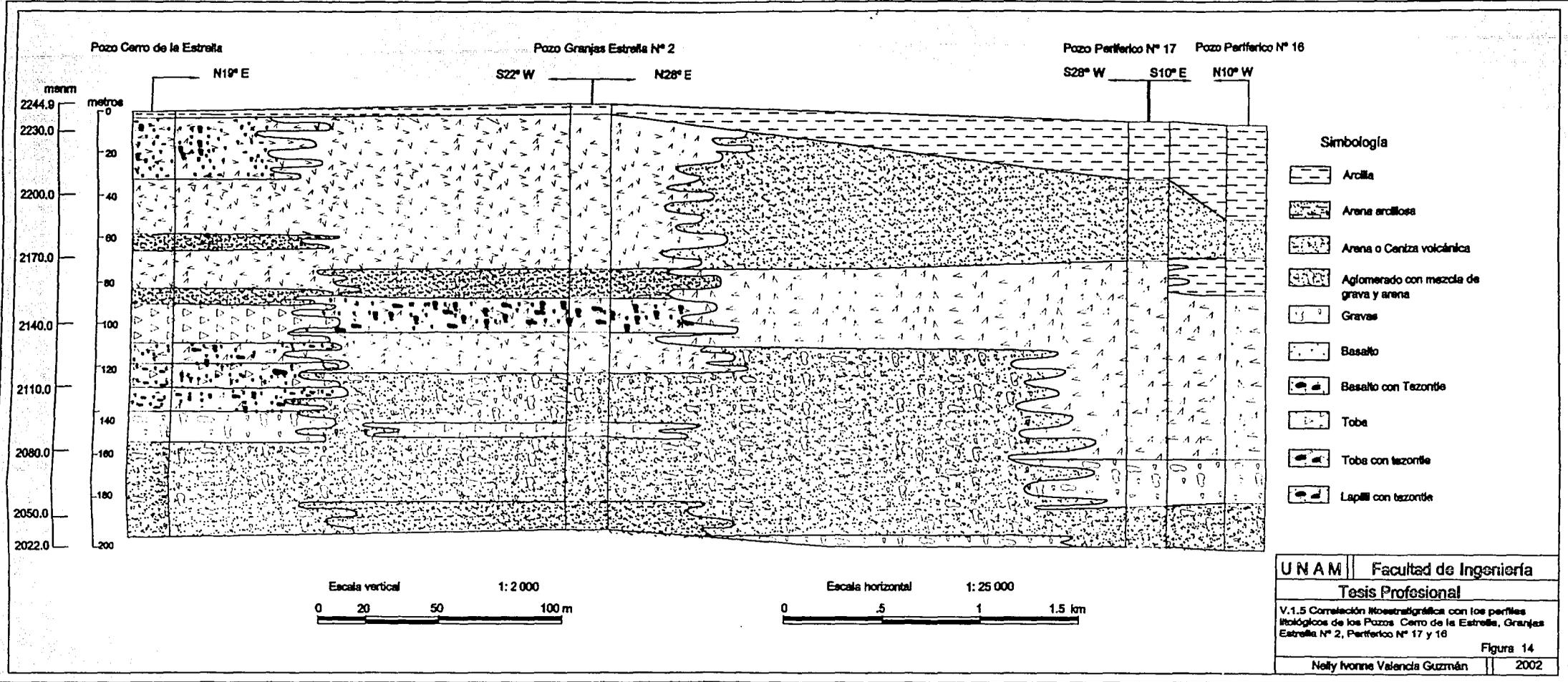
A continuación se hace una breve descripción de la historia geológica del área basada en la correlación litoestratigráfica de los pozos Santa Catarina N° 8, 6 y 5 (Figura 13).

Como primer evento se observa la intercalación de material fluvio - lacustre, que esta constituido principalmente por sedimentos gruesos a medios de gravas - arenas medias y poca arcilla, estas características que muestran los sedimentos, permitiendo pensar que sean correspondientes al material emitido durante la formación de la Sierra de Chichinautzin y depositado de manera inmediata, sobre sedimentos lacustres preexistentes, permitiendo además que en algunos casos cubrieran los sedimentos lacustres y en otros se mezclara.

Este material a su vez se va interdigitando con material piroclástico consolidado y poco consolidado, productos asociados con la formación de la Sierra de Santa Catarina, el cual cubre e interdigita a los sedimentos fluviales, constituidos por la intercalación de capas gruesas de arena y grava.

Cubriendo tanto a los depósitos fluvio - lacustres como al material piroclástico, se observa la secuencia intercalada e interdigitada, entre derrames de lava y material piroclástico, lo cual representa la actividad volcánica de la que se formó la propia sierra, así como la disposición del material emitido por los distintos aparatos volcánicos que la formaron, en este caso, el pozo Santa Catarina N° 8 muestra el material emitido por el volcán Yahualixqui, así como los pozos Santa Catarina N° 6 y 5 que corresponde al material que emitió el volcán Xaltepec, este mismo material volcánico se interdigita y en otros casos cubre nuevamente a sedimentos fluviales y lentes de sedimentos lacustres.

Cubriendo a parte del material volcánico, se tiene una capa sumamente delgada de sedimentos lacustres, constituido por arena limosa, de lo cual se infiere la poca influencia de los lagos en la ladera sur de la Sierra de Santa Catarina.



## **V.2.5 Interpretación de la sección litoestratigráfica Cerro de la Estrella - Periférico**

En los últimos 900 000 años (Lugo, 1984), antes durante y después del cierre del Valle y Cuenca de México, se formaron una serie de conos volcánicos de composición principalmente máfica, de las que se pueden nombrar los Cerros de La Estrella, Peñón del Marqués, El Pino, Chimalhuacán, Chiconautla, Gordo y otros aislados ubicados en la zona meridional y sur de la cuenca.

La expresión geomorfológica de estos promontorios son de conos cineríticos, de volcanes escudo, de amplias colados de lava y volcanes compuestos como es el caso del Cerro de La Estrella.

El Cerro de La Estrella es un expresión volcánica, por sus declives suaves y largos en todas direcciones que le dan una forma cónica, de edad cuaternaria, con una antigüedad oscilante entre 65 000 y 45 000 años (Mooser 1974), está constituido por lavas basálticas cubiertas e intercaladas con material tobáceo y escoráceo.

Se hace una breve descripción de la historia geológica del área, a partir de la correlación litoestratigráfica realizada con los pozos Cerro de la Estrella, Granjas Estrella N° 2, Periféricos N° 17 y 16 (Figura 14).

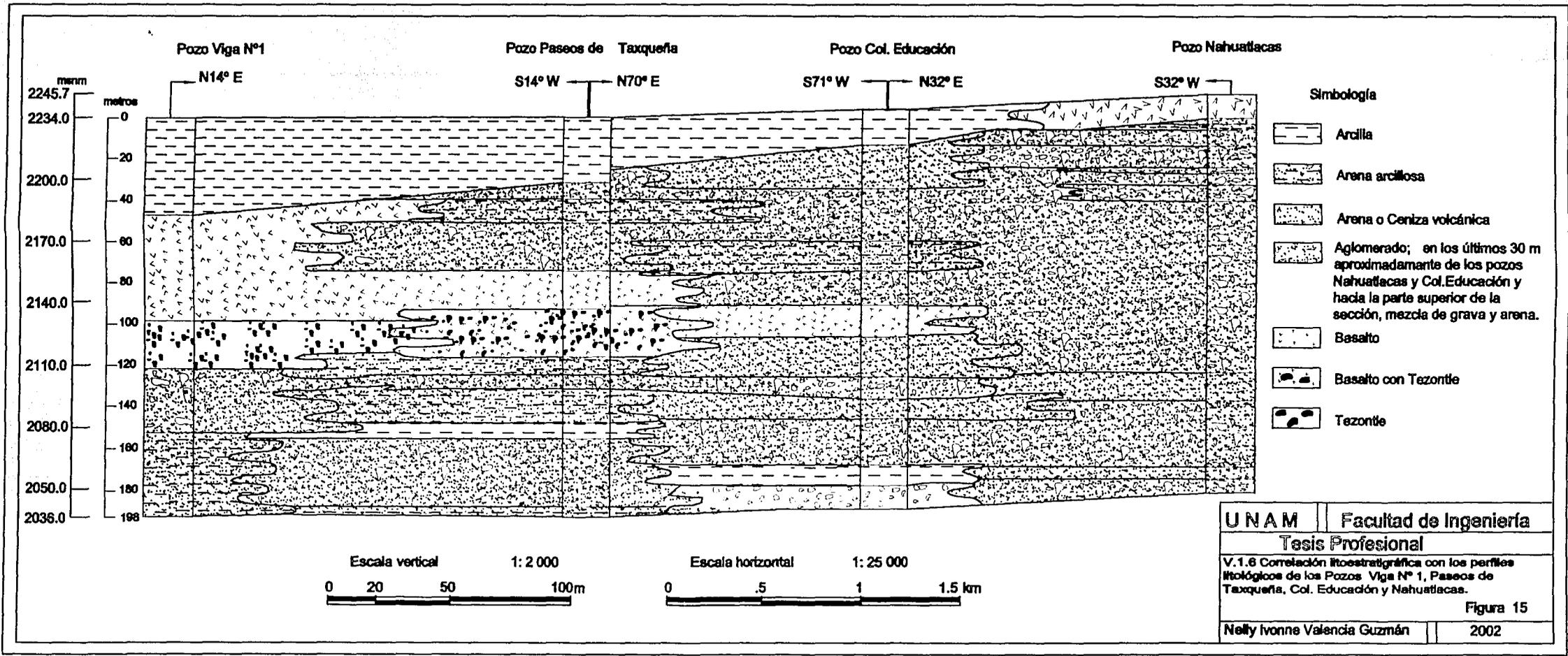
Se observa un espesor considerable de capa dura que corresponde a un aglomerado perteneciente al Grupo Tarango, producto de los abanicos aluviales formados al pie de la Sierra de las Cruces, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en todo el Valle de México.

Cubriendo a estos sedimentos se identifican los depósitos volcánicos correspondientes a la actividad volcánica de la cual se originó el Cerro de la Estrella, constituidos por la intercalación e interdigitación de lava, tezontle y horizontes de ceniza, todos ellos de composición basáltica, los cuales hacia el sur se interdigitan con los sedimentos del Grupo Tarango.

Estos mismos depósitos se encuentran, hacia el sur cubriendo y en algunas partes interdigitándose con otras secuencias volcánicas constituidas por la intercalación de derrames de lava y ceniza, las cuales parecen corresponder con el material emitido durante la formación de la Sierra Chichinautzin.

Cubriendo a los sedimentos antes mencionados existe un fuerte espesor de lava de composición basáltica que corresponden al material emitido durante la formación del Cerro de la Estrella, el cual se encuentra interdigitado hacia el sur con horizontes de arena correspondientes al margen de la zona lacustre, así como el material erosionado y transportado de la Sierra Nevada.

Cubriendo a estos depósitos, se tiene material arcilloso, que se presenta como una delgada capa sobre los pozos Cerro de la Estrella y Granjas Estrella N° 2, que aumenta en espesor hacia el sur, corresponde a los límites del lago de Texcoco y el segundo a la depresión, en la que se encuentra el lago de Xochimilco.



## **V.2.6 Interpretación de la sección litoestratigráfica La Viga - Nahuatlacas**

Durante el Plioceno tardío - Pleistoceno temprano se formó hacia el oeste de la Cuenca de México la Sierra de las Cruces, la cual está constituida, por flujos Piroclásticos dacíticos, lahares y lavas de la Formación las Cruces constituida por dos miembros: la brecha piroclástica Cantimplora y la lava dacítica Apilulco (Schlaepfer, 1968).

La Sierra de las Cruces fue afectada por el intemperismo y la erosión principalmente fluvial, principal fuente de sedimentos hacia el valle; estos sedimentos se acumularon rápidamente al pie de la Sierra, en forma de lahares, pie de monte y abanicos aluviales, constituidos por capas de pómez, cenizas, suelos, gravas y arenas (Grupo Tarango), distribuidos de manera frontal y acuñándose hacia el centro del Valle de México.

A continuación se hace una breve descripción de la historia geológica del área, a partir de la correlación litoestratigráfica realizada con los pozos Viga N° 1, Paseos de Taxqueña, Colonia Educación y Nahuatlacas (Figura 15).

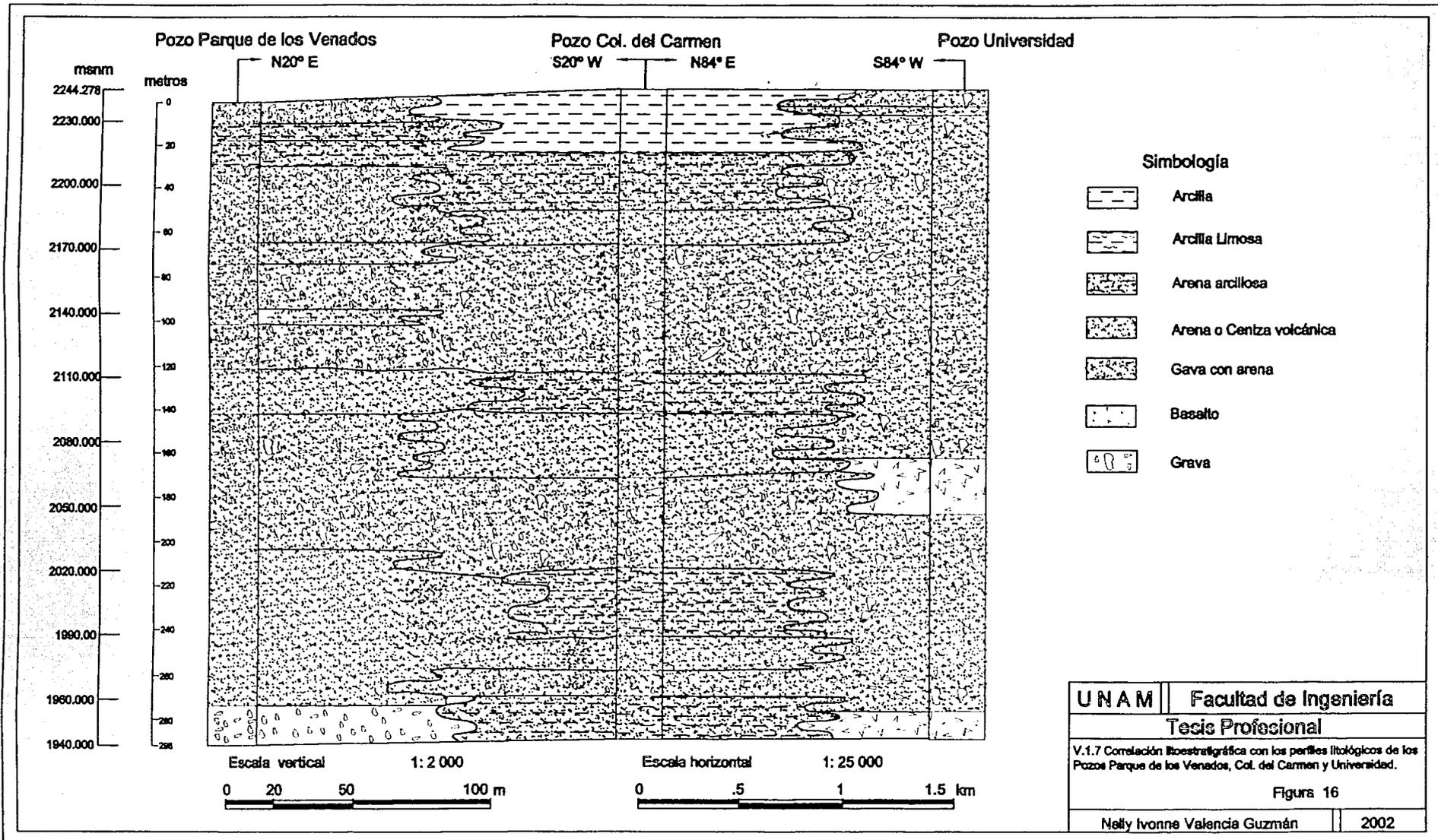
Se observa el depósito intercalado de arena - arcillosa y grava arenosa correspondientes a la playa del lago de Texcoco. Estos materiales a su vez se interdigitan hacia el sur con sedimentos más grueso (aglomerado), así como con algunos lentes de arcilla y arena que forman parte de los abanicos aluviales, correspondientes al Miembro Superior del Grupo Tarango.

Cubriendo a estos depósitos se tiene la mezcla e interdigitación de lava y tezontle, que parecen corresponder al material emitido durante la formación del Cerro de la Estrella (65 000 - 45 000 años, Mooser 1974), que en parte cubre y en otras se interdigitan con material que constituye al Grupo Tarango (en su miembro inferior).

Sobreyaciendo a la secuencia anterior, se tiene la presencia de sedimentos arenosos mezclados con grava y en algunos casos con arcilla, que corresponden a la acarreo fluvial de sedimentos de la Sierra de las Cruces, predominando principalmente el material grueso (grava), lo cual señala poco transporte.

Cubriendo a estos materiales se tiene la presencia de material arcilloso que corresponde a la zona lacustre del lago de Xochimilco formado durante el cierre de la Cuenca, ocurrida en forma contemporánea a la formación de la Sierra de Santa Catarina.

Esta capa de arcillas es de espesor variable, el pozo la Viga N° 1 se observa un espesor aproximado de 50 m, que se adelgaza a medida que va acercándose a la Sierra de las Cruces, interdigitándose en esta parte con derrames volcánicos pertenecientes a la Formación las Cruces (miembro Apilulco).



### **V.2.7 Interpretación de la sección litoestratigráfica Parque de los Venados - Universidad**

El Grupo Tarango del Plio - Pleistoceno se encuentra ampliamente distribuido en todo el Valle de México, debido a su edad la cual se considera

El miembro superior de este grupo se encuentra distribuido hacia el sur y surponiente de valle, formando parte del pie de monte y los abanicos aluviales que circundan la Sierra de las Cruces.

Dicho miembro consta de lahares intercalados con capas de ceniza, suelos, gravas y arenas de origen fluvial, extendiéndose de manera frontal a partir de la Sierra de las Cruces y acuñaándose hacia el centro del valle, depositándose principalmente sobre material preexistente de tobas, aglomerados, depósitos fluvio aluviales y horizontes de pómez; además de los sedimentos lacustres de los lagos de Texcoco, Xochimilco, Chalco y Tenochtitlán.

A continuación se hace una breve descripción de la historia geológica de esta área, a partir de la correlación litoestratigráfica realizada con los pozos Parque de los Venados, Colonia del Carmen y Universidad (Figura 16).

En esta área se observa el cambio y distribución que tiene el Grupo Tarango hacia el surponiente del Valle de México, presentándose en su centro la intercalación de material esencialmente arenoso y gravoso, con algunos horizontes de arcilla (condiciones lacustres someras), lo cual implica periodos en los cuales fluctuaban los niveles del agua, afectando de manera relativamente lenta el depósito de los sedimentos, permitiendo que su acumulación fuera homogénea con cambios transicionales en los tamaños de las partículas a medida que se acerca a la periferia de la Sierra de las Cruces.

En la periferia de la sierra en mención se tiene la presencia del Grupo Tarango el cual en parte esta cubierto por lavas de la Formación las Cruces (miembro Apilulco) y en otras se interdigita con la misma.

Cubriendo a los sedimentos del Grupo Tarango y Formación las Cruces, se tiene el depósito de material grueso (arena gruesa a media y grava), producto del acarreo fluvial acumulado al mismo tiempo con sedimentos lacustres dispuestos en lentes de arcilla - arenosa, todos ellos originados durante el Cuaternario, los cuales a su vez se pueden relacionar con los periodos glaciales e interglaciales, los cuales afectaron la fluctuación del nivel de los lagos, hasta alcanzar la planicie actual.

## VI.- Conclusiones y Recomendaciones

- Es importante el papel que juegan las investigaciones geológicas, en los estudios que se realizan actualmente al subsuelo del Valle de México, debido a que aportan información de gran valor en el área de estudio, sobre el tipo de roca, características estructurales, estratigráficas, sedimentológicas, geohidrológicas, etc., permitiendo definir los métodos o técnicas a utilizar, según el fin del estudio a realizar.
- Se identificaron las características físicas generales de los diferentes tipos de sedimentos recolectados en los pozos, utilizando para ello, las tablas de color vía húmeda de Musell, tabla de tamaño de partícula de Wentworth, de esfericidad y redondez de Powers y Krumbein y Sloss.
- La granulometría que se identificó en el área de estudio, fue esencialmente la mezcla de grava y arena, en algunos casos rocas ígneas extrusivas, en intervalos de profundidades entre 50 y 300 m, todos estos materiales son considerados favorables, para la acumulación, explotación y recarga de los acuíferos de la Ciudad de México.
- Mediante los análisis realizados a los sedimentos, se pudo interpretar el medio ambiente de depósito, permitiendo conocer las condiciones físicas y químicas, que contribuyeron en la distribución de los sedimentos en el subsuelo del área de estudio.

Debido a estas características, se determinaron 5 tipos de ambientes sedimentarios, los cuales son: fluvial, lacustre, abanico aluvial, pie de monte y volcanoclástico.

- De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis petrográficos, se identificaron dos tipos de rocas ígneas extrusivas, basaltos y andesitas.
- Por medio de los análisis geoquímicos se detalló la composición y mineralogía del Pozo Peñón 2, el cual en su mayoría presentó sedimentos muy finos de arcillas y limos, pertenecientes a depósitos lacustres.

Su composición se determinó por medio de Difracción de Rayos X, encontrando la siguiente mineralogía: anortita, calcita, clorita, cristobalita, montmorillonita, ópalo y vermiculita.

- Mediante las correlaciones litoestratigráficas se identificó cada formación geológica, además de su disposición espacial tanto vertical, horizontal y temporal relativas.

A partir de la disposición de las diferentes capas de materiales, observadas en las correlaciones, se tuvo una idea más clara de las condiciones climáticas y ambientales, que tuvieron influencia en la distribución de los materiales.

- A partir de las características litológicas se identificaron en el subsuelo del área de estudio 3 formaciones geológicas, Formación Las Cruces, el Grupo Tarango y Formación Chichinautzin, además de depósitos fluvio – aluviales y lacustres no caracterizados como formaciones.

En el caso del Grupo Tarango se verificó, por medio de las correlaciones litoestratigráficas, el área de influencia que tiene este grupo, en el área de estudio.

En cuanto a los sedimentos de tipo lacustre se determino por medio de las correlaciones, el área en donde tuvo mejor desarrollo este tipo de ambiente y en algunos casos sus límites.

Con respecto a los aparatos volcánicos del Cerro de la Estrella, El Peñón del Marqués y la Sierra de Santa Catarina, se determinó su área de influencia de cada uno, así como la disposición de sus materiales en depósitos preexistentes.

*ANEXO 1*

#### IV.1 Análisis Sedimentológicos

**Tabla IV.1.a**

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Nahuatlacas	0 - 12	negro	rocosa	Muy anguloso - anguloso	-	-	-	Roca extrusiva	Roca ígnea extrusiva
	12 - 14	café rojizo ligero	Grava-arenosa	Anguloso-subredondeado	Fina - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	14 - 16	café rojizo	Arena-limo-arcillosa	Subredondeado - bien redondeado	Fina, media, muy gruesa	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Limo-arcillo-arenoso
	16 - 22	café rojizo	Arena-limo-arcillosa	Subanguloso redondeado	Fina, media, muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa con grava
	22 - 24	café rojizo	Grava-arenosa-limosa	Anguloso-subredondeado	Muy fina-fina-media	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Arena con grava y limo
	24 - 26	gris rosado	Grava-arenosa	Anguloso-redondeado	Muy fina, fina, muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	26 - 28	gris rosado	Gravosa-arenosa	Angulosa y subredondeado	Media-gruesa-muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	28 - 30	café rojizo ligero	Gravosa-arenosa	Angulosa y subredondeado	Fina- media-gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	30 - 32	café rojizo ligero	Gravosa-arenosa	Angulosa y subredondeado	Media-gruesa-muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	32 - 34	gris rosado	gravosa	Muy anguloso-subanguloso	Media-gruesa-muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	grava
	34 - 36	Café rojizo ligero	Gravosa-arenosa-limosa	Muy anguloso-subanguloso	Fina-media-gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava areno limosa
	36 - 42	café rojizo ligero	Gravosa-arenosa	Anguloso-subredondeado	Fina media gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	42 - 46	rojo amarillento	Gravosa-arenosa-limosa	Angulosa-subredondeado	Fina-media-gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava areno limosa

	46 - 50	café rojizo ligero	Gravosa-arenosa-limosa	Angulosa-subredondeado	Media-gruesa-muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arcno limosa
	50 - 52	gris rosado	Grava arenosa	Angulos - subredondeado	Muy fina-fina-media	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	52 - 54	café rojizo ligero	Grava arenosa	Angulosa - subredondeado	Media-gruesa-muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	54 - 58	gris rosado	Grava arenosa	Angulosa - subredondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	58 - 62	café rojizo ligero	Grava arenosa	Angulosa - subredondeado	Fina-media-gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	62 - 64	café rojizo ligero	Grava arenosa	Subanguloso - subredondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	64 - 68	amarillo rojizo	Grava arenosa	Subanguloso - subredondeado	fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	68 - 74	gris rosado	Grava arenosa	Subanguloso redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	74 - 82	amarillo rojizo	Grava arenosa	Angulosa - suredondeado	Muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	82 - 84	amarillo rojizo	Gravosa arenosa - limosa	Angulosa - subredondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Grava areno - limosa
	84 - 110	café rojizo ligero	Gravosa arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	110 - 114	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	114 - 134	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	134 - 136	gris	Gravosa - arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	136 - 148	gris a gris rosado	arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena muy gruesa a media
	148 - 154	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava

154 - 170	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
170 - 172	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	Subanguloso - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
172 - 176	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	anguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
176 - 186	café rojizo ligero	Grava - arenosa - limosa - arcillosa	Subangulosa - redondeado	Muy fina - fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena limo arcillosa con grava
186 - 226	café rojizo ligero	Grava - arenosa	Subangulosa - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
226 - 230	café rojizo ligero	arenosa	Subangulosa - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena muy gruesa a media
230 - 234	café rojizo ligero	Grava - arenosa	Subangulosa - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
234 - 236	café rojizo ligero	arenosa	Subangulosa - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena de gruesa a fina
236 - 238	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
238 - 250	café rojizo ligero	Grava - arenosa	Subangulosa - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava

Tabla IV.1.b

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Av. Universidad	0 - 8	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa	Subanguloso - redondeado	Muy fina, media, muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Aglomerado
	8 - 12	café rojizo	Arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa
	12 - 14	café rojizo	Gravosa - arenosa - arcillosa	Angulosa - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Aglomerado
	14 - 20	café rojizo	Gravosa - arenosa - limosa - arcillosa	Angulosa - subredondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena limo arcillosa con grava
	20 - 24	café rojizo	Gravosa - arenosa	Anguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena media a gruesa con grava
	24 - 72	gris	Gravosa - arenosa	Anguloso - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	aglomerado
	72 - 122	gris	Grava - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena muy gruesa a media con grava
	122 - 170	gris	Grava arenosa	Anguloso - subanguloso	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	aglomerado
	170 - 196	gris oscuro	rocosa	Muy anguloso - anguloso	-	compactado	-	roca extrusiva	andesita
	196 - 280	gris	Gravosa - arenosa	Anguloso - subanguloso	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	aglomerado
	280 - 286	gris	Gravosa - arenosa	Anguloso - subanguloso	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena fina a media
	286 - 300	gris oscuro	rocosa	Muy angulosa - angulosa	-	Muy compactado	-	roca extrusiva	andesita

Tabla IV.1.c

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Parque de los Venados	0 - 10	gris rojizo oscuro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	sedimentario	Arena gruesa a muy gruesa con grava
	10 - 18	café rojizo	Limosa - arcillosa	-	-	-	Adhesiva	sedimentario	Limo arcilloso
	18 - 30	S I N	M	U	E	S	T	R	A
	30 - 40	gris	Gravosa - arenosa	Anguloso - subanguloso	Muy gruesa	-	-	Sedimentario	aglomerado
	40 - 62	gris rojizo oscuro	Gravosa arenosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	sedimentario	Arena gruesa a muy gruesa con grava
	62 - 64	gris rojizo oscuro	Arena - limosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	piroclástica	Ceniza gruesa
	64 - 72	gris rojizo	Arenosa - limosa	Subanguloso - subredondeado	Muy fina - fina	-	-	piroclástica	Ceniza fina
	72 - 76	gris rojizo oscuro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	piroclástica	Arena gruesa a muy gruesa con grava
	76 - 82	gris rojizo oscuro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media - gruesa	-	-	piroclástica	Ceniza media a gruesa
	82 - 86	café rojizo oscuro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	sedimentario	Arena gruesa a gruesa con grava
	86 - 92	gris rojizo	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media - gruesa	-	-	sedimentario	Arena media a gruesa
	92 - 96	gris rojizo	Arena - limo - arcilloso	redondeado	Muy fina - fina	-	Poco adhesiva	sedimentario	Arena limosa con poca arcilla
	96 - 98	gris rojizo	Arena - limosa	redondeado	Muy fina - fina	-	-	Piroclástico	Ceniza fina
	98 - 110	gris rojizo	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	piroclástico	Ceniza gruesa
	110 - 118	café rojizo oscuro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	-	-	Sedimentario	Arena media a gruesa
	118 - 138	café rojizo	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media - gruesa	-	-	Sedimentario	Arena media a muy gruesa
	138 - 200	gris rojizo oscuro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	-	-	Sedimentario	Arena gruesa con grava
	200 - 272	gris rojizo oscuro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	-	-	sedimentario	Arena muy gruesa a gruesa
	272 - 300	café rojizo	Grava - arenosa	-	Gruesa - muy gruesa	-	-	sedimentario	Arena con grava

Tabla IV.1.d

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Peñón N° 2	0 - 4	Olivio	Arenosa - limosa - arcillosa	Redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	Poco	sedimentario	Sedimento areno - limo - arcilloso
	4 - 10	negro	arenoso	Redondeado - bien redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	piroclástico	Ceniza fina
	10 - 12	amarillo rojizo	Arenoso - limoso - arcilloso	Redondeado - bien redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	Adhesiva	sedimentario	Sedimento areno - limo - arenoso
	12 - 14	gris olivo obscuro	arenoso	Subredondeado - redondeado	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena media a muy gruesa
	14 - 20	negro	Gravosa - arenosa	Subredondeado - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Ceniza gruesa con fragmentos de tezontle
	20 - 26	negro	Gravosa - arenosa	Subredondeado - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con grumos de arcilla
	26 - 36	negro	arenosa	Subredondeado - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Ceniza gruesa con fragmentos de tezontle
	36 - 40	gris obscuro	Arenosa - limosa	Subredondeado - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa
	40 - 42	gris obscuro	Grava - arenosa	subredondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava
	42 - 50	gris obscuro	Grava - areno - limosa	Subredondeado - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena - limosa
	50 - 52	negro	Grava - areno - limosa	Subanguloso - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena media con grava y limo
	52 - 54	negro	Arenoso	Subanguloso - redondeado	Muy fina - fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena media a muy fina
	54 - 60	negro	arenoso	Subanguloso - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena con fragmentos de material grueso
	60 - 68	negro	arenoso	Subanguloso - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena con fragmentos de tamaño de grava
	68 - 71	negro	arenoso	Subanguloso - redondeado	Muy fina - fina	No consolidado	-	piroclástico	Ceniza gruesa con fragmentos de pómez

74 - 86	negro	Areno - limosa	Subredondeado - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa
86 - 120	olivo	Arenosa - limosa - arcillosa	redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Arena limo arcillosa
120 - 172	gris olivo oscuro	Gravosa - arenosa	subanguloso - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
172 - 174	negro	Arenosa - Gravosa	Subredondeado - redondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena - limosa
174 - 198	negro	Gravosa - arenosa	subanguloso - redondeado	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava y grumos de arcilla
198 - 202	gris oscuro	Arenosa - limosa	Subredondeado - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa
202 - 204	negro	arcnosa	Subredondeado - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena muy gruesa a media
204 - 228	gris rosado	Limosa arenosa	Subredondeado - bien redondeado	Muy fina - fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena - limosa
228 - 234	gris rojizo	Gravosa - arenosa	Angulosa - subredondeado	Muy fina - fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena con grava

Tabla IV.1.e

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Peñón N° 4	0 - 2	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	2 - 4	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa - limosa - arcillosa	Angulosa - subredondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa con grava y arcilla
	4 - 6	olivo	Gravosa - arenosa	subanguloso - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	6 - 10	olivo	Gravosa - arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa con grava
	12 - 34	olivo	Limosa - arcillosa	-	-	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Limo arcilloso
	34 - 38	gris	Gravosa - arenosa - limosa - arcillosa	Subanguloso - subredondeado	fina	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	limo arcilloso con grava y poca arena
	28 - 40	gris	Gravosa - limosa - arcillosa	Subanguloso - subredondeado	-	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Grava limo arcilloso
	40 - 60	gris	Gravosa - arenosa - limosa - arcillosa	Anguloso - subanguloso y redondeado	Fina - media	No consolidado	Adhesiva	sedimentario	Grava con arcilla limo arenoso
	60 - 240	S I N	M	U	E	S	T	R	A
	240 - 252	gris	Gravosas - arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	Pobrementemente compactado	-	piroclástico	Grava con arena y poco limo

Tabla IV.1.e

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Peñón N° 4	0 - 2	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	2 - 4	café rojizo ligero	Gravosa - arenosa - limosa - arcillosa	Angulosa - subredondeado	Muy fina - fina - media	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa con grava y arcilla
	4 - 6	olivo	Gravosa - arenosa	subanguloso - subredondeado	Media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Grava arenosa
	6 - 10	olivo	Gravosa - arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Fina - media - gruesa	No consolidado	-	sedimentario	Arena limosa con grava
	12 - 34	olivo	Limosa - arcillosa	-	-	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Limo arcilloso
	34 - 38	gris	Gravosa - arcillosa - limosa - arcillosa	Subanguloso - subredondeado	fina	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	limo arcilloso con grava y poca arena
	28 - 40	gris	Gravosa - limosa - arcillosa	Subanguloso - subredondeado	-	No consolidado	Poco adhesiva	sedimentario	Grava limo arcilloso
	40 - 60	gris	Gravosa - arenosa - limosa - arcillosa	Anguloso - subanguloso y redondeado	Fina - media	No consolidado	Adhesiva	sedimentario	Grava con arcilla limo arenoso
	60 - 240	S I N	M	U	E	S	T	R	A
	240 - 252	gris	Gravosas - arenosa - limosa	Subanguloso - redondeado	Media - gruesa - muy gruesa	Pobremente compactado	-	piroclástico	Grava con arena y poco limo

Tabla IV.1.f

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación
Santa Catarina Nº 6	0 - 2	negro	Gravosa-arenosa	Subanguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa	compactado	-	piroclástico	Lapilli
	12 - 30	negro	Arenosa	Subanguloso - redondeado	Fina - media - gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	Ceniza gruesas
	30 - 34	negro	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Fina - media-gruesa - muy gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	Lapilli
	34 - 40	negro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Media gruesa - muy gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	Ceniza gruesa
	40 - 52	negro	Gravosa-arenosa	Muy anguloso - subanguloso	Muy gruesa - gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	Lapilli
	52 - 94	gris oscuro	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	Andesita
	94 - 106	gris oscuro	Gravosa-arenosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	piroclástico	Toba
	106 - 110	gris oscuro	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	basalto
	110 - 112	gris	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	Andesita básica
	112 - 116	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	compactado	-	piroclástico	Toba
	116 - 130	gris	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	andesita
	130 - 136	gris	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	Basalto de andesita
	136 - 148	gris	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	andesita
	148 - 152	S I N	M	U	E	S	T	R	A
	152 - 172	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Gruesa - muy gruesa	compactado	-	piroclástico	Toba
	172 - 174	gris	Rocosa	Muy anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	andesita
	174 - 190	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	muy gruesa	Muy compactado	-	piroclástico	Toba
	190 - 194	gris	Rocosa	anguloso - subanguloso	-	Muy compactado	-	Roca extrusiva	Andesita básica

	194 - 220	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Muy gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	lapilli
	220 - 274	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Muy gruesa	compactado	-	piroclástico	Toba
	274 - 286	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Gruesa -muy gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	lapilli
	286 - 306	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Muy gruesa	compactado	-	piroclástico	Toba
	306 - 322	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	muy gruesa	Pobrememente compactado	-	piroclástico	lapilli
	322 - 332	gris	Gravosa-arenosa	Anguloso - subredondeado	Muy gruesa	compactado	-	piroclástico	Toba

El pozo Santa María Aztahuacán fue analizado a partir de septiembre del 2001.

Tabla IV.1.g

Pozo	Profundidad en metros	Color en húmedo	Textura al tacto	Grado de redondez	Textura Arenosa	Compactación	Adhesividad en arcillas	Tipo de material	Clasificación.
Sat.Ma. Aztahuacán	0 - 2	negro	Gravosa - arenosa	anguloso subredondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	Piroclástico	lapilli
	2 - 4	negro	Gravosa	Anguloso subanguloso	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli
	4 - 6	negro	Gravosa - arenosa	Anguloso subanguloso	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle
	6 - 8	gris muy oscuro	gravosa	Anguloso subanguloso	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	lapilli
	8 - 10	negro	gravosa	Muy anguloso subanguloso	-	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle
	10 - 12	gris muy oscuro	Gravosa - arenosa	Anguloso subredondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle
	12 - 14	gris muy oscuro	Gravosa - arenosa	subanguloso subredondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle
	14 - 16	gris muy oscuro	Gravosa - arenosa	Anguloso redondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle y esporádicos líticos

16 - 18	gris muy oscuro	gravosa	Subanguloso redondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle
18 - 20	gris muy oscuro	Gravosa arenosa	Subanguloso - redondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con tezontle
20 - 22	gris muy oscuro	gravosa	Subanguloso - redondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con tezontle
22 - 24	gris muy oscuro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con tezontle
24 - 26	gris muy oscuro	Gravosa - arenosa	Anguloso subanguloso	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Lapilli con fragmentos de tezontle
26 - 28	negro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Arena muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de cenizas o lapilli
28 - 30	negro	Gravosa - arenosa	Anguloso - subanguloso	Arena muy gruesa - gruesa	No consolidado	-	Piroclástico	Depósito de cenizas con fragmentos de basalto
30 - 32	negro	Gravosa - arenosa	Anguloso - subredondeado	Arena muy gruesa - gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
32 - 34	negro	Gravosa - arenosa	Subanguloso - subredondeado	Arena fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
34 - 36	negro	Gravosa arenosa	Anguloso - subanguloso	Fina - media gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
36 - 38	negro	arenosa	subanguloso	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
38 - 40	negro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
40 - 42	negro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
42 - 44	negro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto
44 - 46	negro	arenosa	Subanguloso - subredondeado	Fina - media - gruesa - muy gruesa	No consolidado	-	piroclástico	Depósito de ceniza con fragmentos de basalto

## IV.2 Análisis Petrográfico

### Pozo Nahuatlacas

Profundidad en metros	Características
0 -2	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de forma angulosa y subangulosa, de color gris claro a oscuro, con aspecto ligeramente escoracco por la presencia de pequeñas vesículas.</p> <p><u>Fábrica:</u> Es afanítica, aunque algunos presentan pequeños cristales de plagioclasa, permitiendo aplicar el concepto de afírica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños fragmentos de cristales cementados por un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Es de tipo dolerítica formada por microlitos de plagioclasa y fenocristales de olivino en una matriz vítreo.</p> <p><u>Mineralogía:</u> Debido a su tamaño los minerales que se identificaron son: plagioclasa (andesina - labradorita), olivino con frecuentes inclusiones de espinela.</p> <p><u>Matriz:</u> es un vidrio de color negro que contiene abundantes cristalitas de plagioclasa, escasos gránulos de olivino y abundantes gránulos de piroxeno (augita), no se identificó magnetita pero es casi seguro, que el vidrio este coloreado por grumos de ese mineral.</p> <p><u>Clasificación:</u> Por las características antes mencionadas de los fragmentos, su forma y tamaño, esta muestra se considera que pertenece a un flujo de lava, cuya composición es basáltica.</p>
6 - 10	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de forma angulosas y de esquirlas, de color gris claro a oscuro, en seco tiene un aspecto sacaroide ya que se observan diminutos cristales sobre todo de feldespatos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Es microcristalina, se observan pequeñas agujas de feldespatos, húmeda se pierde este aspecto y se puede considerar como afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños fragmentos de cristales cementados por un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Traquita reaccional, formada por abundantes cristales de olivino corroídos y microlitos de plagioclasa en un vidrio negro o café oscuro.</p> <p><u>Mineralogía:</u> Se identificó la siguiente asociación: plagioclasa (labradorita - andesina) + olivino con frecuentes inclusiones de espinela.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio intersticial de color negro o café oscuro con abundantes microlitos y plagioclasa, gránulos de olivino y piroxeno (augita) acompañados de cristales cúbicos de magnetita y abundantes prismas de ilmenita.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando en cuenta las características antes mencionadas, se le considera a esta muestra como parte de un flujo de lava; considerando que la augita no es abundante se propone una composición basáltica.</p>

Pozo Av. Universidad

Profundidad en metros	Características
286 - 294	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris, gris claro y forma de esquirlas con granos subangulosos y angulosos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Microcristalina, sólo se pueden observar pequeños cristales de feldespato.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños fragmentos de cristales cementados por un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Microlítica ligeramente porfídica, debido a la presencia de aglutinados o enclaves formados por feldespatos o piroxenos, generalmente con más de tres individuos y escasos fenocristales de piroxeno.</p> <p><u>Mineralogía:</u> Se identificó la asociación de plagioclasa (labradorita - andesina) + hiperstena + Magnetita + escasa ilmenita.</p> <p><u>Matriz:</u> Vidrio de color oscuro debido a que contiene, granos de magnetita en el que abundan los microlitos de plagioclasa, hiperstena, ilmenita, apatita.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un flujo de lava de composición andesítica.</p>
294 - 300	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro a gris, su forma predominante es de esquirlas (arena gruesa) con fragmentos de formas angulosas y subangulosas.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afírica sólo es posible observar, escasos y raros microfenocristales de feldespato.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños fragmentos de cristales cementados por un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Microlítica del tipo ofítico, ligeramente porfídica, por la presencia de algunos microfenocristales de plagioclasa (0.2 a 0.3 mm) y de algunos piroxenos (&gt; 0.2 mm).</p> <p><u>Mineralogía:</u> Se identificó la siguiente asociación mineral: plagioclasa (labradorita - andesina) + piroxenos (hiperstena) + magnetita cúbica y escasa ilmenita.</p> <p><u>Matriz:</u> Vidrio oscuro fragmentado por granos de magnetita, contiene abundantes microlitos de plagioclasa, hiperstena, magnetita, escasa ilmenita, asociada con algunos microlitos hay pequeñas zonas de recristalización de cuarzo.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un derrame de lava de composición andesítica.</p>

Pozo Santa Catarina N° 6

Profundidad en metros	Características
30 - 32	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma subredondeada y de esquirlas, de tamaño lapilli, de color gris oscuro a negro dominante, algunos son de color gris parduzco, de aspecto escoraceo o de pómez, los minerales que presentan son raros y pequeños.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica en general.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> La muestra es un conjunto de pequeños fragmentos de roca de composición similar.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica con un contenido moderado de pequeños fragmentos de feldespato (plagioclasa), piroxenos y roca.</p> <p><u>Mineralogía:</u> Se identificó la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita +, mencionando que algunos ferromagnesianos presentan una ligera cloritización.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente que cementa a una multitud de pequeños fragmentos de los minerales antes identificados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera a esta muestra como un horizonte escoraceo o capas de lapilli posiblemente estratificados, que tienen una composición de basalto a una andesita básica.</p>
42 - 44	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma subredondeada y de esquirlas, de tamaño lapilli, de color gris oscuro a negro dominante, algunos son de color gris parduzco, de aspecto escoraceo o de pómez, los minerales que presentan son raros y pequeños.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica en general.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> En la muestra se tienen dos tipos de fragmentos de roca, con diferentes coloraciones, una es de color negro con aspecto vesicular, y el otro caso es un vidrio gris ligeramente verdoso y vesicular.</p> <p><u>Textura:</u> Para los dos casos es vitroclástica vesicular, la diferencia consiste en la coloración del vidrio y la presencia de microlitos en mayor o menor cantidad.</p> <p><u>Mineralogía:</u> Para los dos tipos se identificó la siguiente asociación: plagioclasa + augita + magnetita, en el vidrio negro olivino + plagioclasa.</p> <p><u>Matriz:</u> Es vítreo para los dos casos, su color permite establecer, la presencia de dos tipos de fragmentos. En los dos casos es vesicular y contiene pequeñas agujas de plagioclasa en diferentes cantidades.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un horizonte escoraceo o de una ceniza gruesa, posiblemente estratificado, que tiene la composición de un basalto.</p>
50 - 52	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma subredondeada y de esquirlas, de tamaño lapilli, de color gris oscuro a negro dominante, algunos son de color gris parduzco, de aspecto escoraceo o de pómez, los minerales que presentan son raros y pequeños.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica en general.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Aparentemente son fragmentos del mismo tipo de roca, formada por un vidrio y fragmentos pequeños de minerales y rocas.</p>

	<p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por pequeños fragmentos de feldespato, ferromagnesianos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> Se identificó la siguiente asociación plagioclasa + augita con escasos olivinos e hiperstena, escasos granos de magnetita y roca de la misma composición.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como, un horizonte escoraceo a una sucesión de capas de lapilli de composición basáltica o de andesita básica.</p>
56 -74	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, su forma es de esquirla o subredondeada, de color gris claro.</p> <p><b>Fábrica:</b> Afanítica en general.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de pequeños cristales, cementados por vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> De tipo subofítico, formado por una gran cantidad de pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> Se establece la siguiente asociación: plagioclasa + augita +, raros o escasos granos de magnetita, raros anfíboles.</p> <p><b>Matriz:</b> Es un vidrio transparente que localmente presenta, ligeros tintes rojizos y cementa a los microlitos antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como, un depósito piroclástico consolidado o probablemente soldado con un aspecto de lava, de composición andesítica básica.</p>
76 - 78	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro y forma de esquirla y subredondeados, predominando las formas de esquirlas.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, en algunos fragmentos se identificaron escasos microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de pequeños cristales cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Subofítica, constituida por abundantes y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y raros líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> Se establece la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena +augita + escasa magnetita, de forma esporádica se identifican, fragmentos de cuarzo y más raros de olivino.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un depósito piroclástico muy consolidado o pobremente soldado, con aspecto de flujo de lava, de composición andesítica.</p>
82 - 84	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro y forma de esquirla y subredondeados, predominando las formas de esquirlas.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, en algunos fragmentos se identificaron escasos microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de pequeños cristales cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Microlítica formada por una gran cantidad de pequeños cristales de feldespato y algunos líticos de composición semejante.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los microlitos impide una identificación precisa, pero se puede establecer la siguiente asociación: olivino + augita + plagioclasa + magnetita (escasa) y esporádicos fragmentos de cuarzo.</p> <p><b>Matriz:</b> Es un vidrio transparente que cementa a los microlitos y huecos antes mencionados.</p>

	<p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como, un depósito piroclástico posiblemente estratificado, de composición andesítica.</p>
86 - 88	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, su forma es de esquirla o subredondeada, de color gris claro.</p> <p><b>Fábrica:</b> Afanítica en general.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de pequeños cristales, cementados por vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> De tipo subofítico, formado por una gran cantidad de pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> Se establece la siguiente asociación: plagioclasa + augita +, raros o escasos granos de magnetita, raros anfíboles.</p> <p><b>Matriz:</b> Es un vidrio transparente que localmente presenta, ligeros tintes rojizos y cementa a los microlitos antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como, un depósito piroclástico consolidado o probablemente soldado con un aspecto de lava, de composición andesítica básica.</p>
92 - 94	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, de color gris, forma subangulosos a subredondeados, escasa esquirlas, en general presenta un aspecto de arena gruesa, con fragmentos de tamaño lapilli.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos de roca y pequeños cristales.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formadas por fragmentos de roca y algunos cristales de roca y algunos cristales pequeños.</p> <p><b>Mineralogía:</b> Por el tamaño de los cristales impide una identificación precisa, sin embargo se puede establecer la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + y en forma esporádica cuarzo, rarísimo olivino y pequeños fragmentos de roca.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como, un depósito piroclástico, posiblemente estratificado ya que los fragmentos tienen el tamaño de lapilli, de composición andesítica.</p>
96 - 98	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, de color gris, forma subangulosos a subredondeados, escasa esquirlas, en general presenta un aspecto de arena gruesa, con fragmentos de tamaño lapilli.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos de roca y pequeños cristales.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formadas por pequeños cristales de feldespato y algunos ferromagnesianos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + augita + raros minerales de hiperstena + esporádicos de olivino + líticos.</p> <p><b>Matriz:</b> Es un vidrio negro coloreado por pequeños grumos de magnetita en los líticos presentes, en general es un vidrio transparente.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como: parte de un depósito piroclástico que probablemente forma capas de lapilli estratificadas.</p>
106 - 108	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con formas subredondeadas y de esquirlas, de color gris.</p>

	<p><b>Fábrica:</b> Afanítica.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos de roca y pequeños cristales.</p> <p><b>Textura:</b> Los fragmentos más abundantes tienen textura microlítica, formada por mal desarrollo de feldespato y escasos fragmentos de olivino, la textura de este caso es vitroclástica.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + fragmentos de olivino.</p> <p><b>Matriz:</b> en los fragmentos más abundantes se observa un vidrio de color gris con negro que cementa a los minerales mencionados, también se observa algunos fragmentos vítreos reemplazados por calcita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra que deriva de un depósito piroclástico, posiblemente estratificado de composición basáltica.</p>
110 - 112	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra del mismo tipo de roca, de color gris claro y forma de esquirla predominantemente.</p> <p><b>Fábrica:</b> Microcristalina que ocasionalmente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos de roca y pequeños cristales.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por ferromagnesianos cementados por un vidrio transparente.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa mal desarrollada + pequeños piroxenos (augita) + hiperstena + esporádicos fragmentos de olivino, así como raros cristales de magnetita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como parte de un depósito piroclástico muy consolidado o probablemente soldado, con el aspecto de flujo de lava, de composición andesita básica.</p>
114 - 116	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro y con forma de esquirlas predominantemente.</p> <p><b>Fábrica:</b> Microcristalina que ocasionalmente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos de roca y pequeños cristales.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica formada por fragmentos de plagioclasa y piroxenos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa mal desarrollada + pequeños piroxenos (augita) + hiperstena + esporádicos granos de magnetita.</p> <p><b>Matriz:</b> En general es un vidrio transparente, que puntualmente está coloreado de gris a negro, debido a los abundantes grupos de magnetita que contiene.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra que deriva de un depósito piroclástico estratificado de composición andesítica.</p>
120 - 122	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra del mismo tipo de roca, de color gris claro y forma de esquirla predominantemente.</p> <p><b>Fábrica:</b> Microcristalina que ocasionalmente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos de roca y pequeños cristales.</p>

	<p><u>Textura:</u> Vitroclástica, formada por ferromagnesianos cementados por un vidrio transparente.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa mal desarrollada + pequeños piroxenos (augita) + hiperstena + esporádicos fragmentos de olivino, así como raros cristales de magnetita.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como parte de un depósito piroclástico muy consolidado o probablemente soldado, con el aspecto de flujo de lava, de composición andesita básica.</p>
136 - 138	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma de esquirla y subredondeados, de color gris claro, a veces presenta una coloración parda que puede atribuirse a la alteración del material.</p> <p><u>Fábrica:</u> afanítica</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños gránulos de ferromagnesianos y feldespato cementados por vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> De tipo subofítico formado por pequeños microlitos de ferromagnesianos feldespato.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + piroxenos + raros olivinos + ocasionalmente anfíboles y reemplazamiento de algunos ferromagnesianos a calcita.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente, localmente coloreado a un tono amarillento que cementa los pequeños cristales antes mencionados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como parte de un flujo de lava cuya composición, andesítica.</p>
140 - 142	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma de esquirla y subredondeados, de color gris claro, a veces presenta una coloración parda que puede atribuirse a la alteración del material.</p> <p><u>Fábrica:</u> afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños gránulos de ferromagnesianos, feldespato y algunos líticos cementados por vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Tipo Microlítica.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + augita + anfíbol? +pequeños gránulos de magnetita.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente que cementa a los pequeños cristales antes mencionados, algunos presentan una ligera alteración a clorita o son reemplazados por calcita, aspecto que es más frecuente en los ferromagnesianos.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como parte de un flujo de lava cuya composición, andesítica.</p>
146 - 148	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma de esquirla y subredondeados, de color gris claro, a veces presenta una coloración parda que puede atribuirse a la alteración del material.</p> <p><u>Fábrica:</u> afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños gránulos de ferromagnesianos, feldespato y algunos líticos cementados por vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Tipo Microlítica.</p>

	<p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + augita + anfíbol? +pequeños gránulos de magnetita.</p> <p><u>Matriz:</u> es un vidrio transparente que cementa a los pequeños cristales antes mencionados, algunos presentan una ligera alteración a clorita o son reemplazados por calcita, aspecto que es más frecuente en los ferromagnesianos.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como parte de un flujo de lava cuya composición, andesítica.</p>
152 - 154	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, con forma de esquirla y subredondeados, de color gris claro, a veces presenta una coloración parda que puede atribuirse a la alteración del material, en general la muestra tiene aspecto de arena gruesa de tamaño de lapilli.</p> <p><u>Fábrica:</u> afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales cementados por un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Tipo Microlítica formada por pequeños cristales o gránulos de feldespato ferromagnesianos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + escasos granos de magnetita.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente que cementa los microlitos antes mencionados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como parte de un depósito piroclástico de composición andesítica, quizá se trate de una secuencia en capas.</p>
164 - 166	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, de forma subredondeada y esquirlas (en menor cantidad), tiene un color gris claro, pardo grisáceo o rojizo, su tamaño es de lapilli.</p> <p><u>Fábrica:</u> En general es afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de fragmentos y microlitos de reducido tamaño, son feldespatos y ferromagnesianos, acompañados de esporádicos líticos pequeños.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, formada por microlitos y fragmentos de feldespato y ferromagnesianos, a veces sólo son fragmentos de esos minerales acompañados de líticos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena +augita + escasos gránulos de magnetita y pequeños líticos.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente localmente coloreado de un tono café que cementa a los elementos antes mencionados. Los líticos por lo común tienen una matriz formada por un vidrio negro que cementa a los microlitos de feldespato, olivino y piroxenos.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un material que deriva de una capa de lapilli que contiene bloques grandes.</p>
170 - 172	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, de forma subredondeada y esquirlas (en menor cantidad), tiene un color gris claro, pardo grisáceo o rojizo, su tamaño es de lapilli.</p>

	<p><b>Fábrica:</b> En general es afanítica.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de fragmentos y microlitos de reducido tamaño, son feldespatos y ferromagnesianos, acompañados de esporádicos líticos pequeños.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por microlitos y fragmentos de feldespato y ferromagnesianos, a veces sólo son fragmentos de esos minerales acompañados de líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + escasos gránulos de magnetita y pequeños líticos.</p> <p><b>Matriz:</b> Es un vidrio transparente localmente coloreado de un tono café que cementa a los elementos antes mencionados. Los líticos por lo común tienen una matriz formada por un vidrio negro que cementa a los microlitos de feldespato, olivino y piroxenos.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un material que deriva de una capa de lapilli que contiene bloques grandes.</p>
178 - 180	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos del mismo tipo de roca, de forma subredondeada y esquirlas (en menor cantidad), tiene un color gris claro, pardo grisáceo o rojizo, su tamaño es de lapilli, hay un predominio de fragmentos subredondeados por lo que se interpreta un contacto con lava cerca de este depósito.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general es afanítica, con esporádicos microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de pequeños microlitos o fragmentos de estos cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica formada por microlitos de feldespato, ferromagnesianos y líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + escasos gránulos de magnetita y pequeños líticos.</p> <p><b>Matriz:</b> Es un vidrio transparente localmente coloreado de un tono café que cementa a los elementos antes mencionados. Los líticos por lo común tienen una matriz formada por un vidrio negro que cementa a los microlitos de feldespato, olivino y piroxenos, se puede observar una ligera alteración a clorita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un material piroclástico que está muy cerca de un contacto de lava de composición andesítica.</p>
190 - 192	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro y forma de esquirlas a subredondeadas.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Se observa un conjunto de pequeños microlitos y fragmentos de ferromagnesianos, feldespatos y escasos líticos cementados por vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por un vidrio y diminutos cristales de feldespato y ferromagnesianos, algunos presentan una ligera cloritización.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: olivino + hiperstena + plagioclasa + esporádica magnetita.</p>

	<p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente localmente coloreado con tintes café rojizos y con algunas vesículas, este cementa a los minerales antes mencionados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un flujo de lava de composición andesítica básica o tal vez un depósito piroclástico muy compactado o probablemente soldado, que puede formar un flujo de cenizas con una concentración elevada de clastos que explican las esquirlas.</p>
196 - 198	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro y forma de esquirlas a subredondeadas.</p> <p><u>Fábrica:</u> En general afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños microlitos y fragmentos de ferromagnesianos, feldespatos y escasos líticos cementados por vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, formada por un vidrio y diminutos cristales de feldespato y ferromagnesianos, algunos presentan una ligera cloritización.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + esporádica anfíbol, raros fragmentos de olivino y escasos gránulos de magnetita.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente localmente coloreado con tintes café rojizos y con algunas vesículas, este cementa a los minerales antes mencionados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera esta muestra como un flujo de lava de composición andesítica básica o tal vez un depósito piroclástico muy compactado o probablemente soldado, que puede formar un flujo de cenizas con una concentración elevada de clastos que explican las esquirlas.</p>
202 - 204	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Aparentemente este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita +anfíbol? Y escasos granos de magnetita, acompañando a estos se encuentran raros fragmentos de cuarzo y líticos.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado que sufrió parcialmente hidrotermalismo, confirmándose con la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
214 - 216	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Aparentemente este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p>

	<p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + anfíbol? Y escasos granos de magnetita, acompañando a estos se encuentran raros fragmentos de cuarzo y líticos.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado, que sufrió parcialmente hidrotermalismo, que se confirma con la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
220 - 222	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Apparently este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + esporádicos anfíboles y gránulos de magnetita, así como algunos líticos de composición basáltica.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados y tiene esporádicas vesículas.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado que sufrió parcialmente hidrotermalismo, confirmándose con la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
232 - 234	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Apparently este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + esporádicos anfíboles y gránulos de magnetita, así como algunos líticos de composición basáltica.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados y tiene esporádicas vesículas.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado que sufrió parcialmente hidrotermalismo, confirmándose con</p>

	<p>la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
238 - 240	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Aparentemente este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + esporádicos anfíboles y gránulos de magnetita, así como algunos líticos de composición basáltica.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados y tiene esporádicas vesículas.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado, que sufrió parcialmente hidrotermalismo, que se confirma con la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
250 - 252	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Aparentemente este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + esporádicos anfíboles y gránulos de magnetita, así como algunos líticos de composición basáltica.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados y tiene esporádicas vesículas.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado que sufrió parcialmente hidrotermalismo, confirmándose con la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
256 - 258	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, crema o blanco, su forma es subredondeada o de esquirlas, predomina el primer tipo. Aparentemente este material sufrió hidrotermalismo, lo cual lo sugieren los fragmentos blancos.</p> <p><u>Fábrica:</u> Afanítica.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales y fragmentos de estos cementados en un vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, ligeramente vesicular formada por pequeños cristales y microlitos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + esporádicos anfíboles y</p>

	<p>gránulos de magnetita, así como algunos líticos de composición basáltica.</p> <p><u>Matriz:</u> Es un vidrio transparente ligeramente coloreado a un tono café que cementa a los minerales antes mencionados y tiene esporádicas vesículas.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas y el predominio de tamaño de lapilli, se considera que se trata de un depósito piroclástico posiblemente estratificado que sufrió parcialmente hidrotermalismo, confirmando con la presencia de fragmentos blancos caolinizados y ligera cloritización que presentan algunos ferromagnesianos, cuya composición es andesítica.</p>
262 - 264	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina el primer tipo de forma. Los fragmentos pardos corresponden a los efectos de escape de gases después del depósito, debido probablemente a actividad fumarólica.</p> <p><u>Fábrica:</u> afanítica con la presencia de pequeños microlitos de feldespato.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales, acompañados por minúsculos líticos cementados por vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + augita + escasos gránulos de magnetita, así como escasos cristales de olivino, anfíboles, cuarzo, muscovita y pequeños líticos.</p> <p><u>Matriz:</u> Vidrio transparente que cementa a los minerales antes mencionados, esporádicamente presenta un tinte café, así como algunos líticos vitreos que están alterados a calcita.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico posiblemente estratificado que contiene clastos de lava, que justifica la forma de esquirlas.</p>
268 - 270	<p><u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><u>Fábrica:</u> afanítica con la presencia de pequeños microlitos de feldespato.</p> <p><u>Descripción Microscópica:</u> Se observa un conjunto de pequeños cristales, acompañados por minúsculos líticos cementados por vidrio.</p> <p><u>Textura:</u> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><u>Mineralogía:</u> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + gránulos de magnetita, escasos o raros fragmentos de cuarzo, anfíbol y líticos.</p> <p><u>Matriz:</u> Vidrio transparente que cementa a los minerales antes mencionados, esporádicamente presenta un tinte café, así como algunos líticos vitreos que están alterados a calcita.</p> <p><u>Clasificación:</u> Tomando como base la mineralogía identificada, las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico muy compactado o probablemente compactado, de composición andesítica.</p>
274 - 276	<p><u>Descripción Megascópica:</u> <u>Descripción Megascópica:</u> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><u>Fábrica:</u> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p>

	<p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + olivino y cuarzo, así como escasos gránulos de magnetita y líticos vítreos que pueden ser de pómez o de roca basáltica.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico, con fragmentos de lava, muy abundantes a cierto grado de soldamiento, bien se puede hablar de una secuencia estratificada de brecha.</p>
280 - 282	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + olivino y cuarzo, así como escasos gránulos de magnetita y líticos vítreos que pueden ser de pómez o de roca basáltica.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico posiblemente estratificado con líticos vítreos de composición andesítica.</p>
286 - 288	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + olivino y cuarzo, así como escasos gránulos de magnetita y líticos vítreos que pueden ser de pómez o de roca basáltica.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico posiblemente estratificado con líticos vítreos de composición andesítica.</p>
292 - 294	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p>

	<p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + olivino y cuarzo, así como escasos gránulos de magnetita y líticos vítreos que pueden ser de pómez o de roca basáltica.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico, con fragmentos de lava, muy abundantes a cierto grado de soldamiento, bien se puede hablar de una secuencia estratificada de brecha.</p>
298 - 300	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + olivino y cuarzo, así como escasos gránulos de magnetita y líticos vítreos que pueden ser de pómez o de roca basáltica.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico posiblemente estratificado con líticos vítreos de composición andesítica.</p>
304 - 306	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, de color gris claro, gris parduzco y forma subredondeada a esquirlas, predomina la forma subredondeada.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + olivino y cuarzo, así como escasos gránulos de magnetita y líticos vítreos que pueden ser de pómez o de roca basáltica.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico posiblemente estratificado con líticos vítreos de composición andesítica.</p>
310 - 312	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca aparentemente de dos tipos, de color gris, gris claro, pardo amarillento y blanco, con forma subredondeada y esquila.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p>

	<p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de fragmentos y pequeños cristales de feldespato, ferromagnesianos y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena + escaso olivino y gránulos de magnetita.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra representa a un depósito piroclástico, probablemente en capas gruesas mayor a un metro debido a la cercanía de la fuente que los expulsó, por lo general estas muestras llegan a presentar ligeros indicios de alteración, atribuible a fluidos calientes que se escapan después de su depósito o a un corto periodo de actividad fumarólica.</p>
316 - 318	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca aparentemente de dos tipos, de color gris, gris claro, pardo amarillento y blanco, con forma subredondeada y esquila.</p> <p><b>Fábrica:</b> En general afanítica, aunque esporádicamente presenta microlitos de feldespato.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de pequeños cristales y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa + hiperstena, esporádicos y escasos fragmentos de olivino y cuarzo.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados, así como algunos líticos de composición basáltica y vítrea, estos últimos están alterados a calcita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico, posiblemente de un flujo con aspecto de la a, cuya composición es de andesita básica.</p>
322 - 324	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, que tiene el aspecto de una arena, su forma es subredondeada y de esquirlas, su color es gris, gris claro, algunas veces pardo amarillento, estas características permiten hablar de una secuencia de capas mal consolidadas de fragmentos de tamaño de lapilli, con clastos de tamaño grande.</p> <p><b>Fábrica:</b> En los fragmentos más grandes se aprecian pequeños puntos blancos de posibles feldespatos que induce a una fábrica microcristalina.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de pequeños cristales y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa, escaso olivino, rara hiperstena, así como esporádicos gránulos de magnetita y fragmentos de cuarzo.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados, así como algunos líticos de composición basáltica y vítrea, estos últimos están alterados a calcita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico seguramente estratificado en capas de ( 5 - 15 cms), con fragmentos de cuarzo.</p>

334 - 336	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, que tiene el aspecto de una arena, su forma es subredondeada y de esquirlas, su color es gris, gris claro, algunas veces pardo amarillento, estas características permiten hablar de una secuencia de capas mal consolidadas de fragmentos de tamaño de lapilli, con clástos de tamaño grande.</p> <p><b>Fábrica:</b> En los fragmentos más grandes se aprecian pequeños puntos blancos de posibles feldespatos que induce a una fábrica microcristalina.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de pequeños cristales y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa, escaso olivino, rara hiperstena, así como esporádicos gránulos de magnetita y fragmentos de cuarzo.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados, así como algunos líticos de composición basáltica y vítrea, estos últimos están alterados a calcita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico seguramente estratificado en capas de ( 5 - 15 cms), con fragmentos de cuarzo.</p>
340 - 342	<p><b>Descripción Megascópica:</b> Muestra con fragmentos de roca del mismo tipo, que tiene el aspecto de una arena, su forma es subredondeada y de esquirlas, su color es gris, gris claro, algunas veces pardo amarillento, estas características permiten hablar de una secuencia de capas mal consolidadas de fragmentos de tamaño de lapilli, con clástos de tamaño grande.</p> <p><b>Fábrica:</b> En los fragmentos más grandes se aprecian pequeños puntos blancos de posibles feldespatos que induce a una fábrica microcristalina.</p> <p><b>Descripción Microscópica:</b> Conjunto de pequeños cristales y líticos, cementados por un vidrio.</p> <p><b>Textura:</b> Vitroclástica, formada por fragmentos y pequeños cristales de feldespato y ferromagnesianos, acompañados de fragmentos líticos.</p> <p><b>Mineralogía:</b> El tamaño de los cristales impide la identificación precisa de los minerales, sin embargo se puede definir la siguiente asociación: plagioclasa, escaso olivino, rara hiperstena, así como esporádicos gránulos de magnetita y fragmentos de cuarzo.</p> <p><b>Matriz:</b> Vidrio transparente que cementa a los fragmentos y cristales antes mencionados, así como algunos líticos de composición basáltica y vítrea, estos últimos están alterados a calcita.</p> <p><b>Clasificación:</b> Tomando como base la mineralogía identificada y las características antes mencionadas, se considera que la muestra deriva de un depósito piroclástico seguramente estratificado en capas de ( 5 - 15 cms), con fragmentos de cuarzo.</p>

**Nota:** Los análisis petrográficos fueron asesorados personalmente por el Dr. Luis Silva Mora en el Instituto de Geología de la UNAM.

### IV.3 Análisis Geoquímicos

Los análisis químicos tienen como principal finalidad, identificar y cuantificar la abundancia de los elementos mayores, menores y traza que constituyen una roca, así como la distribución de los elementos químicos en forma nativa o como compuestos en distintos ambientes.

Además de los métodos tradicionales de los análisis químicos, existen otros que tiene la capacidad de complementar a detalle toda la información que arroja un análisis; tal es el caso de los métodos de barrido electrónico y difracción de rayos X, los cuales se aplican principalmente en partículas de tamaño muy fino como limos y arcillas.

Para la elaboración de este trabajo se consideró la información que se obtuvo, a partir del análisis de partículas de tamaños de arcillas por el método de difracción de rayos X; del Pozo Peñón 2.

La información que se obtuvo fue una serie de gráficas que se compararon con las tablas de Cooper, con lo cual se determinó el valor que existe entre los planos cristalográficos de los minerales identificados (**Int**).

Los valores obtenidos (**dA**) se comparan en el Mineral Powder Diffraction File Serch Manual, reconociendo de esta manera el nombre del mineral representado por los valores.

Debido a la amplia información que se despliega en las gráficas sólo a continuación se mencionaran las características generales de los minerales identificados en las arcillas.

**Tabla IV.3.a**

<b>CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub></b>	<b><i>dA</i></b>	<b><i>Int</i></b>
Silico Aluminato de Calcio <b>Anortita</b>		
<b>Sis. Triclinico</b>	6.81	1
	6.52	9
	6.42	1
<b>a 8.184 b 12.865 c 14.150</b>	6.35	<1
	5.79	1
<b>α 92.28 β 115.9 γ 91.62</b>	5.10	<1
	4.69	11
	4.04	60
	3.92	11
	3.78	20
<b>Color</b> incoloro, blanco. Gris, rojo, amarillo, verde	<b>Relieve</b> Perfecto n > balsamo	<b>Angulo 2V</b> 77° a 79°
<b>Exfoliación.</b> [001] perfecta [010] menos perfecta [110] imperfecta	<b>Birrefringencia</b> Débil n <sub>γ</sub> - n <sub>α</sub> = 0.012 a 0.013	<b>Extinción</b> 51° a 70°

**Tabla IV.3.b**

<b>CaCO<sub>3</sub></b>	<b><i>dA</i></b>	<b><i>Int</i></b>
Carbonato de Calcio <b>Calcita</b>		
<b>Sis. Hexagonal (subsistema romboédrico)</b>	3.860	12
	3.035	100
	2.845	3
<b>a 4.990 b c 17.002</b>	2.495	14
	2.285	18
<b>α β γ</b>	2.095	18
	1.927	5
	1.913	17
	1.875	17
	1.626	4
<b>Color</b> usualmente blanco o incoloro; puede tener tintes de gris, rojo, verde, azul, amarillo	<b>Relieve</b> Varia con la dirección	<b>Angulo 2V</b> -----
<b>Exfoliación</b> [1011] perfecta [0112] menos perfecta	<b>Birrefringencia</b> Extrema n <sub>o</sub> - n <sub>e</sub> = 0.172	<b>Extinción</b> simétrica

**Tabla IV.3.c**

<b>FeAl<sub>2</sub>SiO<sub>5</sub>(OH)<sub>2</sub></b>	<b><u>dA</u></b>	<b><u>Int</u></b>
Silico aluminato de fierro hidratado <b>Clorita</b>		
<b>Sis. Monoclínico</b>	4.741	10
	4.644	10
	4.470	100
<b>a 9.483 b 5.487 c 18.187</b>	4.355	10
	3.808	20
<b>α 96.88° β 101.9° γ 90.03°</b>	3.604	10
	3.520	30
	3.421	30
	3.080	40
	3.004	10
<b>Color</b> varios tonos de verde	<b>Relieve</b> Moderado a moderadamente alto	<b>Angulo 2V</b> 51° a 55°
<b>Exfoliación.</b> En una dirección paralela a [001]	<b>Birrefringencia</b> Débil $n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0.001$ a 0.011	<b>Extinción</b> Paralela a casi paralela

**Tabla IV.3.d**

<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b><u>dA</u></b>	<b><u>Int</u></b>
Oxido de silicio <b>Cristobalita</b>		
<b>Sis. Tetragonal</b>	4.050	100
	3.520	4
	3.135	11
<b>a 4.971 b c 6.918 A C 1.3917</b>	2.841	13
	2.485	20
<b>α β γ Z 4</b>	2.465	5
	2.340	1
	2.118	5
	2.019	3
	1.929	5
<b>Color</b> incolora	<b>Relieve</b> Moderado $n < \text{bálsamo}$	<b>Angulo 2V</b> —
<b>Exfoliación.</b> Tiene una fractura curvada peculiar altamente característica	<b>Birrefringencia</b> Muy débil $n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0.003$	<b>Extinción</b> Paralela a casi paralela

Tabla IV.3.e

$K_{0.5}Al_2(Si, Al)_4 O_{10}(OH)_2 \cdot 2H_2O$	<u>dA</u>	<u>Int</u>
Hidróxido aluminio silicato hidratado de potasio <b>Illita - Montmorillonita</b>		
<b>Sis.</b> Ortorómbico	12.60	70
a 5.2   b 8.9   c 13.0   A   C	9.500	90
$\alpha$ $\beta$ $\gamma$ Z 2	5.170	40
	4.460	30
	3.330	100
<b>Color</b> incolora, rosa pálido, pardo amarillento	<b>Relieve</b> Bajo n> balsamo	<b>Angulo 2V</b> 10° a 25°
<b>Exfoliación.</b> Tiene una fractura curvada peculiar altamente característica	<b>Birrefringencia</b> Moderada $n_\gamma - n_\alpha = 0.021$	<b>Extinción</b> paralela

Tabla IV.3.f

$(Mg, Al)_3(Si, Al)_4 O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$	<u>dA</u>	<u>Int</u>
Hidróxido aluminio silicato hidratado de magnesio <b>Vermiculita</b>		
<b>Sis.</b> Monoclínico	14.344	100
a 5.349   b 9.255   c 28.89   A   C	4.7780	9
$\alpha$ $\beta$ 97.12 $\gamma$ Z 4	4.6270	11
	4.6250	1
	4.6040	15
	4.5680	24
	4.5280	5
	4.4710	35
	4.3340	22
	4.2530	2
<b>Color</b> café y amarillo bronce	<b>Relieve</b> Bajo n> balsamo	<b>Angulo 2V</b> 0°
<b>Exfoliación.</b> Imperfecta {221}	<b>Birrefringencia</b> Moderada $n_\gamma - n_\alpha = 0.021$	<b>Extinción</b> paralela

**Tabla IV.3.g**

<b>Si O<sub>2</sub> (H<sub>2</sub> O)</b>	<b><u>da</u></b>	<b><u>Int</u></b>
<b>Silicato Hidratado</b> <b>Ópalo</b>		
<b>Sis. Mineraloide</b>	4.9440	90
	4.7780	9
	4.6270	11
<b>a</b> 3.691 <b>b</b> <b>c</b> 6.123 <b>A</b> <b>B</b> <b>C</b> 1.390	4.6250	1
	3.8040	15
<b>α</b> <b>β</b> <b>γ</b> <b>Z</b> 2	3.2680	24
	2.5280	5
	2.4710	35
	4.3340	22
	1.9999	2
<b>Color</b> de incoloro a gris pardo pálido	<b>Relieve</b> Bastante alto n < bálamo	<b>Angulo 2V</b> 0°
<b>Exfoliación.</b> Ausente	<b>Birrefringencia</b> Nula a débil	<b>Extinción</b> -----

**Nota** La información de cada tabla fue tomada y modificada del Manual de Difracción de Rayos X.

## Bibliografía Citada

1. Aguayo Camargo J. Eduardo, Marín Córdoba S., Sánchez Díaz F. 1989, Evolución geológica de la cuenca de México, Simposio sobre Tópicos Geológicos de la Cuenca del Valle de México. , Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C., Págs. 25 - 41.
2. Aguayo Camargo J. E. y Marín Córdoba S., 1987, Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos postcretácicos de México. Bol. Soc. Geol. Mexicana, tomo XLVIII, N° 2, p. 15 - 39.
3. Bryan Kirk, 1948, Aplicación del criterio edafológico a la determinación de la edad de los volcánes en la Cuenca de México. Bol. Soc. Geol. Mexicana, vol. 13, p. 14-19.
4. Carrasco Nuñez, G., 1985, Estudio geológico del volcán Popocatepetl. Tesis de Ing. Geólogo. , Fac. Ing., UNAM.
5. Convenio entre el Gobierno del D.F. a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y el Instituto de Geología de la UNAM, 1999 - 2000, Estudios análisis sedimentológicos, Determinaciones petrográficas y análisis de Difracción de Rayos X; así como la descripción litológica de los perfiles de 12 pozos de reposición de la DGCOH, Anexo I recopilación Bibliográfica, Anexo II (3 Tomos) Análisis Sedimentológicos, Anexo III (2 Tomos) Difracción de Rayos X, Enero 2000, Instituto de Geología UNAM.
6. Corrales Zarauza I., Rosell Sanuy J., Sánchez de la Torre L., Vera Torres J., Vilas Minando L., 1977, Estratigrafía, 2ª. edición, Madrid España, -editorial Rueda, p. 707.
7. De Cserna, Zoltán. , M. de la Fuente. Duch. , M. Palacios Nieto. , L. Triay. , L.M. Mitre Salazar y R. Mota Palomino, 1987 (1988), Estructura geológica, gravimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la cuenca de México. Bol. 104, Int. Geol. UNAM, México, D.F.
8. Delgado Granados, H. y Martín del Pozzo A.L., 1993, Plioceno to Holoceno volcanic geology at the junction of las Cruces, Chichinautzin and Ajusco ranges, southwest of México city; Geofísica Internacional, Vol. 32, N° 3, Pags 511 - 522.
9. Enciso De la Vega S., 1992, Propuesta de nomenclatura estratigráfica para la Cuenca de México. Instituto de Geología, Revista, Vol. 10, N°1, p. 26 - 36.
10. Fries Carl, Jr., 1960, Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región centro meridional de México. , Bol. 60, 236, Inst. Geol. UNAM, México, D.F.

11. García de Miranda Enriqueta, 1988, Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), 4ª edición, Indianapolis 30, México 18, D.F., p. 219.
12. Geyne A.R., Fries Carl Jr., Segerstrom K., Black R.E., e Wilson I.F., 1963, Geología y yacimientos minerales del distrito minero Pachuca - Real del Monte, estado de Hidalgo, 1ª edición, México D.F., editorial Helio- México, 15 de Abril, p. 222
13. Gutiérrez Muñoz Cornelio, 1947, Bosquejo geológico e hidrológico de la Cuenca del Valle de México. Tesis de Ing. Geol. , Fac. Ing. UNAM. p. 134.
14. Jaimes Palomera R., Vázquez Sánchez E., 1989, Geología de la Cuenca de México, Geofísica internacional, Revista, vol. 28, Nº 2, p. 159 - 189.
15. Kerr Paul F., 1965, Optical mineralogy; 3rd ED. New York, McGraw - Hill, 433p.
16. Lugo Hubp J., 1984, Geomorfología del sur de la Cuenca de México; Serie Varia T I, Nº 9, Instituto de Geografía de la UNAM, México.
17. Malpica Cruz V., Barceló Duarte J., Barradas Jiménez J., Moya Sánchez J., Monroy Santiago F., 1993, Cuaderno de Prácticas, Laboratorio de Sedimentología, 1ª edición, México D.F., Facultad de Ingeniería, UNAM, Marzo de 1994.
18. Manzanilla Linda, 1987, Bibliografía de la Cuenca de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM.
19. Martínez Rodríguez E., 1987, Evolución geológica de la Cuenca de México, VIII Cong. Nal. Geol. Mexicano, Mesa redonda - 2 (resúmenes), p. 206
20. Mooser F., Nairn A. y Negendank J., 1974, Paleomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks; part 8, A paleomagnetic and petrologic study of volcanics of the Valley of Mexico: Geologische Rundschau, v. 63, p. 451 - 483.
21. Ortega Gutiérrez F., Mitre Salazar L.M., Roldan Quintana J., Aranda Gómez J., Moran Centeno D., Alaniz Álvarez A., y Nieto Samaniego F. A., 1992, Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la Republica Mexicana Escala 1: 2 000 000, 5ª edición, México D.F., Publicado por el Instituto de Geología de la UNAM y el Consejo de Recursos Minerales, Abril 1992, p. 74
22. Peter Bayliss, Dick C. Erd, Mary E Mrose, Ann P. Sabinar, Dean K. Smith. 1986, Mineral powder diffraction file, data book, International Center for Diffraction data, 1061 Park lane - Swarthmore, PA., U.S.A., P. 365

23. Peter Bayliss, Dick C. Erd, Mary E Mrose, Ann P. Sabinar, Dean K. Smith., 1986, Mineral powder diffraction file, Search Manual, International Center for Diffraction data, 1061 Park lane - Swarthmore, PA. U.S.A., P. 467
24. Sánchez Díaz L.F., 1989, Los acuíferos de la Ciudad de México, su estado actual y alternativo de solución para su control y conservación. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, ESIA, p. 382
25. SARH, 1994, Inventario nacional forestal periódico 1992 - 1994, México.
26. Schlaepfer Carmen, 1968, Resumen de la geología de la hoja de México. Distrito Federal y Estado de México y Morelos, Carta Geológica de México, Hoja México: 14 Q-(5), Esc. 1: 100 000. Instituto de Geología, UNAM.
27. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2000, Evaluación y recomendaciones para los asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo geológico, en ocho sitios de la Sierra de Santa Catarina, Delegación Iztapalapa, Ciudad de México, Dirección General de Desarrollo Urbano, 18 de Enero del 2000 (inédito).
28. Segerstrom K., 1961, Geología del SW del Estado de Hidalgo y del Estado de México, Bol. Asoc. Mex. Petrol., XVII, 3 y 4.
29. Ríos Elizondo Roberto, 1973, Memorias del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal, Toma I, México 2, D.F. P. 185.
30. UNESCO, 1996, International Stratigraphic Chart, 1996.
31. White, S. E., Probable substages of glaciation on Iztaccíhuatl, México. Journal Geology. N° 64, p. 289 - 295.

## **Bibliografía**

### ***Generalidades sobre la Cuenca de México.***

- Apenes Ola, 1947, Mapas antiguos del Valle de México, Instituto de Historia, UNAM, Pú. 4, México.
- Atlas de la Ciudad de México, 1981, Departamento del distrito Federal, México.
- Baños Envida, 1981, Relación de planos microfilmados en S.C.O.P, Departamento de Salvamento Arqueológico, Instituto Nacional de Antropología e Historia. 83-1.
- Bárcena Mariano, 1876, The Valley of México. Philadelphia (1).
- Borja Osorno, Ángel, 1948, Carta del Valle de México, Ingeniería Hidráulica en México 2(1): 14 - 22.
- Carrera Stampa, Manuel, 1949, Planos de la Ciudad de México desde 1521 hasta nuestros días, Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística 67 (2-3), México: 265-429.
- González A., 1978, Cuenca de México, En: Enciclopedia de México, t. VIII, México: 1063-1083.
- Manzanilla L., 1986, Relación de los sismos ocurridos en la Ciudad de México y sus efectos, Revista Mexicana de Sociología año XLVIII, no. 2, abril - junio, UNAM: 265-282.
- Mooser, F.; Sydney E. Y José L. Lorenzo, 1956, La Cuenca de México: consideraciones geológicas y arqueológicas. Dir. de Prehistoria, Pú. 2, INHA, México.

### ***Geología de la Cuenca de México.***

- Álvarez Román, 1987, Configuración profunda del Valle de México; un estudio gravimétrico, comunicaciones técnicas no. 474, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM, México.
- Arellano A., 1946, Datos geológicos sobre la antigüedad de hombre en la Cuenca de México. Tomo V del la Memoria del Segundo Congreso Mexicano de Ciencias Sociales, México: 213-219.
- Aveleyra Arroyo de Anda L., 1954-1955, Productos geológicos del Valle de México, Revista Mexicana de estudios Antropológicos tomo XIV, primera parte, Sociedad Mexicana de Antropología México: 41-52.

- Bárcena M., 1876, Informa sobre el fenómeno geológico de Xochitepec, Bol. Soc. Geogr., tercera época, II, México: 48-60.
- Blázquez L., 1941, Guía para la Excursión "A", Estado de México. Cincuentenario del Instituto de Geología de México: 13 (mimeográfico).
- Blázquez L., 1956, Volcanismo terciario y reciente del Eje Neovolcánico de México. XX Congreso Geológico Internacional, Excursión A-15. México.
- Cuatáparo J. N., 1874 Ligera exposición geológica relativa al Valle de México. El Minero Mexicano II (30): 366-369.
- De Terra H., 1947 Teoría de una cronología geológica para el Valle de México. Rev. Mex. de Estudios Antropológicos vol 9, nos. 1-3, México: 11-26.
- Del Castillo A., 1872, Adelantos de la paleontología y geología en el Valle de México. El Domingo III: 413-414.
- Demant A.; Mauvois R. Y Silva L., 1976, El eje Neovolcánico Transmexicano. Excursión no. 4 de III Congreso Latinoamericano de Geología. México.
- Díaz Lozano e., 1930 Algunas observaciones acerca de los materiales extraídos de los pozos no. 1 de los Reyes y Aragón no. 1, perforaciones en el Valle de México. Boletín del Petróleo XXIX (6): 693-695.
- Lugo Hubp J., 1970, Introducción al estudio de los conos volcánicos en la parte noroccidental de las Sierra de Chichinautzin, D.F., Tesis profesional. ESIA, Instituto Politécnico Nacional.
- Mooser Federico, 1961, Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, México.
- Mooser Federico, 1975, Historia geológica de la Cuenca de México, en: Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, DDF, México vol. I: 9-18.
- Mooser Federico, 1981, Geología de la cuenca de México, en: atlas de la Ciudad de México. DDF, México: 16-17.
- Negendank J. F., 1973, Some Aspects of the Volcanic Rocks of the Valley of México; Bull. Volcanology 35: 292-303.
- Waitz p., 1939, Condiciones geológicas de la Barranca de Texcalatlaco. Una contribución para la morfología de la Cuenca de México. Memoria de la Sociedad científica Antonio Alzate 54: 35-47.

### ***Geología del norte de la Cuenca de México.***

- Cuatáparo J.; Ramírez S., 1875, Memoria para la Carta Geológica del Distrito de Zumpango de la Laguna, Toluca, México. IV: 56.
- Cuatáparo J.; Ramírez S., 1882, Geología de Zumpango, *El Minero Mexicano*, IX (26): 305-307; (27): 320-322; (29): 344-346; (32): 378-380; (33): 391-393; (34): 405-407; (35): 414-416.
- Hernández Ramos, Omar Z., 1973, Geología de los depósitos cuaternarios de las inmediaciones de Tequixquiac, Estado de México; tesis, ESIA, Instituto Politécnico Nacional.
- Paredes T., 1910, Reseña de la Excursión al Tajo de Nochistongo, verificada el 2 de Diciembre de 1909, *Bol. Soc. Geol. Mexicana* VI (primera parte): LXIII-LXVI.
- Segerstrom K., 1956, Estratigrafía y Tectónica del Cenozoico entre México, D.F. y Zimapán Hidalgo, *Libreto-Guía Excursión A-3 y C-1*, 20th Intern. Geol. Congreso, México.
- Segerstrom K., 1961, Geología del suroeste del Estado de Hidalgo y del Noreste del Estado de México. *Bol. Asoc. Mexicana Geol. Petrols.* 13 (3-4); México: 147-168.
- Segerstrom K., 1956, Estratigrafía y tectónica del Cenozoico entre México, D.F. y Zimapán, Hidalgo. *Congreso Geológico Internacional 20ª Sesión: Guía Excursiones A-3 y C-1*; México: 187-199.

### ***Geología del Centro de la Cuenca de México.***

- Álvarez Román, 1986, Local Surface Deformations in the September 19, 1985 Earthquake in the México City, (serie Naranja: Investigaciones no. 412), Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM, México.
- Beltrán y Puga G., 1888, Reseña de la topografía y geología de la Sierra de Guadalupe, *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate* 11: 25-90.
- Beltrán y Puga G., 1897, Apuntes para la geología del Valle de México. Peñón de los Baños. *La Naturaleza* 2ª. Serie, 2: 86-96.
- Campa M. F., 1965, Breve análisis petrográfica de la Sierra de Guadalupe, tesis, ESIA, Instituto Politécnico Nacional.
- Lozano B. Luis, 1968, Geología de la Sierra de Guadalupe, México, D.F.; tesis, ESIA, Instituto Politécnico Nacional.

- Mooser F., 1956, Condiciones geológicas acerca de la formación del lago de Texcoco; en: Mooser F. *et al.*: La Cuenca de México; Departamento de Prehistoria, INHA, México.
- Nieto Obregón Jorge, 1973, Simulación matemática del yacimiento alcalino del lago de Texcoco y geología del área estudiada, tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Oviedo de León A., 1967, Estudio geológico del subsuelo basado en los datos obtenidos de la perforación de los pozos profundos Texcoco 1, Instituto Mexicano del Petróleo.
- Oviedo de León A., 1970, El conglomerado Texcoco y el posible origen de la Cuenca de México; Revista del Instituto Mexicano del Petróleo n° 2, México.
- Waitz p., 1910, Excursión geológica a la Sierra de Santa Catarina. Bol. De la Soc. Geol. Mexicana, y. VII (primera parte), México: 1-8.

#### ***Geología del sur de la Cuenca de México***

- Andrade Pulido Jesús, 1961, Las condiciones geohidrológicas generales de la Sierra del Ajusco; tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Arellano A., 1948, La composición de las rocas volcánicas en el sur de la Cuenca de México, Bol. Soc. Geol. Mexicana XIII: 81-82
- Badilla C., 1977, Estudio petrológico de la lava de la parte noreste del Pedregal de San Angel, Bol. Soc. Geol. Mex. t. XXXVIII, México: 40.
- Beltrán y Puga G., 1889, El Cerro de la Estrella o de Iztapalapa. La Naturaleza 1: 488-492.
- Beltrán y Puga G., 1889, Reseña geológica de la Sierra de Guadalupe, Valle de México, La Naturaleza 1: 197-205.
- Bremen Martí y Urrutia Jaime, 1985, Magnetoestratigrafía y variaciones del campo geomagnético en rocas volcánicas del centro de México; Ingeniería n° 2, vol. LV; Facultad de Ingeniería; UNAM: 41-45.
- Carrasca Nuñez, G., 1985, Estudio geológico del volcán Popocatepetl, tesis; Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Congreso Geológico Internacional XX, 1956, Pleistocene Volcanoes, Clastic Sediments and Volcanic Rocks of Cenozoic Age, Cretaceous Formations and Pre-Cretaceous Basement Rocks of the Region from de Federal Distric to the Northern Part of Guerrero; Guía, excursion C-9.

- Cserna Zoltán de, 1975, On the geology of parts of the Trans-Mexico volcanic belt and the Mexican Central Plateau; International Clay Conference, mem. 23: 1-72.
- Enciso de la Vega S., 1979, Las lavas del Pedregal. Rev. Ciencia y Desarrollo vol. 25, CONACYT, México: 89-93.
- Fries Carl, 1960, Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México, Bol. 60, Inst. de Geología de la UNAM, México.
- Herrera B. y Pal S., 1978, Paleomagnetic Study of Sierra de Chichinautzin, Geofísica Internacional 17, UNAM: 167-180.
- Lugo Hubp José, 1970, Introducción al estudio de los conos volcánicos en la parte noroccidental de la Sierra de Chichinautzin, D.F.; tesis, ESIA, Instituto Politécnico Nacional.
- Mooser Federico, Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México y zonas colindantes. En: Memorias de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, tomo IV, Secretaría de Obras y Servicios, México.

***Edafología y Sedimentología de la Cuenca de México.***

- Aguilera José, 1895, Análisis de una sal procedente del lago de Texcoco. Boletín de Agricultura, Minería e Industria, año V, 5: 103-105.
- Alcalá M., 1923, Las arenas basálticas o volcánicas del Cerrito del Huérfano, en la hacienda de San Nicolás, municipalidad de Iztapalapa. Antigua Imprenta de Murguía. México.
- Bradbury J., 1970, Diatoms from the Pleistocene sediments of Lake Texcoco, México, Rev. Geogr. Phy. et Geologie Dyn. (2) XII, 2: 161-168.
- Carballal Staedter Margarita, 1984, Reporte de actividades (realizadas durante los años 1980 a 1983, en el proyecto metro, para obtener el grado de Profesor Investigados Asociado "B"); mecanuscrito.
- Cortés Lombana Abdón, 1966, Estudio pedológico en la zona oriental del Iztaccíhuatl en suelos derivados de rocas y cenizas volcánicas andesíticas; tesis de maestría, ENA, Chapingo.
- Sahõnhals E. Y Werner G., 1975, Acumulación ferrosa en los sedimentos volcánicos no compactos en Río Frio, Sierra Nevada, UNAM, Facultad de Ciencias.