

INTRODUCCION

A raíz de los daños que sufrió la zona metropolitana de la Ciudad de México como resultado de los sismos de septiembre de 1985, en diferentes sectores de la vida profesional y científica nacional e internacional surgió gran inquietud por entender sus causas directas, con objeto de poder evitar efectos semejantes en caso de sismos futuros. La distribución de los daños obligó a buscar respuestas en el ámbito de la Geología, en vista de que la presencia de fallas y variaciones en las características físicas y en el espesor del relleno de la Cuenca de México debieran ayudar a comprender a aquélla.

Con base en estas consideraciones, se presentó la versión original de la propuesta de este proyecto de investigación al Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción de la Comisión Nacional de Reconstrucción del Distrito Federal, quien a su vez la turnó al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para su consideración y financiamiento en su caso. El informe que se presenta a continuación contiene básicamente los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en este contexto junto con las conclusiones a las que se ha llegado, referentes al riesgo sísmico en función de las estructuras geológicas que tiene la Ciudad de México.

Se considera sumamente importante señalar que ni la cantidad ni la calidad de la información geológica disponible actualmente para la Cuenca de México son adecuadas o satisfactorias para el conocimiento geológico de una de las metrópolis más grandes e importantes del mundo. Por lo tanto, los datos aquí integrados permiten apenas constituir el punto de partida del estudio geológico sistemático y detallado con que debería contar la Cuenca de México, incluyendo su levantamiento geológico y geofísico, la abertura de zanjas para la verificación de estructuras geológicas y la perforación de sondeos con recuperación continua de núcleos expresamente para fines geológicos.

OBJETIVOS

El objetivo fundamental del presente proyecto de investigación fue conocer la estructura geológica de la Cuenca de México, particularmente la del subsuelo de la zona propiamente urbana, determinando si ésta influye de manera adversa en las obras civiles ya existentes o en las que están por construirse. Para lograr esto, se emprendió la investigación geológica estructural del terreno circundante al relleno

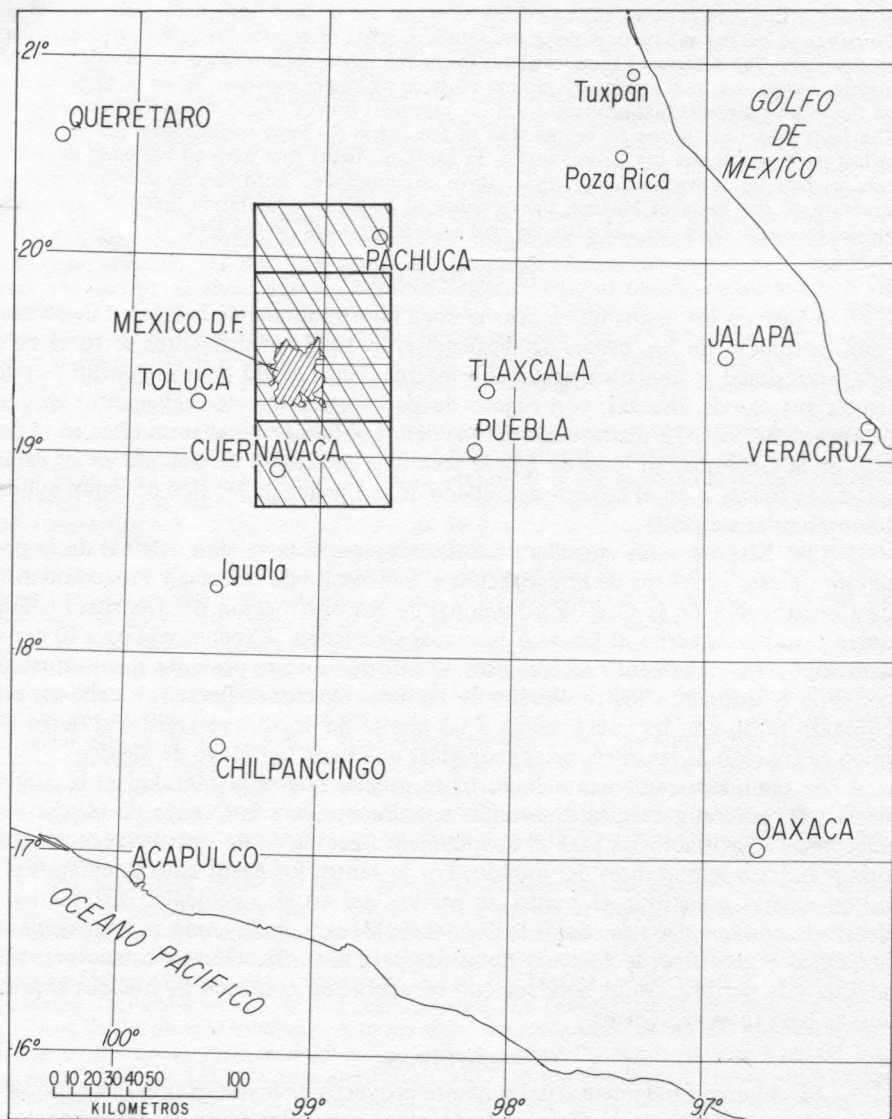


Figura 1. Mapa que muestra la localización del área del estudio. El cuadro con rayas horizontales corresponde a la cubierta aerofotográfica.

de la Cuenca (Figura 1), con énfasis particular en las fallas, fracturas y patrón de fracturas; si éstas son activas, potencialmente activas o inactivas y su posible proyección al subsuelo mediante la configuración gravimétrica de la parte central de la Cuenca y el análisis de la información sísmica disponible.

Otros objetivos no menos importantes que fueron contemplados en el planteamiento original de este proyecto se refirieron al establecimiento de la relación que pudieran tener las variaciones del espesor, características físicas y distribución del relleno de la Cuenca con las zonas dañadas y los rasgos tectónicos de las regiones circundantes con la zona de subducción a lo largo de la costa meridional de México y con algunas de las fallas mayores activas del sur de México. Estos otros objetivos fueron logrados sólo parcialmente, en vista de que no se contó con registros detallados y núcleos de sondeos profundos perforados expresamente para estos propósitos, o bien porque los datos referentes a las fallas mayores activas del sur de México apenas se están investigando.

DESARROLLO DEL PROYECTO

El presente proyecto tuvo una duración de ocho meses y se desarrolló desde julio de 1986 hasta febrero de 1987.

En su primera fase, se recopiló la información geológica disponible sobre la Cuenca de México y regiones aledañas y llevó a cabo la interpretación fotogeológica de las estructuras de la Cuenca a partir de las fotografías aéreas (escala 1:40,000) que fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), a través del Subcomité de Normas y Procedimientos de Construcción (Figura 1).

La segunda fase consistió en la verificación de los rasgos estructurales en el campo, utilizando hojas topográficas del INEGI a la escala de 1:50,000. Estos trabajos de campo se efectuaron en las serranías que bordean el relleno lacustre de la Cuenca de México, tanto en el poniente como en el oriente y en la Sierra de Guadalupe. Si bien la Sierra de Chichinautzin, que delimita la Cuenca por el sur, resultó de un volcanismo que necesariamente implica fallamiento, sus rasgos estructurales no fueron investigados por no contar con la cubierta aerofotográfica para esa región y por la corta duración del proyecto. Durante estos trabajos, se ocupó un total de 500 puntos de observación y en los sitios o áreas que así lo ameritaron fueron levantadas secciones perpendiculares al rumbo general de la estructura, que correspondía a una falla o fractura, y en esta forma se elaboró un total de 55 secciones de las cuales 30 están incluidas en el presente informe como figuras.

En forma paralela a los trabajos de campo, después de recabar la información gravimétrica existente sobre las partes centrales de la Cuenca, tanto del antiguo Instituto Nacional de Investigación Científica (INIC), como del Proyecto Texcoco, se procedió con la digitalización de los datos originales y, posteriormente, con la configuración del mapa gravimétrico mediante computadora. Se digitalizó un total de 15,465 puntos y el mapa que así se obtuvo tiene un control de 500 x 500 m. Con

base en los datos así logrados, se elaboraron siete perfiles gravimétricos a través de las partes centrales de la Cuenca con una orientación N-S.

Durante la tercera fase de este proyecto, se procedió con la elaboración del borrador del mapa geológico-tectónico, integrando en él tanto los datos estructurales obtenidos durante la segunda fase como los datos gravimétricos. Al encontrar una correlación notable entre los datos geológicos de superficie y gravimétricos del subsuelo, se procedió con la recopilación de los datos sismológicos referentes directamente sobre la Cuenca de México, logrando así la localización de 45 epicentros de sismos y sus respectivos datos, ocurridos entre 1952 y 1985. Asimismo, se localizaron los tramos dañados de la línea del METRO sobre la Calzada de Tlalpan y del acueducto del sur de la Ciudad de México, en función de las estructuras geológicas detectadas.

La concepción original de este proyecto de investigación y su coordinación fueron llevadas a cabo por De Cserna quien, además, hizo parte de la interpretación fotogeológica de la región y elaboró la mayor parte del presente informe. De la Fuente desarrolló la totalidad de los trabajos realizados con la gravimetría y su interpretación, mientras que Palacios-Nieto y Triay llevaron a cabo los trabajos de campo referentes a la verificación de las estructuras geológicas. Mitre-Salazar efectuó una parte de la interpretación fotogeológica de las estructuras, tanto en las fotografías aéreas como en imágenes de satélite, mientras que Mota-Palomino se encargó de la recopilación de los datos sismológicos.

TRABAJOS PREVIOS

Con objeto de proporcionar una visión real de la problemática de la geología de la Cuenca de México, se considera preciso tomar en cuenta los antecedentes que existen al respecto. En este contexto, debe recordarse que la alteración del equilibrio geológico natural, y que igualmente inició el desequilibrio ecológico de la Cuenca de México (Calderón de la Barca, 1843), comenzó con la obra de Heinrich Martin (*alias* Enrico Martínez) que dio principio a su desagüe artificial a través del Tajo de Nochistongo en 1608 (De Terra, 1955; de Gortari, 1963) y que fue la primera obra de ingeniería y geotecnia de esta envergadura en el continente. Fue así como tuvo su inicio el hundimiento y sus problemas comenzaron a sentirse en forma más notable durante la segunda mitad del siglo pasado, requiriendo la construcción del Túnel de Tequixquiac, obra originalmente visualizada por Joaquín Velázquez de León en 1774 y llevada a su terminación por Luis Espinosa-Guevara en 1894 (Lemoine-Villicaña, 1978), básicamente para facilitar el desagüe de la Cuenca mediante el Gran Canal por un nivel inferior que el del Tajo de Nochistongo.

Hacia el final del siglo pasado e indudablemente en relación con las obras del desagüe, se comenzó a dispensar atención formal a la constitución geológica de la Cuenca y regiones circundantes. La entonces creada Comisión Geológica (1886-1888) y el subsecuente Instituto Geológico de México (1888-1929) a través de su personal,

iniciaron así los estudios respectivos entre los cuales destacan el de Del Castillo y Ordóñez (1893) y el de Ordóñez (1895). A partir de esa época y hasta fines de los años treinta del presente siglo, cuando el Instituto Geológico de México ya formaba parte de la Universidad Nacional Autónoma de México como Instituto de Geología (desde 1929), prácticamente todos los sondeos perforados en la Cuenca fueron supervisados geológicamente por el Instituto.

Con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación y la Secretaría de Recursos Hidráulicos subsecuente, así como la de diferentes dependencias del Departamento del Distrito Federal, las investigaciones geológicas de la Cuenca de México quedaron desligadas del Instituto de Geología y los datos geológicos recabados fueron incluidos en diversos informes internos de las dependencias gubernamentales.

Cabe destacar que el estudio científico sistemático del subsuelo de la Cuenca de México se inició con la creación de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica (CICIC) en 1945 la cual, al transformarse en 1953 en el Instituto Nacional de la Investigación Científica (INIC), encomendó el levantamiento gravimétrico de la parte central de la Cuenca (Servicios Geofísicos, S. A., 1953), que constituyó el primer paso para conocer la configuración del basamento del subsuelo. Por otra parte, el hallazgo del Hombre de Tepexpan (De Terra, 1948 y 1949) generó interés por el estudio de la estratigrafía de la Cuenca y así Bryan (1948) y posteriormente Arellano (1951) establecieron su secuencia estratigráfica en cuanto se refiere a la parte superior del Cenozoico. Sin embargo, fue Zeevaert (1951) el primero en relacionar los problemas de la ingeniería con la estratigrafía de la Cuenca.

Para la 20a Sesión del Congreso Geológico Internacional, celebrada en la Ciudad de México en 1956, el Instituto de Geología tuvo empeño en presentar ante la comunidad geológica internacional la geología de la Cuenca de México y regiones circundantes, comisionando para esta tarea al Ing. F. Mooser en colaboración con los geólogos C. Fries, Jr. y K. Segerstrom del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América. Los resultados de los trabajos de estos investigadores fueron publicados en los diversos libros-guías de excursiones geológicas del mencionado Congreso, así como en varios artículos, monografías y mapas (Mooser, 1956a, 1956b, 1956c y 1961; Fries, 1956, 1960, 1962 y 1966; Segerstrom, 1956, 1961 y 1962).

Gracias al interés decidido del Dr. Nabor Carrillo por resolver los problemas del subsuelo de la Cuenca de México y su entorno natural, el Gobierno Federal, a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en 1965 integró el llamado Proyecto Texcoco, con la participación de distinguidos investigadores y profesionistas. Desde el punto de vista geológico, los resultados más importantes fueron la ampliación de la cobertura gravimétrica en las partes centrales de la Cuenca, el levantamiento de secciones sísmicas de refracción y los sondeos profundos perforados, cuyos pormenores contiene la memoria respectiva, publicada en 1969 (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 1969).

Para la reunión anual de la Sociedad Geológica de América, celebrada en la Ciudad de México en 1968, el Instituto de Geología publicó el mapa geológico a la escala de 1:100,000 de la parte meridional de la Cuenca de México (Schlaepfer, 1968) y, en el año siguiente, la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México reeditó la monografía sobre el subsuelo de la Ciudad de México (Marsal y Mazari, 1959). En ocasión de la inauguración de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal y, recientemente, en relación con las exploraciones efectuadas en función de la construcción del Sistema de Transporte Colectivo (METRO), Mooser presentó sus interpretaciones más recientes sobre la geología de esta región (Mooser, 1975; Mooser *et al.*, 1986).

Independientemente de los diversos proyectos de investigación llevados a cabo durante la última década, cuyos resultados de una forma u otra contribuyeron a esclarecer la geología de algunas partes de la Cuenca de México o regiones circundantes y los cuales están citados en el presente informe, merecen mención especial dos de éstos; el de Robin (1982) y Nixon y colaboradores (1987). Estas dos contribuciones aportaron datos que permiten considerar que los eventos volcánicos responsables fundamentalmente de la configuración geológica actual de la Cuenca de México pudieran haber ocurrido en tiempos considerablemente más recientes que los que hasta ahora se han manejado; es decir, básicamente durante la segunda mitad del Cuaternario, durante el último millón de años. Lo anterior no sólo apunta a la necesidad de llevar a cabo el levantamiento geológico de la Cuenca con un apoyo fuerte de fechamientos radiométricos, sino también a los riesgos volcánicos, y no sólo sísmicos, que esta región pudiera albergar.