



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO NATURAL

4.1 Climatología e Hidrología de superficie

4.2 Geología

4.2.1 Estratigrafía

4.2.2 Geología Estructural

4.3 Hidrogeología

4.3.1 Acuitardo superior

4.3.2 Acuífero superior

4.3.3 Acuífero inferior

4.3.4 Acuífero calcáreo

DESCRIPCIÓN DEL MEDIO NATURAL

4.1 Climatología e Hidrología de superficie

Dentro de la gran variedad de climas que conforman la Cuenca de México predomina, de acuerdo a la clasificación de Köpen, el Templado Subhúmedo (Cb(Wo)(W)) el cual se encuentra distribuido en la mayor parte del Distrito Federal. Es el más húmedo de los climas templados con un porcentaje de lluvia invernal menor al 10%. La variación del Templado Subhúmedo (Cb(W₂)(W)) es menos húmeda con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5% (CONAGUA, 2002), este se distribuye en el área restante de la ciudad.

El régimen de lluvias para la cuenca depende del clima asociado a la región, por ello se identifican dos tasas de precipitación. La que corresponde al clima Templado Subhúmedo (Cb(Wo)(W)) es de entre 500 y 600 mm con una temperatura media anual de entre 8° y 11° C. En el mes de junio se registra la mayor precipitación que varía entre 100 y 110mm, en febrero y diciembre se registra la mínima que es menor a 5 mm. La temperatura más alta se registra en junio con valores de 12° a 15°, la más fría se reporta de diciembre a febrero con valores de 3° a 5° C.

En la región correspondiente al clima Templado Subhúmedo (Cb(W₂)(W)) la precipitación media anual es mayor a 700 mm y la temperatura media anual varía entre 12° y 18° C. La incidencia máxima de lluvias se da en julio con valores de 150 a 160 mm. La menor precipitación se da en febrero y diciembre.

La zona de la Ciudad de México pertenece a la región Hidrológica No. 26 Alto Pánuco y comprende las subregiones hidrológicas I Xochimilco, II Churubusco, III Ciudad de México y de manera parcial a la región hidrológica VII Texcoco. Estas regiones se

caracterizan por tener presas, ríos y canales entubados (Figura 4.3). En la zona poniente de la Ciudad predominan las presas y ríos, y en el centro los canales y ríos entubados.

La zona I Xochimilco incluye las cuencas de los ríos que descienden de la Sierra de Chichinautzin. Los principales ríos de la zona son: San Gregorio, Santiago, San Lucas y San Buenaventura. Esta zona tiene una superficie aproximada de 522 km², la longitud de las corrientes es de 46.0 km con un régimen perenne y cauces estables. Los principales canales dentro de esta zona son: Cuemanco, Nacional, Bordo, Apatlaco, Chalco y De Garat, los canales Cuemanco y Apatlaco no se encuentran entubados (CONAGUA, 2002).

En la zona II Churubusco encontramos las cuencas de los ríos Eslava, Magdalena, Barrancas San Jerónimo, Anzaldo, Barranca Coyotes, Barranca Texcalatlaco, Barranca Tetelpa, Barranca de Guadalupe, Barranca del Muerto, Tarango y Mixcoac. A causa de las condiciones topográficas y morfológicas de los suelos en los que se encuentran los cauces, estos son estables. En las partes altas, el régimen de la mayoría de estos ríos es intermitente, en las partes bajas se han convertido en perennes a causa de las descargas de aguas negras sobre todo los ríos Mixcoac, Magdalena y Eslava. Esta zona cubre una extensión de 234 km² y la longitud de las corrientes principales es de 28 km. Dentro de esta zona se localizan as presas Texcalatlaco y Mixcoac (CONAGUA, 2002).

La zona III corresponde a la ciudad de México, esta está compuesta por las cuencas de los ríos Becerra, Tacubaya, Tecamachalco, San Joaquín, Tornillo, Hondo, Sordo, Barranca los Cuartos, Totolica, Chico de los Remedios, San Mateo Nopala, Barranca Tepaxtlaxco, Río de los Remedios, Tlanepantla, y San Javier. Incluye gran parte del área urbana de la Ciudad de México y los ríos que bajan desde el poniente de la Ciudad. Salvo los ríos Tacubaya, San Joaquín, Hondo, y Tlanepantla que tienen escurrimientos perennes, los demás son corrientes intermitentes. Esta zona comprende una extensión de 725 km² y la longitud de las corrientes principales es de 57.5 km. Las presas que se encuentran dentro de esta zona son: Madín, Los Cuartos, el Sordo, San Joaquín, Tecamachalco, Tacubaya y Becerra (CONAGUA, 2002).

4.2 Geología

La Cuenca de México de aproximadamente 9600 km² (Aguayo et al., 1989) se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana que se extiende de este a oeste atravesando la República Mexicana (Figura 4.2). El vulcanismo predominantemente es calcoalcalino, y varía en composición desde basáltico a riolítico. Las rocas más abundantes son de composición intermedia. Presenta un cambio a composición alcalina en los extremos oriental y occidental (Ferrari, 2000).

En la Cuenca predominan los derrames basálticos, volcanes y lagos con una distribución, morfología y orientación que permite inferir que están situados en fosas tectónicas por lo que se le nombró como Zona de Fosas Tectónicas y Vulcanismo Reciente (CONAGUA, 2002).

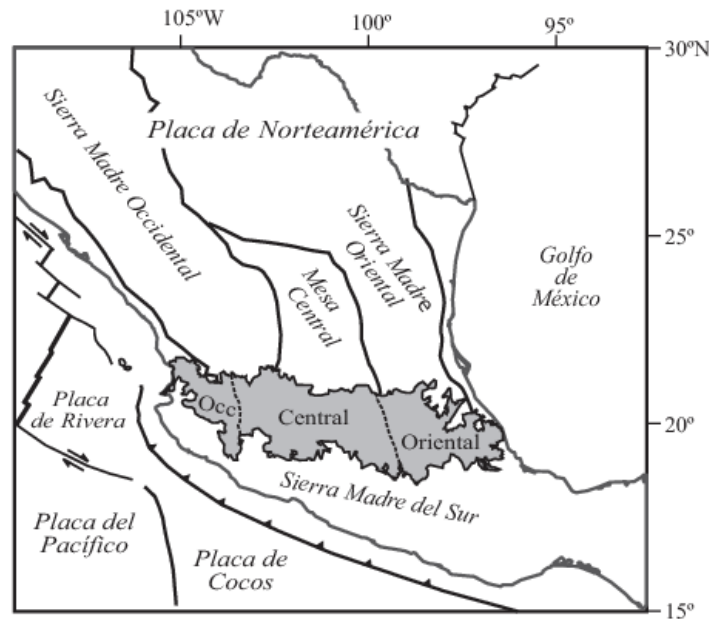


Figura 4.2 Ubicación de la Faja Volcánica Transmexicana (Gómez-Tuena et al., 2005)

La Cuenca se encuentra rodeada por elevaciones topográficas volcánicas, al norte por la Sierra de Guadalupe, al sur por la Sierra de Chichinautzin, el Ajusco al suroeste, la Sierra Nevada al oriente y la Sierra de Santa Catarina al este (CONAGUA, 2002).

El surgimiento de la Sierra del Chichinautzin en el Cuaternario, a partir de abundantes emisiones de basalto, modificó el régimen de escurrimiento de la cuenca al cerrarla en el sur haciéndola endorreica. Con este cierre se empezó a acumular agua en el centro de la Cuenca dando origen a los lagos de Zumpango, Texcoco, Xochimilco y Tláhuac que comenzaron a ser rellenados junto con las planices por depósitos aluviales y lacustres. Los depósitos lacustres ocupan más de 1200 Km² de superficie dentro de la zona de la Ciudad de México (Aguayo et al., 1989). Hacia las zonas altas encontramos primero la zona de transición conformada por clásticos fluviales y aluviales intercalados localmente con las arcillas lacustres, después tenemos la zona de lomas de origen volcánico (Santoyo et al., 2005).

4.2.1 Estratigrafía

La columna estratigráfica del Distrito Federal que se muestra en la Tabla 4. 1 está compuesta por las siguientes unidades:

Para el Cenozoico se distingue la Unidad del **Cuaternario Sedimentario (Qs)** a la que corresponden las formaciones de Depósitos aluviales (Qal) y Depósitos lacustres (Qla). Según Vázquez y Palomera (1989) los depósitos aluviales comprenden conglomerados, brechas con intercalaciones de arcillas, tobas y derrames basálticos y andesíticos del Pleistoceno-Holoceno. Los depósitos lacustres del Pleistoceno Tardío-Holoceno agrupan los sedimentos clásticos y productos piroclásticos del Popocatepetl y la Sierra del Chichinautzin que Vázquez y Palomera (1989) determinan que se depositaron en un ambiente lacustre. En el centro de la planicie de la Ciudad de México tenemos los mayores espesores de esta unidad que pueden alcanzar los 300 m, los cuales van disminuyendo hacia las zonas altas donde se interdigitan con los depósitos aluviales (Vázquez y Palomera, 1989).

La siguiente unidad es la del **Cuaternario Volcánico (Qv)** en que se agrupan las Formaciones Chichinautzin (Qc), Popocatépetl (Qp), Iztaccíhuatl (Qi) y la Unidad Aluvial Volcánica (Qalv). La Formación Chichinautzin se encuentra interdigitada con depósitos lacustres y de aluvión. Esta formación se encuentra compuesta por todo el volcanismo monogenético principalmente estromboliano con edad y características parecidas en la Cuenca de México y sus alrededores, las lavas son de naturaleza masiva o lajada, muy extensas y vesiculares; la composición es andesítico-basáltica y andesítica (Vázquez y Palomera, 1989). La Formación Popocatépetl está constituida por bloques lávicos, lapilli, líticos, flujos de cenizas, andesitas básicas, pómez, cenizas, flujos piroclásticos y derrames lávicos interdigitados con clastos fluviales hacia las llanuras (Vázquez y Palomera, 1989). Subyaciendo con ligera discordancia a las Formaciones Chichinautzin y Popocatépetl encontramos la Formación Iztaccíhuatl que consta de secuencias efusivas de composición andesítico-basáltica a dacítica que inician con derrames lávicos, algunos autobrechados con intercalaciones de tobas líticas y brechas tobáceas, y terminan con cuerpos dómicos (Vázquez y Palomera, 1989). Principalmente las Formaciones Popocatépetl y Chichinautzin presentan interdigitaciones con clastos aluviales (Qalv) (Vázquez y Palomera, 1989).

La tercera unidad corresponde a la **Unidad Volcánica Superior – Grupo Tarango (Qt)** que incluye las Formaciones Tláloc (Qt), El Pino (Qpp) y Llano Grande (Qllg). Se pueden observar secciones de referencia de la Formación Tláloc en el flanco poniente de la Sierra de Río Frío que constan de varias sucesiones de pómez y líticos angulosos tamaño lapilli, flujos de cenizas cristalinas, vítreas y de pómez con composiciones andesíticas, latíticas y dacíticas (Vázquez y Palomera, 1989). En la Formación El Pino tenemos rocas extrusivas de composición principalmente máfica constituidas por secuencias de flujos lávicos con intercalaciones de tefra, lapillis líticos y escoria tamaño lapilli que forman los cerros de La Estrella, El Pino, Chimalhuacán y otros aislados (Vázquez y Palomera, 1989). Las secuencias que constituyen a la Formación Llano Grande constan de capas delgadas de lapilli pumítico y lítico de caída, flujos de cenizas vítreas, derrames lávicos y domos

(Vázquez y Palomera, 1989). Las Formaciones El Pino y Llano Grande se encuentran cubiertas discordantemente por la Formación Tláloc según Vázquez y Palomera (1989).

Es en la unidad del Cuaternario Volcánico y la unidad Volcánica Superior – Grupo Tarango donde se ha detectado que se encuentra alojado el acuífero de extracción de la Ciudad de México.

Posteriormente se tiene la **Unidad Volcánica Inferior** compuesta por depósitos piroclásticos y clásticos aluviales del Plioceno (Tppc), la Formación Las Cruces (Tpc), las Rocas Volcánicas Máficas del Plioceno Tardío (Tpb), la Formación Otomí (Tpo), los Depósitos Volcánicos del Plioceno Temprano (Tpv), las Rocas Extrusivas del Mioceno Medio y Tardío (Tmv), el Grupo Pachuca (Tomp) y las Rocas Volcánicas del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (Tomv). Los depósitos piroclásticos y clásticos aluviales del Plioceno se encuentran interdigitados con unidades volcánicas de todo el Plioceno según Vázquez y Palomera (1989); la Formación Las Cruces al Occidente de la capital consta de depósitos piroclásticos en algunos casos cubiertos o interestratificados con aluvión y paleocanales fluviales y lavas intercaladas con brechas (Vázquez y Palomera, 1989); los depósitos Volcánicos del Plioceno Temprano los encontramos en los flancos de la Sierra de las Cruces y coronando la sierra de Guadalupe, estos varían de composición andesítica a dacítica e incluyen secuencias piroclásticas generalmente no consolidadas (Vázquez y Palomera, 1989); las Rocas extrusivas del Mioceno medio y tardío se ubican en los cerros El Judío, Los Remedios, El Peñón de los Baños, la base de la Sierra de Guadalupe y de la Sierra de las Cruces constituidas por secuencias de tobas, brechas volcánicas y lavas interestratificadas en algunos sitios con brechas volcánicas (Vázquez y Palomera, 1989); el Grupo Pachuca incluye secuencias de material clástico, brechas volcánicas, piroclastos, derrames lávicos que van de basalto a riolita, y tobas intercaladas; por último, las Rocas Volcánicas del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano constan de secuencias de tobas líticas, cristalinas y vítreas, brechas tobáceas y aglomerados interestratificados o cubiertos por derrames lávicos. Dentro de las

secuencias volcánicas se encuentran clásticos aluviales que indican periodos de calma en la actividad volcánica (Vázquez y Palomera, 1989).

Subyaciendo la Unidad Volcánica Inferior se ha detectado al **Grupo Balsas (Teob)** que es un conglomerado oligomíctico calizo compacto con matriz limosa cementada por calcita y óxido de hierro. Localmente se observan interestratificaciones de yeso y caliza lenticulares y derrames basálticos e intercalaciones de toba riolítica. Esta unidad es un depósito post-orogénico Laramide que se acumuló al mismo tiempo que se daba un fallamiento normal lateral derecho y volcanismo basáltico (Vázquez y Palomera, 1989).

Por último, el basamento está compuesto por la **Unidad Sedimentaria Marina** del Mesozoico compuesta por las Formaciones Mezcala (Kmx), Cuautla (Kc), Morelos (Km) y Xochicalco (Kx). La Formación Mezcala, es una secuencia Flysch originada posiblemente por el levantamiento y erosión del arco magmático del Cretácico, que consta de una interestratificación gradual rítmica de grauvacas, limolitas y lutitas con ambiente de depósito de aguas someras (Vázquez y Palomera, 1989). Se encontró en el pozo Michuca-1 a profundidades entre 1720 y 1850 m. Se determinó la existencia de esta Formación por la presencia de microfósiles como *Margino-truncana* s.p. y *Archeoglobigerina* s.p. pertenecientes al Turoniano-Maastrichtiano (Vázquez y Palomera, 1989). Después tenemos la Formación Cuautla que está formada por calcarenitas de estratificación gruesa con biostromas de rudistas que fue identificada en los pozos Mixhuca-1 y Tulyehualco-1 a profundidades de 1575 m y 2100 m respectivamente (Vázquez y Palomera, 1989). Más abajo se encuentra la Formación Morelos de la que se encontraron espesores incompletos a profundidades de 2060 m y 2160 m en los pozos Mixhuca-1 y Tulyehualco-1 respectivamente, está compuesta por una interestratificación de capas gruesas de calizas y dolomías diagenéticas (Vázquez y Palomera, 1989). Por último se infiere la existencia de la Formación Xochicalco que es de ambiente marino de cuenca relativamente profunda y consta de una secuencia de calizas calcilutíticas y calcilimolíticas en capas delgadas a medianas con laminación fina, contenido variable de carbón y abundantes vetillas de calcita (Vázquez y Palomera, 1989).

Era	Edad	Unidad	Formación	Litología
Cenozoico	Pleistoceno Tardío - Holoceno	Cuaternario Sedimentario (Qs)	Depósitos aluviales (Qal)	Sedimentos clásticos y piroclásticos, arcillas, ceniza y pómez
	Pleistoceno - Holoceno		Depósitos lacustres (Qla)	Material clástico fluvial, sedimentos lacustres y depósitos volcánicos
	Pleistoceno Tardío - Holoceno	Cuaternario Volcánico (Qv)	Formación Chichinautzin (Qc)	Lavas andesítico-basálticas y andesíticas
	Pleistoceno Tardío - Holoceno		Formación Popocatepetl (Qp)	Secuencias eruptivas, andesitas, pómez, cenizas y piroclastos
	Pleistoceno Medio		Formación Iztaccihuatl (Qi)	Derrames lávicos
	Pleistoceno	Unidad Volcánica Superior - Grupo Tarango (QT)	Formación Tláloc (Qt)	Coladas lávicas, pómez y lílicos
	Pleistoceno		Formación El Pino (Qpp)	Flujos lávicos, tefra, cenizas, lapillis y escoria
	Pleistoceno Temprano (Cuaternario)		Formación Llano Grande (Qlgl)	Lapilli, flujos de cenizas, brechas y derrames lávicos
	Plioceno		Depósitos piroclásticos y clásticos aluviales del Plioceno (Tppc)	Tobas, brechas volcánicas, aglomerados, conglomerados, arenas y arcillas
	Plioceno Tardío		Formación Las Cruces (Tpc)	Depósitos piroclásticos, pómez, cenizas y material aluvial
	Plioceno Tardío - Pleistoceno Temprano	Unidad Volcánica Inferior	Rocas Volcánicas Máficas del Plioceno Tardío (Tpb)	Derrames lávicos, brechas volcánicas y piroclastos
	Plioceno Tardío		Formación Olomi (Tpo)	Depósitos piroclásticos
	Plioceno Temprano		Depósitos volcánicos del Plioceno Temprano (Tpv)	Tobas cristalinas, vitreas, lílicas y pumilicas
	Mioceno Medio - Mioceno Tardío	Unidad Sedimentaria Marina	Rocas Extrusivas del Mioceno Medio y Tardío (Tmv)	Tobas, brechas volcánicas y lavas
	Oligoceno - Plioceno		Grupo Pachuca (Tomp)	Brechas volcánicas, piroclastos, derrames lávicos y tobas
Oligoceno Tardío - Mioceno Temprano	Grupo Balsas	Rocas volcánicas del Oligoceno Tardío-Mioceno Temprano (Tomv)	Depósitos piroclásticos, tobas lílicas, cristalinas y vitreas	
Eoceno Tardío - Oligoceno Temprano		Grupo Balsas (Teob)	Conglomerado oligomítico calcáreo	
Turoniano - Maestrichtiano		Formación Mezcala (Kmx)	Turbiditas, limolitas y lutitas	
Cenomaniano Tardío - Turoniano Tardío		Formación Cuauhtla (Kc)	Calcarentas	
Albiano Medio - Cenomaniano		Formación Morelos (Km)	Calizas y dolomías	
Mesozoico	Apliano	Formación Xochitlaco (Kx)	Calizas arcillosas y limosas	

Tabla 4.1 Columna Estratigráfica

Esta descripción estratigráfica realizada por Vázquez y Palomera (1989) resulta ser la más completa. Existen otras realizadas por autores como Fries (1960), Segerstrom (1961), Schlaepfer (1968), Mooser (1988), De Cserna et al. (1988) pero existen grandes inconsistencias entre todas ellas, sobre todo en cuanto a la Formación Tarango de Bryan (1948) para la cual existen discrepancias sobre qué unidades incluir y cuál es su extensión.

El mapa geológico (Figura 4.3) de la Ciudad de México fue realizado por el Grupo de Hidrogeología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en el que se muestran las principales Formaciones geológicas de la ciudad.

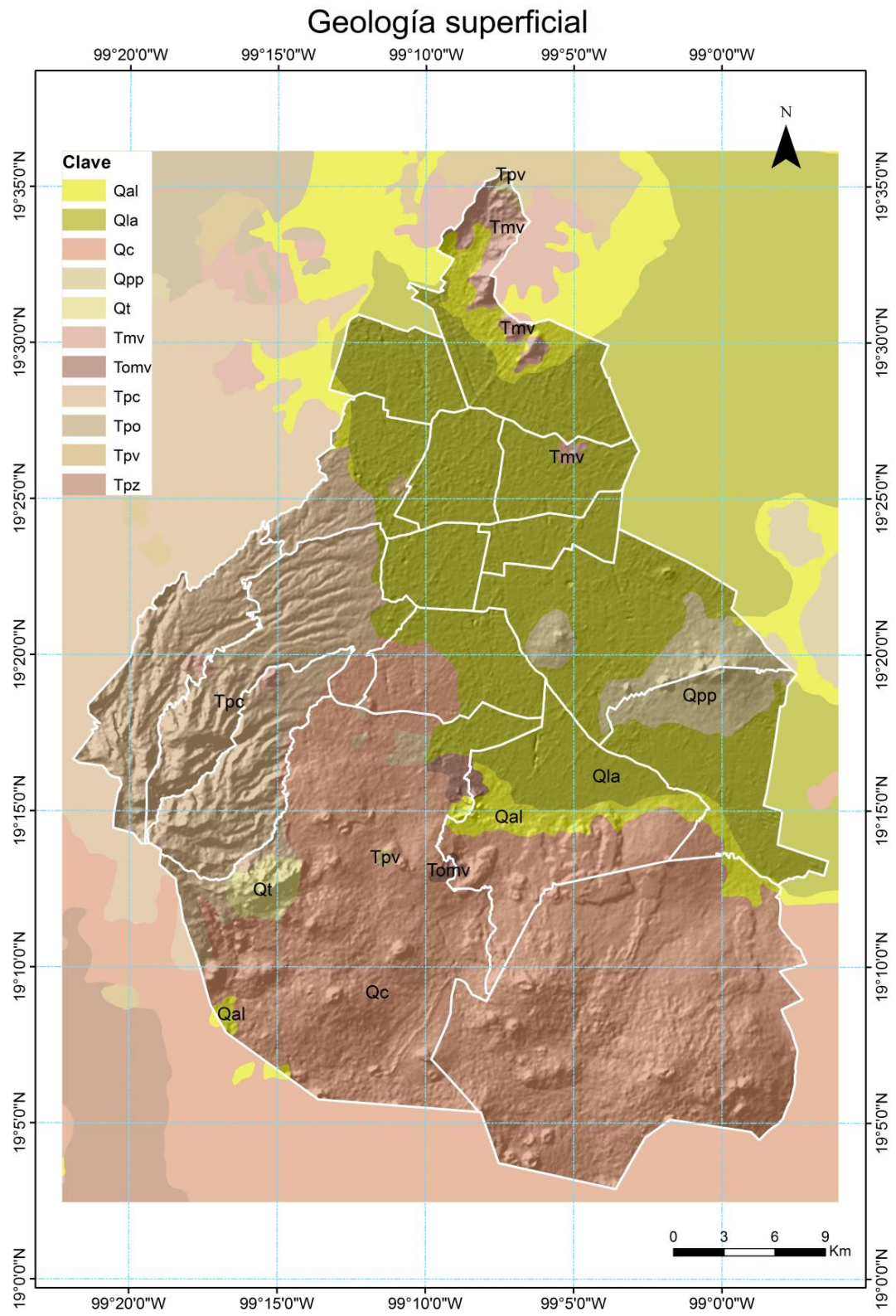


Figura 4.3 Mapa geológico de la Ciudad de México.

4.2.2 Geología Estructural

Según Aguayo et al. (1989) existen tres tipos de fallas en la zona de la Ciudad de México:

1.- Fallas profundas. Estas no tienen una expresión superficial y sólo afectan las unidades profundas. Se infiere que se encuentran inactivas desde el Mioceno. Estas son:

- Falla Mixhuca, con orientación NW-SE, el salto hacia el oriente varía entre 1650 a 2050 metros.
- Graben Copilco, con orientación N-S y un salto promedio de 130 m
- Graben Narvarte formado por dos fallas de corta longitud, orientación N-S y salto de aproximadamente 30 m.

2.- Fallas locales. Ocasionadas por el desplazamiento superficial en zonas de inestabilidad en los flancos de altos estructurales.

- Falla Aeropuerto. En la Calzada Ignacio Zaragoza con orientación N-S y un salto de 20 metros al oriente.
- Graben Peñón del Marquez. Formado por dos fallas de corta longitud con salto de 30 metros y orientación N-S.
- Graben Tenochtitlán. Se extiende N-S en la depresión del antiguo lago de México desde Viaducto Piedad hasta la Colonia Morelos.

3.- Fallas locales. Formadas alrededor de los Cerros de la Estrella y el Peñón de los Baños por movimientos verticales a causa de deslizamientos de los estratos volcánicos y sedimentos superficiales.

Durante la etapa de campo de este proyecto se realizaron levantamientos de algunos lineamientos en la Ciudad de México que han sido causados por el efecto de subsidencia. Entre estos tenemos los presentes en la zona de la FES Zaragoza, que tienen una dirección preferencial de 36° SE y los de la zona de Guelatao con rumbo de NE 47°. En estas zonas encontramos grandes potencias de arcillas por lo que podemos asociar

estos lineamientos con los efectos causados por la subsidencia del terreno generada por el bombeo.

4.3 Hidrogeología

Para este trabajo se divide la hidrogeología de la Ciudad de México en cuatro grandes unidades: Acuitardo superior (compuesto por arcillas), Acuífero superior (Unidad Volcánica Superior – Grupo Tarango), Acuífero Inferior (Unidad Volcánica Inferior) y Unidad Sedimentaria Marina (Acuífero calcáreo?).

4.3.1 Acuitardo superior

En el acuitardo de arcillas se han detectado varios componentes según Santoyo et al. (2005).

- 1.- Una costra superficial que es más profunda en el Centro Histórico y se adelgaza hacia las orillas de lo que era la zona lacustre.
- 2.- Capa superior de arcillas, de blandas a muy blandas
- 3.- Una capa dura entre las formaciones arcillosas, a 33 y 37 metros de profundidad, compuesta por limos arenosos con algo de arcilla y algunas gravas.
- 4.- Capa inferior de arcillas, más consolidadas
- 5.- Depósitos profundos compuestos por materiales granulares

El espesor de esta capa es muy variable pero utilizando la información disponible de 148 cortes litológicos y tomando en cuenta sólo la primera capa de arcillas limpias hemos inferido que los espesores varían de 0 a 110 m de potencia.

Con el tiempo y el constante bombeo, las arcillas de esta capa han sufrido compactación y fracturamiento. Estas fracturas han permitido la infiltración a través del acuitardo desde hace más de 50 años, el bombeo excesivo hizo que la presión de poro de las arcillas disminuyera notablemente y al comenzarse a consolidar empezó a ceder agua,

dejó de ser una barrera protectora para el acuífero y se volvió una fuente de recarga para el acuífero aluvial al tener un flujo descendente (Durazo, 1996). Este fenómeno se puede observar sobre todo en la zona Oriental de la ciudad, Iztapalapa, Ixtapaluca, Tláhuac, Xochimilco y San Antonio Tecomitl. Esta capa se caracteriza por su alto contenido de agua, de 421% a 574% (Mesri et al. 1975)

4.3.2 Acuífero superior

Por debajo del acuitardo arcilloso se localiza el acuífero volcánico-aluvial-piroclástico (Unidad Volcánica Superior) compuesto por depósitos piroclásticos del Cuaternario, depósitos aluviales del Cuaternario provenientes de las partes altas al Oeste de la Ciudad, depósitos volcánicos del Pleistoceno, depósitos fluviolcustrés del Plioceno alternados en arenas, tobas pumíticas, conglomerados, derrames de andesitas de más de 300 m, derrames de basalto, tezontle, capas de cenizas, estratos de arcillas de lagos de esa edad y sedimentos piroclásticos arrastradas por aluviones desde el norte y el Poniente, y rocas volcánicas al sur de la Ciudad. Esta unidad representa el acuífero de abastecimiento de la Ciudad de México.

En 1964 la Secretaría de Recursos Hidráulicos realizó una serie de perforaciones (Av. de los 100 Metros, San Juan de Aragón, Tláhuac, San Joaquín, Castañeda, Centenario, Coapa 7 y 8) y por la información que estos brindaron (Veytia, 1975) se estimó el espesor de este acuífero en más de 1000 metros en los cuales se encuentran tobas, brechas volcánicas, conglomerados, intercalaciones de lava y alternancias de piroclastos con depósitos fluviales. La extracción en este acuífero se lleva a cabo en los primeros 300 metros de espesor de donde se obtienen caudales de 65 a 214 l/s con buena calidad.

El comportamiento de este acuífero resulta libre en las zonas altas, en los abanicos piroclásticos, en las llanuras y aluviales, se comporta como confinado por depósitos lacustres del Cuaternario en las zonas de planicies y como semiconfinado en la parte

central de la Cuenca donde por encima se encuentra el paquete de arcillas lacustres (Leyva, 2010).

En sus orígenes, este acuífero estaba confinado por el acuitardo arcilloso en toda la superficie de la planicie de la Ciudad de México. En la época prehispánica existía artesianismo en las Lagunas de Tenochtitlan, de Texcoco y Chalco. En 1857 los pozos que se habían perforado eran surgentes y hacían subir el agua hasta el segundo nivel de las casas. En 1870 se intensificó la perforación y se pusieron en funcionamiento aproximadamente 1000 pozos (Santoyo et al., 2005).

La recarga de este acuífero se da en las zonas altas como la Sierra del Chichinautzin, la Sierra de las Cruces, la Sierra de Santa Catarina y los conos volcánicos que se encuentran en la planicie. Estas áreas se han visto disminuidas por el aumento de la mancha urbana y la deforestación que aumenta el escurrimiento y disminuye la infiltración.

4.3.3 Acuífero Inferior (Unidad Volcánica Inferior)

Para la diferenciación de este acuífero no se ha encontrado información litológica determinante pero se ha separado del volcánico-aluvial-piroclástico por el hecho de que está compuesto por rocas volcánicas fracturadas que pertenecen a un evento volcánico separado del Oligoceno Superior-Mioceno Superior (Aguayo et al., 1989.) A este acuífero también se relacionan las rocas pertenecientes a las Formaciones Balsas y Mezcala (Leyva, 2010).

4.3.4 Unidad calcárea

A esta unidad pertenecen las Formaciones Morelos y Cuautla que fueron identificadas en los pozos profundos Mixhuca 1 y Tulyehualco 1 respectivamente a 1500 y 2100 metros. Estructuralmente, esta unidad se presenta de forma masiva, plegada, fracturada y afallada (Ramos Leal et al. 2010b). Se desconoce si esta unidad constituye un acuífero

profundo emplazado en rocas carbonatadas, actualmente el Sistema de Aguas de la Ciudad de México está realizando una perforación profunda en la delegación de Iztapalapa, mayor a los 2000 m, para estudiar la litología presente y las posibilidades de explotación de agua potable.