



5.c Geología general de la zona

El estudio geológico preliminar presentado a continuación tiene como objetivo revisar y evaluar la información geológica existente para el área del proyecto y definir el alcance de un estudio geológico complementario a realizar por terceros, en las zonas donde no se cuenta con información geológica detallada, con el propósito de que se preste atención particular a las anomalías geológicas diversas que han sido detectadas en la zona (lajas de suelos carbonatados, bancos de arena, cauces enterrados, etc.). Con base en ello, se deberá llevar cabo una interpretación geológica de los sondeos existentes, y de los que se han realizado como parte del estudio geotécnico, con objeto de apreciar las variaciones espaciales en el proceso de sedimentación de los materiales lacustres y aluviales. La información geológica actualizada de la zona, obtenida por terceros, deberá ser incorporada un Sistema de Información Geográfica (SIG) en proyección UTM, datum WGS84 para su consulta e interpretación.

5.c.1 Contexto físico

5.c.1.1 Localización

El proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) se ubica al NE del Distrito Federal, en la Zona Federal del Lago de Texcoco; es la región central de la República Mexicana y forma parte de la Cuenca de México, en su porción suroeste; el sitio queda contenido en el polígono presentado en la figura 5.c.1.

5.c.1.2 Geografía

La superficie del territorio de la cuenca cubre unos 11 000 km², los cuales en su región SW contienen al Distrito Federal, capital del país, que tiene un área de casi 1,500 km² y está dividida en 16 delegaciones políticas. Al norte, poniente y oriente el DF colinda con el Estado de México, y al sur con el de Morelos.

Una gran parte de su territorio está conformado por una extensa planicie que ocupa las tierras bajas; en la antigüedad estas planicies estuvieron ocupadas por un sistema de lagos cuya altitud promedio alcanzaba los 2,240 msnm; la máxima elevación de la cuenca está representada por la cima del Popocatepetl con sus casi 5500 msnm, pero dentro del DF el Ajusco en la Delegación Tlalpan constituye la máxima elevación con un poco más de 3,950 msnm.



5.c.1.3 Hidrografía

Antiguamente, el centro de la Cuenca de México fue ocupado por el sistema de lagos; la cuenca se formó hace unos 700 mil años con la aparición de la Sierra del Chichinautzin donde se represaron los azolves de los ríos que corrían hacia el sur, produciendo una acumulación paulatina de sedimentos en el flanco norte de esta sierra, rellenando parcialmente la cuenca hasta los niveles que conocemos hoy en día; la porción superior de este relleno fue ocupada por el sistema de lagos mencionados, en la figura 5.c.2 se presenta la topografía e hidrología de la cuenca.

Originalmente la cuenca era endorreica, pero posteriormente fue abierta artificialmente a través de la excavación de los tajos de Huehuetoca y Nochistongo, en el Estado de México, para desviar al río Cuautitlán, uno de los principales generadores de inundaciones en aquella época.

La decisión de desecar el sistema lacustre fue tomada durante la época virreinal; aunque las obras se realizaron como consecuencia de las inundaciones, estas fueron incapaces de evitar que la ciudad de México se inundara en repetidas ocasiones entre los siglos XVII y XVIII.

El 17 de marzo de 1900, el presidente Porfirio Díaz inauguró el Gran Canal del Desagüe con el primer túnel de Tequisquiác, que continúa en funciones e impide el crecimiento de los cuerpos de agua en el suelo capitalino; los últimos remanentes de los cuerpos de agua son los sistemas de canales que riegan las chinampas de Xochimilco y Tláhuac, así como los humedales de Tláhuac.

En 1962 se puso en servicio el Emisor poniente; en 1975 el presidente Luis Echeverría inauguró el Emisor Central de 50 km, componente principal del actual Drenaje Profundo.

A partir de la construcción de las grandes obras que tenían como propósito el desagüe de la cuenca y la desecación de los lagos, la cuenca de México quedó integrada artificialmente a la cuenca del río Moctezuma tanto por el Gran Canal del Desagüe como por el río Cuautitlán, formando así parte de la región hidrológica del río Pánuco.

La explotación de los recursos hídricos para consumo humano e industrial provocó la desaparición de los manantiales de las zonas aledañas; durante el siglo XIX, desaparecieron los manantiales de Chapultepec; en el siglo XX, muchos de los manantiales de Xochimilco y Atlapulco fueron canalizados para abastecer de agua al centro de la ciudad hasta que se agotaron; desde de la década de 1980, los canales de Xochimilco, Tláhuac y Mixquic son alimentados con aguas tratadas de la planta del cerro de la Estrella.



El agua de los ríos que aún baja al Distrito Federal es conducida al lago de Texcoco o al Gran Canal del Desagüe para ser drenada hacia el Golfo de México, a través del sistema Tula-Moctezuma-Pánuco. Los únicos cursos de agua que sobreviven en la entidad federativa nacen en la sierra de las Cruces y son de poco caudal.

La porción meridional de la cuenca recibe de la Sierra de las Cruces y Monte Alto, entre los más importantes, los ríos:

1. Hondo
2. Tacubaya
3. Mixcoac
4. Tarango
5. Magdalena

de la Sierra Nevada la cuenca recibe los ríos:

6. Xalapango
7. Coaxcacoaco
8. Texcoco
9. Chapingo
10. San Bernardino
11. Santa Mónica
12. Coatepec
13. Ixtapaluca
14. Tezoquipan

Los ríos 1 a 12 alimentan el Lago de Texcoco; los ríos 13 y 14, que se unen en el Río de la Compañía, alimentaban al Lago de Chalco, mientras que el Lago de Xochimilco era alimentado por los abundantes manantiales que brotaban al pie de la Sierra del Chichinautzin.

La porción septentrional de la cuenca recibe desde el poniente a los ríos:

15. Cuautitlán
16. Tepozotlan

Los cuales bajan de la Sierra de Monte Alto y nutren a los antiguos lagos de Zumpango y Xaltocan. Estos mismos lagos reciben desde el noreste también las aportaciones de los ríos:

17. Las Avenidas de Pachuca
18. Tezontepec



5.c.1.4 Geomorfología

El paisaje de la Cuenca de México está caracterizado por dos geoformas fundamentales, por un lado las montañas que la rodean son de origen volcánico, mientras que la planicie en su porción baja debe su formación a procesos erosivos y acumulativos, figura 5.c.3.

Estas sierras volcánicas crecieron sobre un basamento sedimentario marino cretácico y están formadas por alineaciones de volcanes que marcan además rasgos tectónicos por donde suben los magmas producidos a profundidad y ligados al calor generado por la fusión de la placa hundida en la subducción y a tensión cortical asociada, lo que da lugar al arco volcánico del Eje Neovolcánico.

Se distinguen en este relieve volcánico grandes estratovolcanes coronados por domos, así como los abanicos volcánicos que forman los importantes volúmenes de piroclastos que suelen emitir y que forman extensos abanicos volcánicos.

En ocasiones estos grandes volcanes desarrollan enormes cráteres o calderas producidos por erupciones explosivas; en otras ocasiones se forman amplios campos volcánicos con numerosos conos y domos monogenéticos que en conjunto llegan a dar origen a gruesos paquetes de rocas volcánicas.

En cuanto a la planicie que ocupa el centro de la cuenca se formó a partir de la acumulación gradual y progresiva de sedimentos aluviales, fluviales y lacustres; en efecto, los numerosos ríos que bajaban desde las serranías transportaban importantes cantidades de sedimentos y con la cuenca cerrada, estos se fueron depositando a los pies de las serranías en forma de lenguas, abanicos y lentes hasta formar la extensa planicie.

En la cima de este proceso de acumulación de sedimentos y en el centro de la cuenca se encuentran importantes capas de arcillas lacustres formados a partir de extensos lagos someros.

Tanto, depósitos aluviales como lacustres fueron influenciados de manera importante por las manifestaciones volcánicas más recientes, cenizas, pómez y tobas en general, los cuales enriquecieron dichos depósitos y en ocasiones formaron una proporción importante de ellos.



5.c.1.5 La Cuenca

5.c.1.5.1 Ubicación

La Cuenca de México se localiza en la región centro-oriental del Eje Neovolcánico (Fig. 5.c.4). En ella afloran rocas volcánicas que abarcan edades desde el Oligoceno hasta el Reciente. Estas rocas forman las sierras que rodean la cuenca; sus detritos erosivos arrastrados por los numerosos ríos que bajaban de la sierra formaron el material aluvial que rellena sus partes bajas.

Así todas las formaciones geológicas en esta cuenca son producto de procesos eruptivos y erosivos-acumulativos que han actuado durante los últimos 30 millones de años.

La cuenca puede ser dividida en dos regiones, la región norte y la región sur. Ambas están separadas por el estrecho de San Cristóbal, el cual se forma entre la sierra de Guadalupe y el cerro de Chiconautla.

La Cuenca de México está limitada por la sierra de las Cruces y Monte Alto en su región W-SW, por la sierra de Chichinautzin en el sur, por la sierra Nevada en el E-SE, por la sierra de Calpulalpan, caldera de Chignahuapan y sierra del Singuilucan en el NE, por la sierra de Pachuca en el norte y por las sierras de Tezontlalpan y Tepetzotlán en el NW, ver figura 5.c.5.

5.c.1.5.2 Clima y medio ambiente

Asociado a su posición geográfica el SW de la cuenca presenta climas que van desde el templado hasta el frío húmedo y tundra alpina en las porciones más elevadas de las sierras.

La zona urbana presenta un clima templado lluvioso, con temperaturas que pueden ser superiores a 28°C en algunos días del final de la primavera y temperaturas que pueden bajar a 0°C o menos en enero.

La temporada húmeda en esta región abarca de mayo a noviembre, aunque las lluvias más intensas se registran entre los meses de junio y agosto, la última nevada sobre la ciudad de México ocurrió el 12 de enero de 1967 en la que nevó en toda ciudad de México.

El patrón de las lluvias indica que son más abundantes mientras mayor sea la altitud de un sitio. Por ello, las partes bajas cercanas al vaso del lago de Texcoco suelen ser más secas que las cumbres que flanquean al DF al poniente y oriente.



De igual manera, la altitud condiciona la temperatura y los ecosistemas en el DF. La zona que comprende el norte de Iztapalapa, los territorios de Iztacalco y Venustiano Carranza y el oriente de Gustavo A. Madero es la región más seca y templada.

En contraste, las cumbres entre los 2000 y los 3400 msnm en las sierras están cubiertas de bosques templados de pino y encino, donde aún es posible encontrar algunas especies animales salvajes como el teporingo (roedor endémico de las regiones volcánicas del centro de México), así como diferentes especies de serpientes y aves.

5.c.3 Contexto geológico

5.c.3.1 Geología regional

La Cuenca de México se encuentra en la porción centro-oriental de lo que se conoce como Eje Neovolcánico, este eje localizado a su vez en la región central del territorio mexicano, tiene una orientación casi W-E y comprende desde Nayarit en el Pacífico hasta Veracruz en el Golfo de México y Chiapas en el SE de México; está asociado genéticamente a la subducción de las placas Cocos y Rivera que tiene verificación a lo largo de la costa del Pacífico de México, desde el estado de Nayarit hasta Chiapas, en lo que se conoce como Trinchera de Acapulco.

El Eje Neovolcánico de morfología irregular corresponde a un arco magmático continental alimentado por los fluidos producidos por la fusión de la placa oceánica, que alcanza con este fenómeno profundidades en donde se funde, esto produce un flujo de calor ascendente que va asimilando rocas de la corteza superior, así se generan magmas andesíticos de afinidad calco-alcalina característicos de estos arcos magmáticos; en su ascenso estos magmas producen esfuerzos que originan tensión y empujes verticales a través de los cuales se genera el vulcanismo y finalmente le dan al eje su polémica traza quebrada.

En el área de la Cuenca de México el cinturón se manifiesta de manera compleja, pues se multiplica en fosas NW, NE y W-E, que son los rasgos que definieron junto con el vulcanismo la morfología actual de la cuenca; las fosas siguen y concuerdan con los esfuerzos tectónicos dirigidos al norte y noroeste inducidos por la subducción de la placa de Cocos y dan origen a numerosos cuerpos volcánicos que suelen alinearse y formar sierras alargadas como las de Las Cruces y Nevada o sierras aún más complejas como la del Chichinautzin cuyos conos volcánicos siguen las mismas orientaciones que las fosas y fallas; en la figura 5.c.6 se presenta la geología de la cuenca.



5.c.3.2 Principales Eventos Geológicos en la Cuenca de México

El registro geológico conocido en la cuenca inicia con el depósito de unos 2000 m de sedimentos marinos compuestos por calizas, areniscas y lutitas en un ambiente oceánico generalizado del Cretácico asociado al mar de Thetis formado después de la fragmentación de Pangea en el Jurásico.

Durante el Terciario inferior se verificó levantamiento, plegamiento y fallamiento de las rocas marinas, fenómenos asociados a la orogenia Laramide, con ello se formó la Sierra Madre Oriental; debajo de la ciudad los pozos Mixhuca y Tulyehualco cortaron secuencias marinas que se correlacionan con estos depósitos marinos plegados

Emisión de unos 1000 m de vulcanitas asociadas a un arco volcánico del Oligoceno y a la subducción de la placa Farallón; la extinción de esta placa y de la Dorsal Pacífica del Este (East Pacific Rise) dio lugar en el arco a la salida de enormes volúmenes de rocas félsicas que en la cuenca se correlacionan con aquellas de la Sierra Madre Occidental; testigos de estos eventos volcánicos se encuentran en las sierras del Tigre, Guadalupe y Tlaxpan en la porción central de la cuenca.

Emisión de unos 1000 m de vulcanitas asociadas al inicio de la subducción de la placa Cocos, estas vulcanitas marcan también el inicio de la formación del Eje Neovolcánico; testigos de estos eventos volcánicos se encuentran en las sierras de Guadalupe, Patlachique y domos Tepetzingo y Huatepec entre otros.

Con este conjunto de rocas volcánicas de más de 2000 m de espesor quedan cubiertas dentro de la cuenca las secuencias sedimentarias marinas del Cretácico.

En el Plioceno inferior las sierras miocénicas habían formado cuencas intermontanas que fueron ocupadas por extensos cuerpos lacustres que forman las secuencias de Taximay, Tula, las cuales se proyectan debajo de la cuenca, al correlacionarse con “horizontes de baja velocidad sísmica” en la interpretación de las líneas de refracción profunda (Mooser et al., 1991) y encontrarse fuera de la cuenca secuencias similares en Tlayacapan, cerca de Tepoztlán Morelos (Mooser *et al.*, 1996).

Continua en el Plioceno el vulcanismo asociado a la subducción de la placa Cocos y la actividad en las sierras miocénicas; las vulcanitas de esta época son emitidas a través de fosas orientadas NE-SW.

En la región entre Amecameca y Toluca tiene verificación importante actividad volcánica, a través de calderas son emitidos enormes volúmenes de material vulcanoclástico que se alojó a los pies de dichas calderas y fue erosionado y re-depositado a Malinalco y Tepoztlán hacia el sur y al valle de Toluca y la ciudad de México hacia el norte; secuencias de esta época fueron reconocidas en la interpretación de las líneas sísmicas (Mooser Op cit.)



Se reactivan con intensidad los fenómenos volcánicos asociados a la subducción de la placa Cocos; en las postrimerías del Terciario e inicios de Cuaternario se empiezan a formar las dos grandes sierras (de las Cruces y Nevada) que flanquean a la cuenca en su región sur, el vulcanismo es emitido por la reactivación de estructuras tectónicas del Oligoceno y Mioceno.

Estas grandes sierras volcánicas presentan actividad explosiva importante dando lugar a la formación de extensos abanicos volcánicos que se prolongan hasta las porciones bajas, alojando numerosos ríos que bajan hasta los valles y son conducidos hacia el sur, a la cuenca del Balsas por dos grandes cañadas, una al pie de la sierra de las Cruces al poniente y otra al pie de la sierra Nevada al oriente.

Hace unos 700 mil años se verificó intensa actividad volcánica máfica la cual formó la sierra del Chichinautzin en el espacio entre la sierras de las Cruces y Nevada en su porción sur; esta nueva sierra obstruyó el drenaje natural hacia el sur con su cuerpo ígneo de más del 1000 m de espesor, permitiendo que las cargas de sedimentos arrastradas por los numerosos ríos se fueran depositando progresivamente hasta formar el relleno en su posición actual.

Finalmente cuando se hubo formado la planicie aluvial, se desarrolló un sistema de lagos extensos pero someros que dieron origen a la secuencia de arcillas lacustres que caracteriza al subsuelo de la cuenca y sobre el que se desarrolló la ciudad de México.

5.c.3.3 Tectónica

En la formación de la cuenca de México intervienen tres fases de actividad tectónica.

Primera Fase

El basamento sedimentario marino sufrió la orogenia Laramídica a principios del Terciario; esto es cuando se formó en un primer ciclo (Paleoceno-Eoceno) de plegamiento ligero dando lugar a estructuras orientadas en general NNW-SSE. Poco tiempo después (Eoceno superior) ocurrió un segundo ciclo de plegamiento que se conoce como Oaxaqueño; este originó nuevos pliegues paralelos, empujados al cabalgar la Masa de Oaxaca al norte.

Segunda Fase

A principios del Oligoceno inicia un vulcanismo que obedece a esfuerzos tectónicos originados en el Pacífico Oriental. Así, a lo largo de la Costa del Pacífico Mexicano se desarrolla la subducción de la placa marina Farallón, produciendo en la parte poniente y central de México una primera faja volcánica antigua con rocas ácidas e intermedias dispuestas en fosas dirigidas al NNW.



La Fosa Mixhuca, de gran desplazamiento, que se formó contemporánea a las vulcanitas del Terciario medio inferior, es producto del tectonismo tensional asociado a estos esfuerzos. Una segunda fosa similar y contemporánea, aunque de menor dimensión se encuentra en la región de Texcoco.

Tercera Fase

Comprende esta la subducción de la placa de Cocos frente a la costa meridional de México. Es cuando principia a partir del Mioceno medio el desarrollo de la moderno Eje Volcánico, el cual cruza al país de poniente a oriente. La mayoría de las sierras que rodean la cuenca de México fueron formadas en esta segunda fase tectónica.

Podemos concluir que sobre un basamento sedimentario, plegado durante una primera fase, se desarrollaron dos fases tectónicas más, ligadas a empujes corticales y límites convergentes. Ambas fases son de naturaleza tensional y en el centro-sur de México permitieron al ascenso de magmas desde el manto superior.

Así el basamento de la Cuenca de México consiste de una serie de elementos marinos plegados y sobre él, un cruce de dos arcos volcánicos, uno del Terciario medio inferior y otro de Terciario medio superior al Cuaternario (Fig. 5.c.7).

5.c.3.4 Estratigrafía

La información obtenida en estudios anteriores, entre los que destaca el Pozo Profundo Texcoco I (1969) y los datos aportados por cuatro pozos profundos más en la Ciudad de México (PEMEX, 1986), permitió la interpretación de 26 líneas sísmicas, las cuales contribuyeron de manera importante al conocimiento de la estratigrafía y la estructura de la Cuenca de México (Mooser *et al.* 1991).

La secuencia estratigráfica general queda resumida en la siguiente columna reproducida en las figuras 5.c.8 y 5.c.9. El basamento de la cuenca está constituido por sedimentos marinos del Cretácico, sepultados por más de dos mil metros de rocas volcánicas

No existen afloramientos de sedimentos marinos dentro de la cuenca; solamente al norte, por Apasco y al sur por Cuernavaca, afloran secuencias mesozoicas. Dentro de la cuenca los pozos profundos Mixhuca y Tulyehualco cortaron en sus fondos sedimentos marinos del Cretácico: el primero a 1570 m de profundidad y el segundo a 2100 m de profundidad.

Los afloramientos de vulcanitas del Oligoceno son escasos en la cuenca; solo se encuentran en algunas sierras aisladas, es el caso de la caldera del Tigre en Atizapan de Zaragoza y la de Tlaixpan al oriente de Texcoco. También afloran rocas del Oligoceno en las bases de la Sierra de Pachuca y en el área de Singuilucan.



Sobre las vulcanitas del Oligoceno se sobreponen discordantemente las del Mioceno; estas últimas se presentan en la cuenca en afloramientos aislados en las sierras de Guadalupe, Patlachique y en las bases de la Sierra de Pachuca. Se supone que los domos Huatepec y Tepetzingo que afloran en el sitio explorado de Texcoco pertenecen al Mioceno y que están sobrepuestos a una caldera de la misma edad a profundidad.

Las vulcanitas del Plioceno abundan en la cuenca; se encuentran en sierras aisladas como Tepozotlan, Guadalupe, Las Pitayas, Patlachique y Xochitepec.

Dentro de las vulcanitas del Cuaternario ocurren los afloramientos más abundantes, tanto en las sierras elevadas de Las Cruces y Nevada, como en la planicie de la cuenca. Estas últimas están intercaladas con los depósitos fluvio-aluvio-lacustres del Cuaternario.

La sierra del Chichinautzin que se formó entre el Pleistoceno superior y el Reciente, es la responsable del cierre definitivo de la Cuenca de México la cual originalmente desaguaba al Alto Amacuzac por dos sistemas fluviales: uno que escurría desde Pachuca hasta la zona de Xochimilco y otro que fluía desde la región de Chalco hasta Cuautla.

Puede hacerse la semejanza entre la Sierra del Chichinautzin y una gran presa; a ella se debe el azolve de la cuenca endorreica de México, que se rellenó primero con depósitos aluvio-fluviales y finalmente con depósitos lacustres.

5.c.3.5 Composición de las arcillas

Las sedimentos aluviales son arrastrados en un principio por los ríos; los sedimentos se depositan a lo largo de la rivera, particularmente en su desembocadura, donde forman abanicos aluviales o deltas que se extienden al interior del lago, los sedimentos más gruesos (boleos, gravas y arenas) se depositan en las riveras cuando la pendiente disminuye drásticamente y el río pierde fuerza, mientras que los limos y arcillas en suspensión pueden alcanzar mayores distancias y llegar al centro del lago.

Una buena parte de los sedimentos lacustres proviene de la emisión de tobas: cenizas y pómez que caen como una lluvia de polvo fino después de ser exhaladas por los volcanes más jóvenes, posteriormente este polvo fino se descompone químicamente hasta formar las arcillas.

En realidad la composición de las arcillas debe considerarse como una mezcla de minerales y materiales varios con diferentes estructuras y grados de cristalización: no obstante se han descrito en las arcillas contenidos de bentonitas, montmorillonitas, carbonato de calcio, diatomeas, ostrácodos e intercalaciones de cenizas y pómez,



también se han reportado otros componentes como illitas, caolinita, plagioclasas, micas, óxidos de silicio, algunos ellos producto de erupciones volcánicas.

Los factores climáticos inciden en la profundidad del lago, cuando esta era poco profundo, se inducía una alta concentración de sales, dando origen a horizontes abundantes en ostrácodos, que se reconocen en las arcillas como pequeñas conchas.

5.c.4 Geología del Ex Lago de Texcoco (Fig 5.c.9)

5.c.4.1 Introducción

Texcoco se encuentra en la región nororiental de la porción meridional de la cuenca. Aquí los ríos Teotihuacán y Papalotla alcanzan la planicie del Lago de Texcoco. Este sitio ocupa actualmente con sus 2228 msnm la zona más baja de la cuenca. Domina aquí un clima semiárido, aunque es un ambiente con lagos someros, alimentados por las aguas torrenciales y esporádicas de los ríos que bajan desde la sierras al nororiente y oriente.

5.c.4.2 Geología local

El sitio consiste de una planicie que rodea dos montículos ubicados al norte; está dominado casi completamente por secuencias lacustres modernas que circundan a estos dos pequeños montículos, el de Huatepec y el de Tepetzingo. Ambos domos de composición andesítica y edad miocénica, sobresalen a la planicie, rompiendo la monotonía del paisaje lacustre. Estos domos ocupan probablemente la cima de una antigua caldera volcánica, también miocénica. Este complejo volcánico retuvo parcialmente los avances de los depósitos deltaicos provenientes del nororiente; alrededor de él los depósitos lacustres del lago de Texcoco se interdigitaron con arenas fluviales.

5.c.4.3 Tectónica

La extensa planicie lacustre oculta aquí toda evidencia tectónica a profundidad. Sin embargo puede decirse que el sitio Texcoco ocupa probablemente la porción central de una extensa fosa situada entre las sierras de Patlachique al oriente y la de Guadalupe al poniente. Esta fosa, de posible edad pliocénica, estaría orientada al NNE. Hay que puntualizar que las secuencias aluviales y lacustres modernas no acusan ningún fracturamiento tectónico activo.



5.c.4.4 Estratigrafía

La estratigrafía del sitio de Texcoco fue construida con base en la interpretación de las muestras provenientes de los sondeos efectuados aquí en 2001, los cuales varían entre 30 y 100 m de profundidad, pero carecen de continuidad, lo que dificultó en ese momento una interpretación estratigráfica exacta y definitiva. La interpretación aquí presentada se basó principalmente en los sondeos SPT 23, 24 y 27, que fueron los que contenían mejores recuperaciones en su muestreo.

La secuencia estratigráfica revela los siguientes hechos:

Desde el cerro Huatepec hacia el poniente la estratigrafía evidencia un hundimiento probablemente regional de una decena de metros, al buzarse los estratos levemente en esa dirección.

Resalta la presencia de 10 erupciones pumíficas, en los primeros 30 m de profundidad. Ello permite inferir la incidencia de una lluvia de cenizas volcánicas en esta parte del valle cada 10 000 años; se detectaron también varios niveles de arenas de playa asociadas a oscilaciones en los niveles del antiguo lago.

Asimismo se reconocieron por lo menos dos suelos relacionados con desecamiento del lago en los últimos 9 000 años: uno que varía de 3 a 10 m de profundidad de oriente a poniente, reconocido en los sondeos 1 y 24; otro que varía en profundidad de 15 m en el oriente a más de 20 m al poniente del cerro de Huatepec, siendo esta la zona de mayores hundimientos. Cada uno de los dos suelos debe haber estado originalmente a la misma altura.

A juzgar por las muestras del sondeo 12, que alcanzó los 100 m de profundidad, la secuencia propiamente lacustre termina a la profundidad de unos 40 m; siguen abajo arenas y limos que indican ambientes fluvio-aluviales.

Del análisis del sondeo 18, localizado al E de los domos Huatepec y Tepetzingo, se concluye que secuencias aluviales deltaicas, provenientes del oriente y norte, cubren en el Reciente a la secuencia lacustre que rodea a estos domos, que fueron islotes en las postrimerías del Pleistoceno.

También se registran avances de depósitos fluvio-aluviales a profundidades entre 20 y 30 m.



5.c.5 La nueva exploración en la zona federal del Ex Lago de Texcoco

5.c.5.1 Antecedentes

El problema aeroportuario de la Ciudad de México tiene cerca de 50 años; desde entonces las limitaciones eran preocupantes, por lo que se han hecho varios intentos fallidos por resolver dichos problemas. Sin embargo actualmente las serias limitaciones causadas por la excesiva saturación de vuelos y las reducidas dimensiones del actual Aeropuerto hacen imprescindible un nuevo Aeropuerto y el único sitio disponible es la zona federal del Lago de Texcoco, donde se planea actualmente realizar el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Esta nueva zona se localiza entre el antiguo evaporador solar “El Caracol” y el cerro de Chimalhuacán en el sentido norte-sur y entre el Dren General y las áreas Ejidales de Atenco en sentido poniente-oriente; este nuevo proyecto afectaría parcialmente al actual sistema hidráulico del lago cuyo funcionamiento es fundamental para concentrar y regular las aguas del Valle de México.

Así este nuevo proyecto contempla afectar lo mínimo posible a las obras hidráulicas que existen entre la autopista Peñón-Texcoco y el cerro de Chimalhuacán, por lo que se proyecta construir la “Zona Aeroportuaria” en la porción norte de este nuevo sitio y la “Zona de Lagunas” en la porción sur.

5.c.5.2 Comentarios geológicos preliminares

El objetivo de estos estudios fue determinar las características generales del subsuelo en la Zona Federal del lago de Texcoco en su estado actual, y que forma parte de la información necesaria para validar la factibilidad de construir un nuevo aeropuerto en este sitio.

Del intenso programa de exploración realizado en el año 2013 con sondeos geotécnicos, mediciones piezométricas, bancos de nivel profundos y prospecciones geofísicas, se menciona lo siguiente:

Hasta la profundidad explorada (60 m), se detectaron 4 unidades estratigráficas:

- Formación Arcillosa Superior (FAS)
- Capa Dura (CD)
- Formación Arcillosa Inferior (FAI)
- Depósitos Profundos (DP)

Las dos formaciones arcillosas se correlacionan con la secuencia lacustre que corona la columna estratigráfica de la cuenca de México y está separada por la famosa capa dura formada a partir de las últimas erupciones provenientes del cerro de San Miguel en la región central de la Sierra de las Cruces; mientras que los depósitos profundos se



correlacionan con la secuencia aluvial que rellena parcialmente la cuenca y que se formó a partir del cierre de la misma.

Intercaladas con las formaciones arcillosas se encuentran horizontes más duros que se correlacionan con las emisiones volcánicas más recientes, son cenizas y pómez, pero también pueden corresponder a capas arenosas-limosas aluviales; estos horizontes son más importantes a medida que nos acercamos a la zona de transición, al norte y oriente.

El espesor de las formaciones arcillosas compresibles (FAS y FAI) que sobreyacen a los Depósitos Profundos, aumenta de norte a sur; en el sentido transversal estas formaciones incrementan su espesor de oriente a poniente (Sección 5.f).

Lo cual es consistente con el modelo estratigráfico conocido para la Cuenca de México, es decir como los depósitos profundos se correlacionan con la secuencia aluvial que es progradante, o sea que los espesores de las diferentes capas aluviales van creciendo en el sentido del depósito y como estas se formaron a partir de los aluviones arrastrados por los ríos desde las elevaciones montañosas circundantes, que en el caso de Texcoco se refieren a las sierra de Atlachique y a la porción norte de la sierra Nevada, sus espesor debe incrementarse como se observó en los sondeos realizados.

Referente a los tendidos de refracción sísmica que se llevaron a cabo en el sitio se identificaron tres unidades sísmicas principales U1 a U3 de la superficial a la profunda con valores de $U1_{vp}= 160$ a 900 m/s, $U2_{vp}=100$ a 1500 m/s y $U3_{vp}= 1650$ a 2100 m/s con contactos a profundidades variables y se correlacionan bien con las unidades estratigráficas arriba mencionadas.

Debido a la elevada compresibilidad y altos contenidos de agua en las formaciones arcillosas y a la explotación intensiva que se hace del agua en el subsuelo la zona federal como otras dentro de la cuenca seguirán sujetas al hundimiento regional, el cual se espera sea mayor en la porción sur de este sitio (Sección 5.g).

5.c.5.3 Propuesta de estudio de detalle

Objetivo

El objetivo del estudio geológico de detalle es determinar la naturaleza física de las unidades litológicas superficiales representadas principalmente por dos secuencias lacustres con arcillas de alta plasticidad y muy altos contenidos de agua.

El estudio permitirá obtener un conocimiento detallado de las condiciones geológicas de la Zona Federal del Ex Lago de Texcoco mediante reconocimientos y recorridos de campo que serán detallados en las áreas denominadas “Zona Aeroportuaria” y Zona de Lagunas”, siendo la primera la que considera el área de pistas y la segunda la infraestructura hidráulica en donde se ubicarán las lagunas reguladoras de agua, ya que esta zona se piensa aprovechar para regular las aguas pluviales y residuales



provenientes del oriente, sur y sureste de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

Alcances

En el estudio detallado deberá considerarse la información existente y tomarse en cuenta las necesidades para la construcción de las diferentes obras de cada zona mencionada.

Los sitios a estudiar se concentrarán en detalle en la zona Federal del Ex Lago de Texcoco, en la zona de las pistas, las terminales, los rodajes, los hangares y plataformas, en donde se deberá conocer en detalle las características del subsuelo, las unidades litológicas presentes y su correlación con la geología de los alrededores.

Por ello, será importante definir con detalle las estructuras y modelos geológicos de las sierras: Guadalupe, Patlachique, Nevada (norte) y Santa Catarina, así como de los cerros de Chimalhuacán, Los Pinos y de la Estrella, y la de los peñones de Los Baños y del Marqués, los cuales debieron influir en alguna medida en la naturaleza del subsuelo del ex-Lago de Texcoco.

También será importante, siempre que sea posible, identificar y definir la naturaleza de otras estructuras locales como grietas, fracturas, hundimientos, tlateles, concreciones calcáreas y rellenos modernos entre otros rasgos superficiales, así como otras estructuras sepultadas tales como lomas enterradas, conos y cuerpos volcánicos, que pudieran influir en la construcción y estabilidad de las diferentes obras. En este estudio se tomarán en cuenta los levantamientos de anomalías y obstáculos en el sitio de interés que hayan sido realizados para ASA.

Por lo anterior, para la definición del modelo geológico detallado se deberán realizar las siguientes actividades:

- a) Recopilación y análisis de la información geológica disponible, seleccionando aquella que sea de utilidad.
- b) Elaboración de un fotoíndice con las imágenes aéreas de la Zona Federal del Ex Lago de Texcoco y de las áreas de interés que lo rodean: Sierras de Guadalupe, Patlachique, Nevada (norte), Santa Catarina, cerros Chiconautla, Huatepec y Tepetzingo y peñones de Los Baños y del Marqués.
- c) Interpretación de las imágenes aéreas de las zonas arriba mencionadas para obtener un plano fotogeológico preliminar y secciones geológicas preliminares.
- d) Verificación en campo de la información obtenida en los párrafos anteriores.
- e) Ubicación de bancos de préstamo en la zona para materiales ligeros (Tezontle, piedra Pómez) y para materiales propios para la formación de terraplenes de suelos compactados. Descripción de sus características y estimación de su potencial.
- f) Interpretación geológica de los nuevos datos obtenidos en las exploraciones complementarias.



- g) Realización de estudios petrográficos en las unidades litológicas del subsuelo en Texcoco.
- h) Elaboración de secciones geológicas generales que involucren las zonas mencionadas y que crucen por la zona federal del Ex Lago de Texcoco.
- i) Elaboración de un plano geológico definitivo con secciones geológicas de detalle en las zonas de interés “Zona Aeroportuaria” y “Zona de Lagunas”.
- j) Elaboración de secciones geológicas de detalle que reproduzcan la secuencia estratigráfica y estructura debajo de ambas zonas (aeroportuaria y de lagunas).
- k) Elaboración del Informe Final

Contenido del informe

(Sugerencia para el contenido del informe geológico de detalle)

- Introducción
- Antecedentes
- Localización del área y vías de acceso
- Métodos de trabajo
- Geomorfología
- Hidrografía
- Marco geológico regional
- Estratigrafía
- Origen y evolución de la Cuenca de México
- Geología estructural
- Geología histórica
- El Lago de Texcoco
- Geohidrología
- Zonificación geotécnica
- Hundimiento del terreno
- Conclusiones
- Referencias y bibliografía

Adicionalmente, se recomienda realizar:

Levantamiento sísmico de reflexión para definir los detalles de la estratigrafía debajo de los depósitos profundos en el subsuelo del nuevo proyecto; este levantamiento deberá ser detallado. Deberán realizarse líneas a lo largo de las pistas propuestas que se extiendan hacia la Zona de Lagunas, así como líneas transversales que ayuden a definir el modelo del subsuelo debajo del NAICM.

Asimismo se deberán realizar al menos dos Sondeos Profundos que alcancen el basamento rocoso debajo de las secuencias lacustres en Texcoco con los que se pueda hacer correlaciones con los levantamientos sísmicos sugeridos.



Estos sondeos deberán contar por lo menos con 250 m de profundidad para asegurarse de que atraviesen los depósitos aluviales y volcánicos más superficiales.

5.c.6 Bibliografía

Arellano, A. R. V. (1951). Estratigrafía de la cuenca del Valle de México. *Memorias del Congreso Científico Mexicano, IV Centenario de la Universidad de México*, Vol. III.

Bryan, K. (1948). Los suelos complejos y fósiles de la altiplanicie de México en relación a los cambios climáticos. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*.

Cruickshank, G. (1998). *Proyecto Lago de Texcoco. Rescate Ecológico*. México: Comisión Nacional del Agua y Dirección General de Servicios Urbanos.

Mooser, F. (1975). Mapa geológico del valle de México. *Memoria de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal*. México: Dirección General de Obras del Departamento del Distrito Federal.

Mooser, F. (1996). *Estudio geológico estructural en la Cuenca de Oriental, Estado de Puebla, Tlaxcala y Veracruz*. Informe técnico presentado a C.N.A., México, D.F.

Mooser, F. (2000). Estructura geológica, 1.2. En: *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio*. (Coordinador: Gustavo Garza). México: GDF y Colegio de México.

Mooser, F. y C. Molina. (1993). Nuevo Modelo Hidrogeológico para la Ciudad de México. *Boletín del Centro de Investigación Sísmica de la Fundación Barros Sierra*. Vol 3, No. 1, México.

Mooser, F. et al. (1991). *Interpretación de las líneas sísmicas de reflexión del subsuelo del Valle de México*. Informe interno, Centro de Investigaciones Sísmicas de la Fundación Barros Sierra, México, D.F.

Mooser F. et al. (1996). *Nuevo mapa geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla*. México: Comisión Federal de Electricidad.

Zúñiga, A., A. R. (2004). *Modelo geológico tridimensional del subsuelo de la Ciudad de México para la ubicación potencial de sitios de infiltración y exploración de los acuíferos*. SACM.

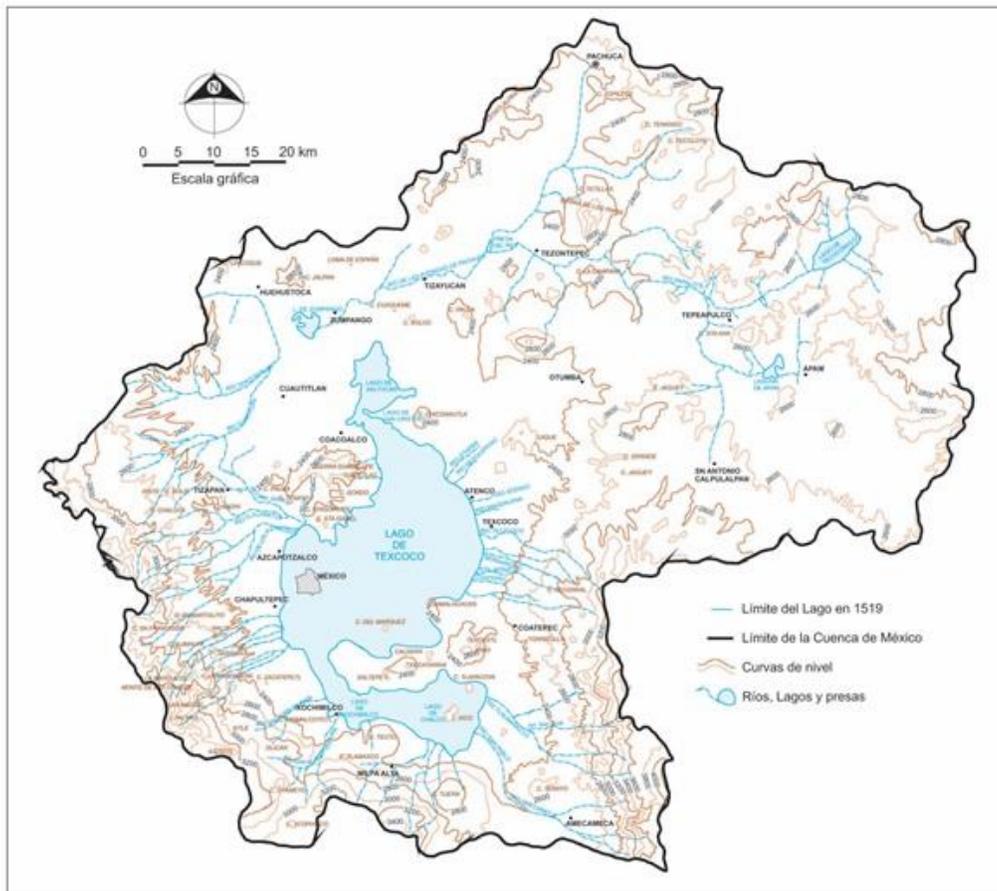


Figura 5.c.1 Topografía e hidrografía de la Cuenca de México



Figura 5.c.2 Morfología de la Cuenca de México

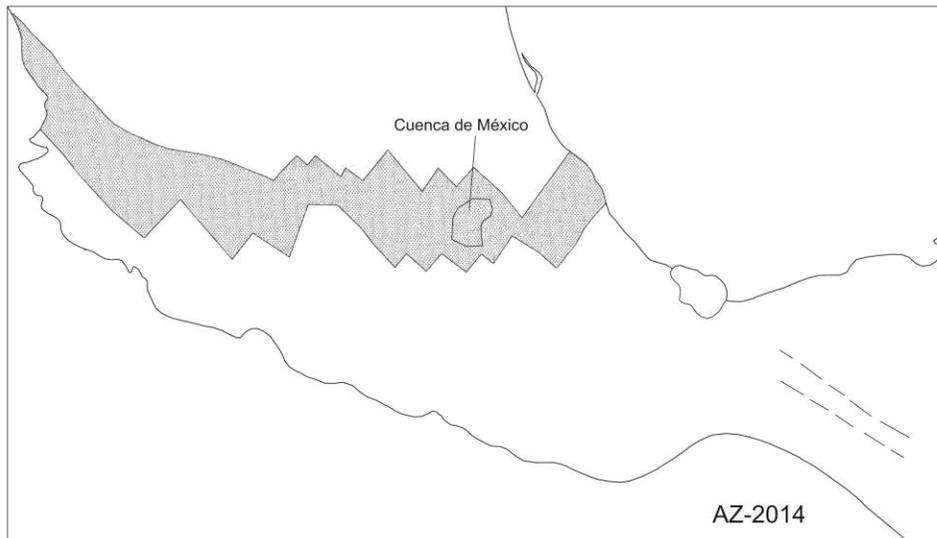


Figura 5.c.3 Eje Neovolcánico

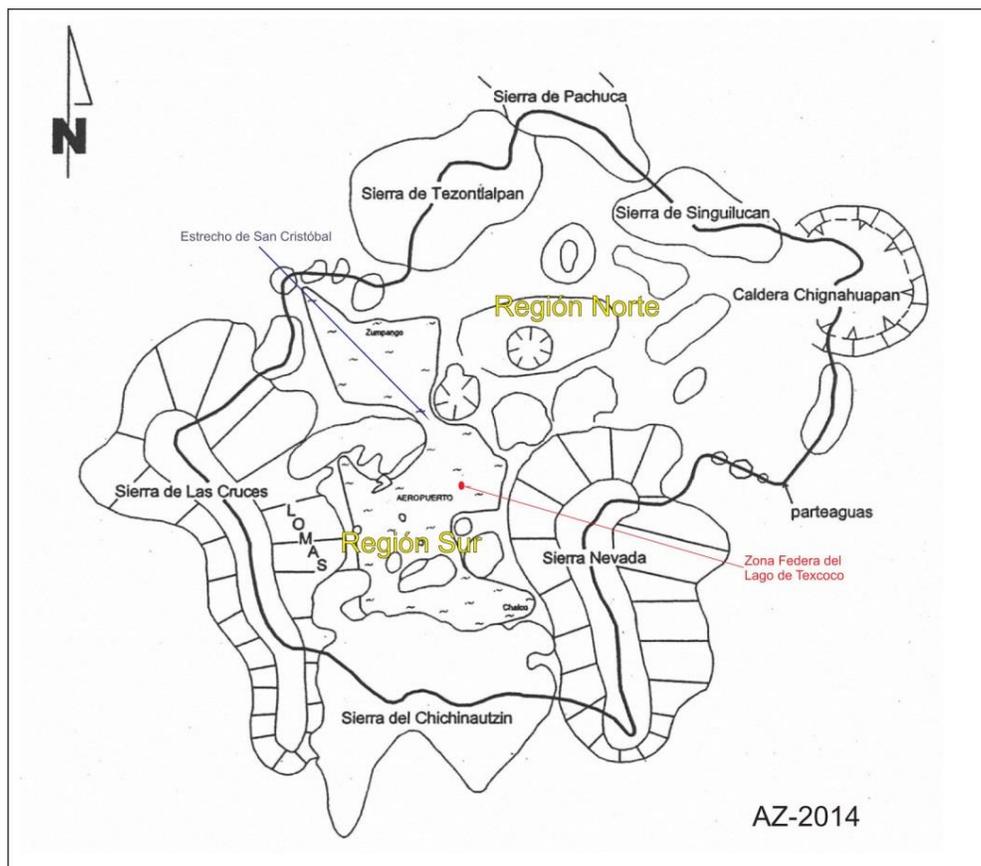


Figura 5.c.4 Límites de la Cuenca de México

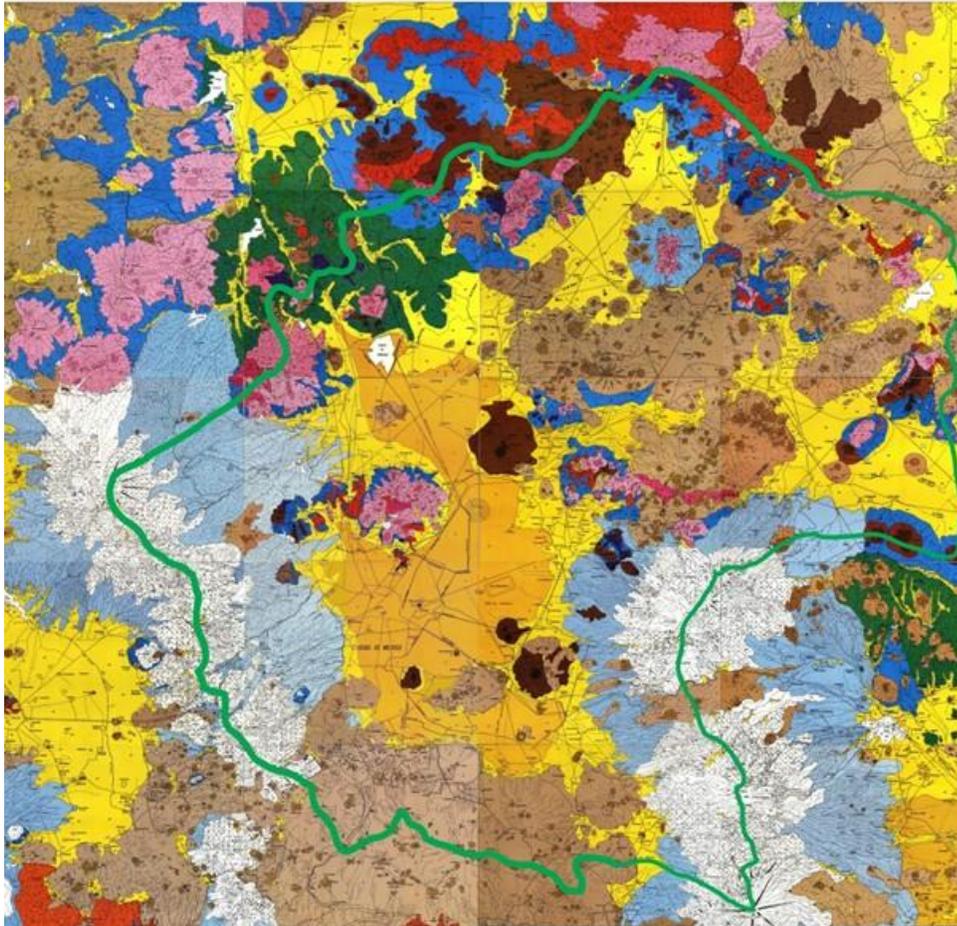


Figura 5.c.5 Geología de la Cuenca de México



Figura 5.c.6. Placas Farallón y Cocos

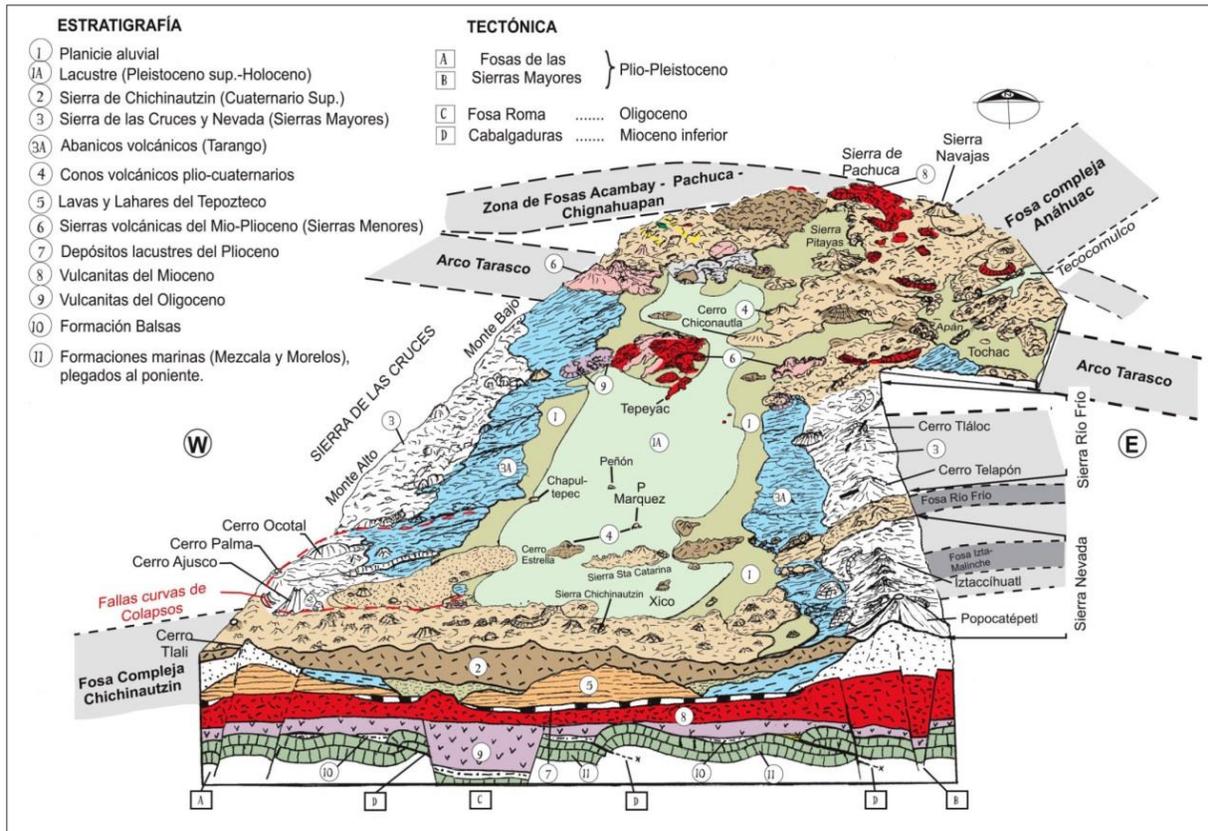


Figura 5.c.7. Bloque diagramático de la Cuenca de México con estratigrafía y tectónica



Figura 5.c.8. Columna estratigráfica simplificada de la Cuenca

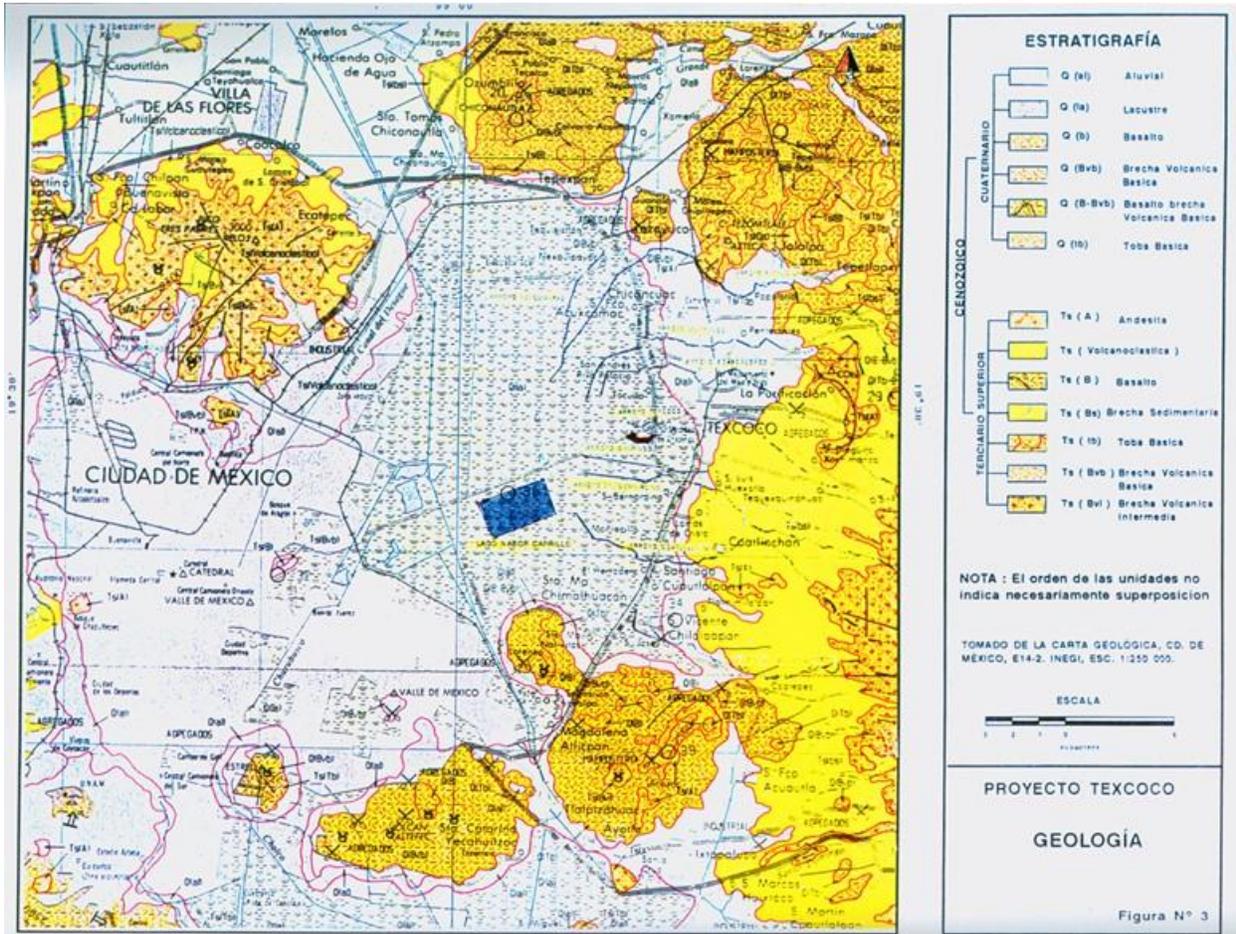


Fig 5.c.9 Geología del área del Ex lago de Texcoco (Proyecto Texcoco)