

15
Zej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Filosofía y Letras

COLEGIO DE GEOGRAFIA

**APLICACION DE LA FOTOGRAFIA EN EL TERREMOTO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1985
OCURRIDO EN LA CIUDAD DE MEXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

ROBERTO IVAN MONTES DE OCA HEREDIA

México, D. F.



1987

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION

P.P.

CAPITULO 1 ORIGENES DE LA FORMACION DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO

1.1	La teoría de tectónica de placas en el contexto de la formación de la República Mexicana.....	1
1.2	Tectónica y vulcanismo de la cuenca de México..	7
1.3	Panorama histórico de la formación de la ciudad de México.....	12
1.4	Estratigrafía y zonificación del área urbana...	34
1.5	Consecuencias actuales por el abatimiento de los mantos acuíferos.....	38

CAPITULO 2 ACTIVIDAD SISMICA OCURRIDA DURANTE EL MES DE SEPTIEMBRE DE 1985

2.1	Regionalización sísmica de la República Mexicana.....	41
2.2	Cronología de la actividad sísmica.....	43
2.3	Origen de los sismos del 19 y 20 de septiembre.	46
2.4	Características del terremoto.....	52
2.5	El comportamiento de los sedimentos lacustres en la zona centro de la metrópoli durante el sismo del 19 de septiembre de 1985.....	57

**CAPITULO 3 FOTOINTERPRETACION URBANA APLICADA AL
TERREMOTO DE SEPTIEMBRE DE 1985**

3.1	Urbanización en la ciudad de México.....	59
3.2	Importancia del uso de la fotografía aérea en la zona centro de la ciudad de México posterior al terremoto ocurrido en el mes de septiembre de 1985.....	65
3.3	Identificación de las áreas afectadas en las fotografías aéreas.....	74
3.4	Interpretación de las fotografías aéreas.....	77

CAPITULO 4	CONCLUSIONES	85
-------------------	---------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA.

INDICE DE FIGURAS Y CARTAS

	P.P.
- Fig. 1 Tectónica activa de la región comprendida entre Norte y Sudamérica	6
- Fig. 2 Mapa tectónico de la cuenca de México	9
- Fig. 3 Alineamientos tectónicos principales de la cuenca de México	11
- Fig. 4 El retroceso de los lagos en el valle de México	14
- Fig. 5 Lagos del valle de México a fines del siglo XV, y principios del XVI.....	16
- Fig. 6 Mapa del valle de México en el que se indican las obras hidráulicas de los siglos XV, XVI, XVII, XVIII	24
- Fig. 7 Zonificación de la ciudad de México desde el punto de vista estratigráfico	36
- Fig. 8 Vista esquemática de la tectónica de la región epicéntrica (19 de septiembre de 1985).....	48
- Fig. 9 Epicentro del 19 de septiembre de 1985	55
Carta N.º 1, "Zona centro de la ciudad de México", (Magnitud de daños ocasionados por el terremoto del 19 de septiembre de 1985)	83
Carta N.º 2, "Zona Xola", (Magnitud de daños ocasionados por el terremoto del 19 de septiembre de 1985)	84

I N T R O D U C C I O N

El empleo de la fotografía aérea es de uso reciente, nace con fines militares durante la primera guerra mundial, a partir de ese momento cobra mucho auge en estudios sobre ciencias de la Tierra.

Cabe recordar que todo aquel trabajo que se mencione por su carácter geográfico debe apoyarse para su realización mediante la elaboración de una cartografía representativa del fenómeno estudiado; de no cumplir con este requisito no sería geográfico; ya que la cartografía funge como el medio específico representativo de la Geografía. Además, debemos resaltar que para la realización de esta investigación fue de vital importancia utilizar la fotografía aérea como una herramienta de trabajo muy útil para delimitar las áreas afectadas en la ciudad de México debido al terremoto del 19 de septiembre de 1985, esto significa: y debe analizarse causa-efecto del fenómeno así como representarlo espacialmente.

Adoptaremos como guía metodológica: Los antecedentes de la zona de desastre y el análisis de 133 fotografías aéreas para la elaboración final de las cartas urbanas de los daños.

Respecto a la elaboración de la carta del centro de la ciudad de México, con límites al norte del centro Tlatelolco, al sur el Viaducto Miguel Alemán, al este la avenida Anillo de Circunvalación y al oeste la avenida Insurgentes Norte y Reforma. Advertimos que se realizó tomando como base la carta urbana Zócalo, E14A39-24 perteneciente a la Tesorería del Ca-

tastro del Departamento del Distrito Federal. Aclaramos que -- no elaboramos la carta directamente de las 130 fotografías -- aéreas utilizadas con escala 1: 4 500 porque el área que abarca el mosaico de las fotografías aéreas usadas en nuestra zona de estudio corresponde a una escala muy grande; por lo tanto el área de cobertura que debería abarcar la carta con escala 1: 4 500 sería de una extensión extremadamente grande, difícil de incluir en este trabajo.

En cambio la 2a. carta urbana zona Xola sí pudo elaborar se directamente de las fotografías aéreas ya que esta zona -- fue volada por separado y no presentó ningún problema para su elaboración ya que el área es reducida si la comparamos con -- la primera carta correspondiente.

En la ciudad de México existen varios organismos, tanto particulares como gubernamentales encargados de realizar vuelos para la toma de fotografías aéreas.

El INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática dependiente de la Secretaría de Programación y -- Presupuesto, este instituto es el único organismo gubernamental encargado de realizar misiones de vuelos fotográficos aéreos a través de la Dirección General de Geografía.

Después de haber ocurrido el terremoto del 19 de septiembre de 1985, esta dirección se encargó de sobrevolar la ciudad de México para así obtener material fotográfico aéreo, --- desafortunadamente no hubo acceso en la compra de este material debido a que no está a la venta.

En cambio la empresa particular AEROFOTO que también --- sobrevoló la ciudad de México 6 días después de ocurrido el -

terremoto, si posee este material a la venta. Así para la ---
obtención de las fotografías aéreas fue necesario acudir a --
dicha empresa.

El presente estudio consta de tres partes: en el primer
capítulo abordamos los orígenes tectónicos y antecedentes de
la formación de la zona de desastre. Para comprender el pre--
sente siempre es necesario remontarse al pasado, así de todos
es conocido que la ciudad de México se encuentra localizada -
dentro de un sitio denominado cuenca de México. La fundación
de la gran Tenochtitlan fue realizada en un ambiente acuoso;
durante la época colonial la Nueva España se enfrentó a un --
problema grave: Las inundaciones.

Durante todo el siglo XX la ciudad de México ha presen--
tado muchos problemas, entre otros la contaminación ambiental,
el abatimiento de los mantos acuíferos debido a la extracción
del agua, hundimiento, etc. Estos dos últimos problemas han -
hecho posible que el subsuelo de la ciudad de México se vuel-
va sensible ante la presencia de un sismo, además no hay que
olvidar que el centro de la ciudad de México está asentado --
sobre sedimentos lacustres, -arcillas compresibles- este mate-
rial de composición frágil se ha comprobado que durante un --
sismo permite la amplificación de las ondas sísmicas; por lo
tanto se ha notado que los daños ocasionados por un sismo de-
penden del tipo del subsuelo donde estén asentadas las cons--
trucciones.

En el segundo capítulo hemos tratado de caracterizar, --
así como de ubicar el origen de este fenómeno. De hecho todos

los sismos que anteceden en la República Mexicana se deben a la presencia de las costas sísmicas del Pacífico mexicano. Y el tercer capítulo consideramos que es el aporte principal -- del trabajo ya que mediante el uso y el análisis de las fotografías aéreas se pudo contemplar la magnitud de los daños -- ubicados principalmente en el centro de la ciudad de México; esta valiosa herramienta es de vital importancia para ayudar a evaluar los daños ya que mediante su uso se ahorra tiempo -- en la investigación. El producto final mediante el uso de la fotografía aérea será la obtención de la cartografía, ubicando y analizando sobre ésta la magnitud de daños ocasionados -- por los terremotos de septiembre de 1985.

CAPITULO I ORIGENES DE LA FORMACION DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

1.1. LA TEORIA DE TECTONICA DE PLACAS EN EL CONTEXTO DE LA FORMACION DE LA REPUBLICA MEXICANA.

Nuestro planeta ocupa la tercera posición en orden de distancia al Sol y es el quinto respecto a tamaño entre los que forman el sistema solar. La Tierra tiene una superficie cubierta por un 71.3% de mares y 28.7% de tierras; su interior está constituido por capas concéntricas, la más superficial es la corteza, cuyo espesor aproximado es de 6 a 30 kilómetros en los océanos y de 30 a 65 kilómetros en los continentes.

Actualmente la corteza terrestre está estratificada de tal forma que presenta en su exterior una capa denominada Litósfera, la cual se encuentra constituida por varias piezas independientes entre sí y son aproximadamente doce las conocidas como placas tectónicas o litosféricas, las cuales son responsables de la dinámica actual.

Durante la década de los 60's se formuló la teoría de tectónica de placas. Con la presentación de ésta se logra una mayor y mejor comprensión de la movilidad de los continentes.

Los pioneros del pensamiento móvil de la corteza terrestre: Francis Bacon en 1610, A. Snyder en 1885 y retomados por Wegener en 1912 fueron comprendidos hasta que el desarrollo de la oceanografía moderna, la geofísica y los instrumentos de gran calidad y precisión, permitieron conocer la configuración

ción de los fondos oceánicos.

Respecto a nuestro país, el 15 de mayo de 1985 algunos diarios difundieron la noticia de que el buque científico estadounidense Atlantis II, del Instituto Woods Hole de Massachusetts, descubrió a 500 millas de las costas de Acapulco una serie de volcanes submarinos activos a 4 000 metros de profundidad, los cuales podrían despertar en cualquier momento y -- sorprendernos sin previo aviso. Dichos volcanes se localizan a lo largo de una zona sísmica conocida como "Trinchera Mesocamericana". Resulta interesante resaltar que:

"El origen, la destrucción de la corteza terrestre, así como de la energía liberada por los sismos en forma de ondas, la actividad efusiva de los volcanes y las cadenas montañosas poseen una raíz común, la dinámica de los fondos oceánicos" 1/

Los indicios anteriores son señales o manifestaciones de que la Tierra está viva, posee momentos de tranquilidad; pero cuando manifiesta síntomas fuertes de actividad repercute seriamente. Así entonces podemos afirmar que la actividad interna de nuestro planeta es necesaria y normal.

La búsqueda del conocimiento constante sobre la edad de la corteza oceánica, así como el de su morfología, permite -- obtener un razonamiento mejor de los fragmentos llamados placas.

Así de esta manera sabemos de la existencia de 6 placas mayores y 6 placas menores en movimiento porque del interior de la corteza emerge material magmático, similar a la lava --

1/. Campa, Fernanda. Entrevista hecha por Guillermo Bernádez, :
"Viaje al Centro de la Tierra". INFORMACION CIENTIFICA Y TEC-
NOLOGICA, Nº 112, P. 20. N

de los volcanes en tierra. Lo anterior, por lo general ocurre en los océanos y puede observarse directamente en la cadena montañosa más larga y joven de la corteza terrestre: la Dorsal del Atlántico Medio localizada aproximadamente en el centro del Océano Atlántico, la cual colinda hacia el oeste con las costas de Sudamérica occidental y hacia el este con las costas del continente Africano oriental.

Los límites de placas se caracterizan por poseer numerosas fallas, las cuales constantemente originan en su afán por desplazarse, desequilibrios parciales o locales manifestándose por la generación de sismos o erupciones volcánicas. Al respecto, Fernanda Campa, comenta en la revista Información Científica y Tecnológica que:

"El equilibrio global se logra con la liberación de energía interna en forma de sismos, vulcanismo y magma oceánico a lo largo de los límites de placas, donde se produce el rozamiento (desplazamiento lateral) choque y cabalgamiento (subducción-obducción) o apertura (extensión y creación de nueva corteza oceánica)" 2/.

Como podemos apreciar es imprescindible la salida de energía para que así exista un equilibrio interno y externo en la Tierra.

Así, la movilidad de los cuerpos sólidos de nuestro planeta implica que las placas de hoy no sean las mismas de ayer, ni serán las de mañana; esto es que han cambiado en forma y tamaño a través del tiempo.

2/. Ibidem, p. 20.

Hoy, las placas denotan una heterogeneidad interna tanto en su edad, composición, así como en su morfología, estas -- son: la Norteamericana, la del Pacífico, la del Caribe, la de Rivera, la de Cocos, la de Nazca, la Sudamericana, la Antártica, la Europea, la Africana, la Australiana.

Las placas que limitan la República Mexicana en particular son: la del Pacífico, Norteamericana, Cocos y Rivera. (Ver Fig. 1).

Las placas miden de superficies cientos o miles de kilómetros cuadrados según su forma. Además tienen entre 70 y 100 kilómetros de espesor y en ellas se acumula la energía capaz de liberarse durante un sismo o terremoto.

En la República Mexicana, la placa de Cocos se hunde bajo la placa continental Norteamericana. Fig. 1. Cabría aquí retomar las palabras de Gerardo Suárez expuestas en la revista Información Científica y Tecnológica:

"Esta última zona de subducción se extiende en el Océano Pacífico frente a la costa de Colima hasta Centroamérica y más al sur hasta la cresta de Cocos, cerca del Ecuador, desplazándose a una velocidad de 2 a 6 centímetros por año con respecto al continente." 3/.

La energía plástica liberada durante el movimiento telúrico del 19 de septiembre, se debió al rompimiento tensional de esta placa en su afán de penetrar bajo el continente. Una buena parte de los sismos que han ocurrido a lo largo de la historia se deben a la actividad de esta zona sísmica conocida como "Benioff"; además de las anteriores, el territorio me

Suárez, Gerardo. Entrevista realizada por Juan Tonda, "Las características del Temblor". INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, NO 110, p. 8.

xicano está limitado por otras placas como la zona de fallas de San Andrés que afecta la región noroeste del país, la cual provoca sismos de consideración también.

En México, el origen de estos sismos lo constituye prácticamente la Trinchera Mesoamericana localizada en las costas del Pacífico.

Tan solo para darnos una idea de la continua actividad sísmica a la que está sujeto el fondo oceánico durante todo el año afirmamos que durante todo el mes de julio de 1986, y en base a los reportes sísmológicos del laboratorio de sismología de la Universidad de California, la placa del Pacífico registró 5 000 movimientos telúricos entre perceptibles e imperceptibles localizando sus epicentros en los litorales de la costa de California en los Estados Unidos.

De acuerdo con el especialista en ciencias de la tierra: "Paul Lemchoir, secretario de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, el terremoto del 19 de septiembre de 1985 liberó energía 10 000 veces superior a la de una explosión nuclear subterránea." 4/.

Como podemos apreciar la cantidad de energía liberada fue enorme y con graves repercusiones hacia la superficie terrestre de la zona centro de la ciudad de México principalmente. Más adelante tendremos la oportunidad de demostrar por medio de una cartografía representativa los inmensos daños ocasionados por el sismo.

4/. J. M. Mendoza, EL NACIONAL, p. 3. Segunda Sección, 3 de Octubre de 1985.

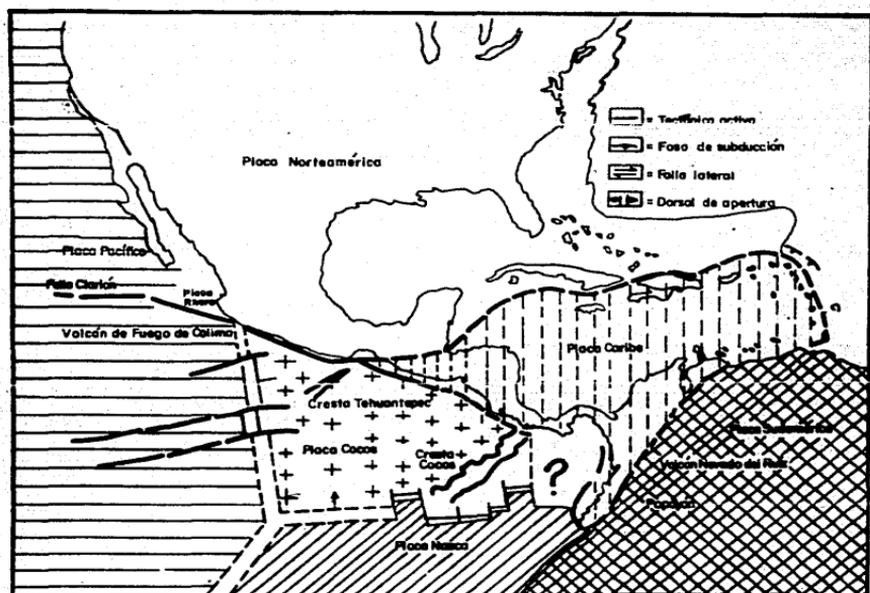


Fig.1 TECTONICA ACTIVA DE LA REGION COMPRENDIDA ENTRE NORTE Y SUDAMERICA

FUENTE: INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA. N° 112. Pág. 19.

1.2. TECTONICA Y VULCANISMO DE LA CUENCA DE MEXICO

Las erupciones volcánicas suelen ocurrir a lo largo de - fracturas y fallas del terreno. Y como en la cuenca de México situada a 2 240 metros sobre el nivel del mar la mayoría de - los depósitos sedimentarios son de origen volcánico dada la - gran actividad efusiva (tobas y cenizas) que prevaleció en el período Cuaternario, es de suponerse que en esta área deben -- existir líneas de debilidad ocultas en su mayor parte por los productos volcánicos de la zona.

Actualmente la cuenca de México se localiza en un sitio donde la corteza terrestre ha sufrido desde comienzos del período Terciario el efecto de esfuerzos tectónicos de carácter tensional (Fosa tectónica). El magma emana del interior de la Tierra, ocasionalmente cuando la corteza sufre tensión provocando de esta manera el rompimiento o quiebre de sus formaciones a fondo. Al respecto, en un informe realizado por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, se establece:

"... que las manifestaciones volcánicas producidas desde el período Terciario Medio fueron originadas mediante los esfuerzos de compresión del continente. Así es como dos grandes fracturamientos profundos cortan a esta zona a través de su extensión localizadas una menor en el sur: Clarión formando su borde meridional y otra más ancha ocupando una extensión en el norte: Chapala-Acambay..." 5/.

5/. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Tomo I, p. 2 - 76-77.

Mediante el tectonismo y vulcanismo de estos dos alineamientos debe su formación la cuenca de México.

Tanto la línea Chapala-Acambay como la Clarión son fajas tectónicas las cuales representan alineamientos de extrema debilidad en la corteza terrestre.

Entre ambas zonas de fracturamiento podemos subdividir el espacio ocupado por la cuenca de México en tres zonas:

" 1.- La del fracturamiento Clarión en el sur con dirección E-O.

2.- La del fracturamiento Chapala-Acambay en el norte con dirección E-SE y O-NO.

3.- Y en el centro la zona comprendida entre ambos --- fracturamientos, donde la actividad volcánica y tectónica es muy reducida y se restringe a fracturamientos tensionales secundarios y a la aparición de pocos volcanes, Ejemplos los --- del Xitle, Ajusco, etc." 6/. (Ver Fig. 2).

Como podemos apreciar esta última zona es nuestro centro de estudio ya que en este sitio se encuentra ubicada la ciudad de México.

Sobre el origen de estos alineamientos la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México señala:

El fracturamiento Chapala-Acambay se formó durante el -- período Terciario Medio, esta línea es probablemente un ramal de continuación de la falla de San Andrés que se introduce al continente en Nayarit y corta la corteza de México siguiendo un arco en dirección sureste. La zona Chapala-Acambay fue produciendo, conforme se ampliaba numerosos volcanes como los de la región de Pachuca, el de Tepetzotlán, el de Guadalupe y el norte de Toluca en la región de Acambay.

Posteriormente se formó, durante el período del Tercia--

6/. Ibidem, p- 2-81.

rio Superior, el fracturamiento Clarión que rige el vulcanismo en el sur de la cuenca." 7/.

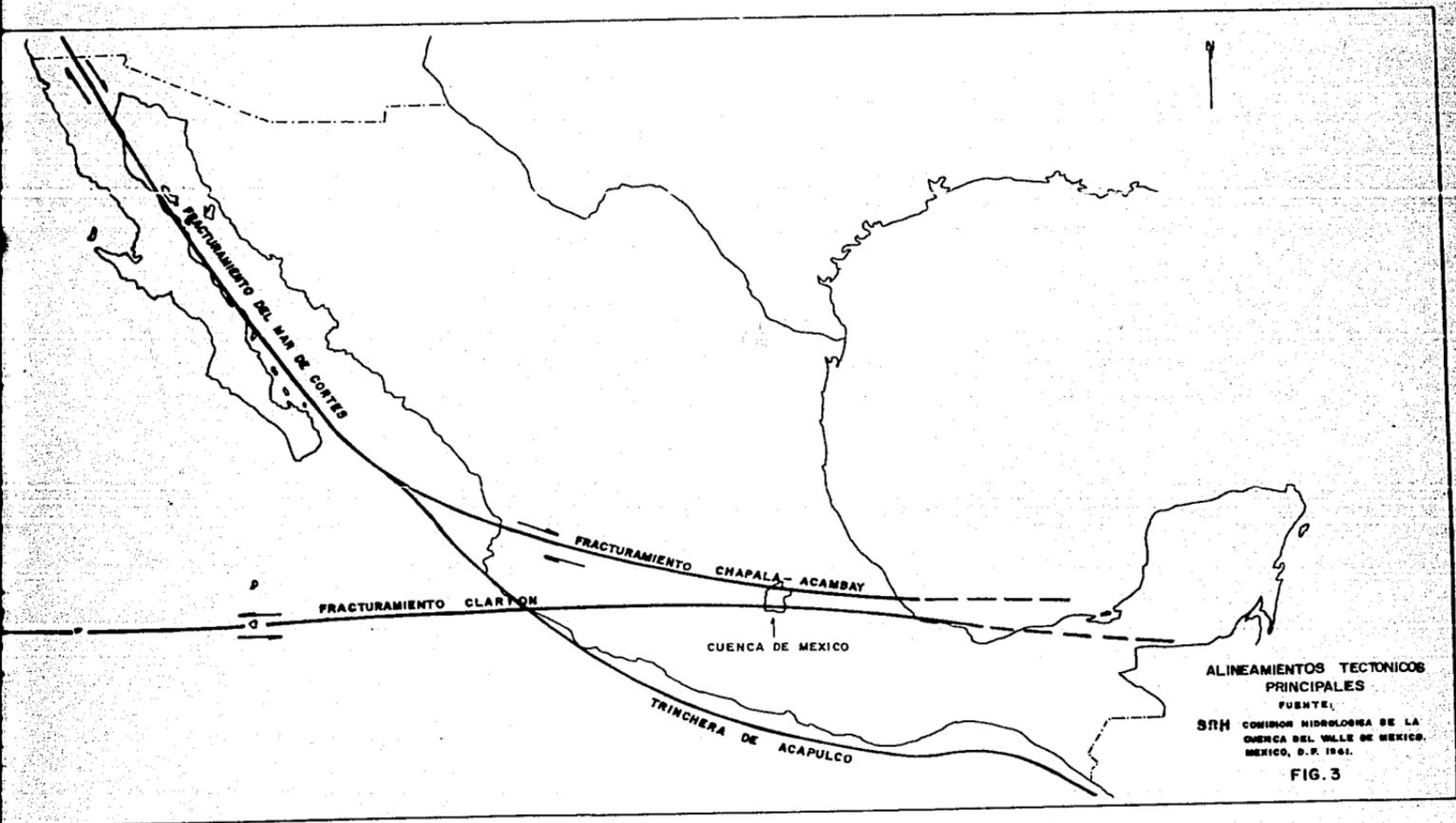
La fractura Clarión representa un corte drástico de reciente formación en la corteza terrestre. Las primeras manifestaciones de esta fractura fueron los volcanes de Zempoala posteriormente surgen los volcanes del Ajusco y aquellos cuyos restos constituyen los pies del Iztaccíhuatl y el Ventorrillo.

Respecto a la línea tectónica Clarión localizada en el fondo del Océano Pacífico, atraviesa México aproximadamente en el paralelo 19°N. Al penetrar en el continente recibe el nombre de alineamiento Humboldt; su trayecto lo marca el alineamiento de los grandes volcanes de México, Colima, Tancitaro, Nevado de Toluca, Popocatepetl y Pico de Orizaba. 8/.

La zona Clarión representa una franja angosta de hundimientos escalonados, que visto en corte revela la misma estructura tectónica fundamental que la línea Chapala-Acambay formando un gran arqueamiento que sufrió después rupturas y hundimientos en sus partes centrales. La fig. 3 constata la dirección de los dos alineamientos.

7/. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, Hidrología de la Cuenca del Valle de México, Tomo I, p. 2 - 76-77.

8/. *Ibidem*, p. 2-79.



ALINEAMIENTOS TECTONICOS PRINCIPALES
 FUENTE:
SIH COMISIÓN HIDROLOGÍA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO, MÉXICO, D.F. 1961.
FIG. 3

1.3 PANORAMA HISTORICO DE LA FORMACION DE LA CIUDAD DE MEXICO

En la cuenca de México penetró a mediados del siglo XIII el último de los pueblos nómadas que habían llegado del norte; al pasar cerca de las ciudades donde ya florecía la cultura, se les rechazaba con violencia como forasteros indeseables; esos nómadas eran precisamente los aztecas que traían consigo como única herencia, una fuerza de voluntad indomable.

Después de sufrir incontables vejaciones, los aztecas lograron establecerse en un islote en medio de un lago. La fecha de la fundación de su ciudad, fue el año de 1325 de nuestra era.

El área de la fundación de la antigua ciudad de México se encontraba circundado de montañas con exuberante vegetación donde las aguas formaban un solo y extenso lago. La humedad propiciaba la fertilidad de la tierra.

Al hablar sobre el aspecto original de la cuenca destaca la parte más baja de la laguna de México, la que continuaba al norte por tierras húmedas y cenagosas que en época de lluvias formaban la laguna conocida como de Ecatepec o San Cristóbal, un poco más alta que la de México; hacia el norte seguían los grandes lagos de Xaltocan y Zumpango o Citlaltepec a nivel superior. Por la parte sur y a alturas cada vez mayores, estaban los lagos de Kochimilco y Chalco que entonces constituían un solo recipiente. En la temporada pluvial todos los lagos formaban uno solo. La formación inicial de la cuenca de México la podemos apreciar mediante la observación de -

la Fig. 4.

Los islotes sobresalían totalmente aislados dentro de la laguna conocidos después como Tenochtitlan y Tlatelolco.

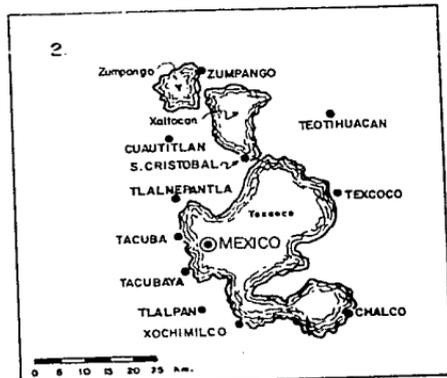
Uno de los primeros problemas que se les presentó a los primeros fundadores del México antiguo fue la falta de terreno para construir sus casas y solares de la misma, debido a que los islotes no tenían la amplitud suficiente para alojar a la población primitiva. Esta situación difícil se resolvió con la construcción de las chinampas o jardines flotantes, -- formados por las tierras acarreadas de las orillas o sacadas del fondo de la laguna. Una vez solidificada el área, comenzaba lentamente a fijarse las chinampas al terreno del fondo -- por medio de estacadas con que se iba circundando. Las chinampas se asentaron alrededor de las islas y en algunos casos -- fueron amplificación de islotes pequeños.

A pesar de encontrarse en condiciones precarias se establecieron comunicaciones con la tierra firme y para ligar las islas a la tierra fija fue necesario construir caminos, así -- la primera calzada que se construyó fue la de Tlacopan en -- 1418; después se construyó la de Tlatelolco-Azcapotzalco y -- posteriormente se unió Tenochtitlan a las tierras del sur con la calzada a Xochimilco.

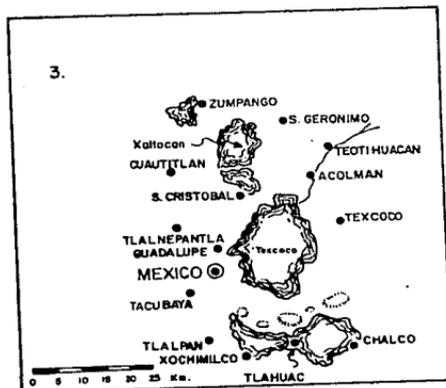
Con las calzadas a Xochimilco, las de Tacuba y Azcapotzalco se formó el primer reducto de aguas dulces, al suroeste y oeste de Tenochtitlan. Posteriormente se construye la -- calzada al Tepeyac, que tuvo la doble función de contener las aguas y servir de tránsito hacia el norte.



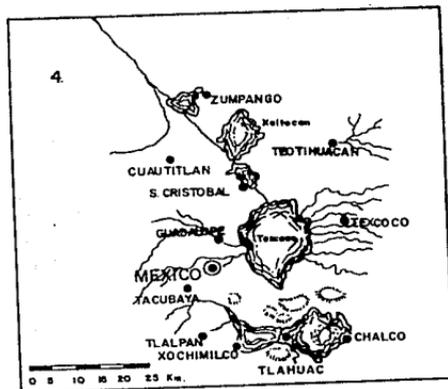
1. Los límites aproximados durante la época diuvial.



2. A comienzos del Siglo XVI.



3. A comienzos del Siglo XIX.



4. En el año 1889.

NOTA: Según la versión Alemana
titulada "Los Jardines -
flotantes de Xochimilco".
Por: Enebach Schilling Klä, 1888.

EL RETROCESO DE LOS LAGOS EN
EL VALLE DE MEXICO.

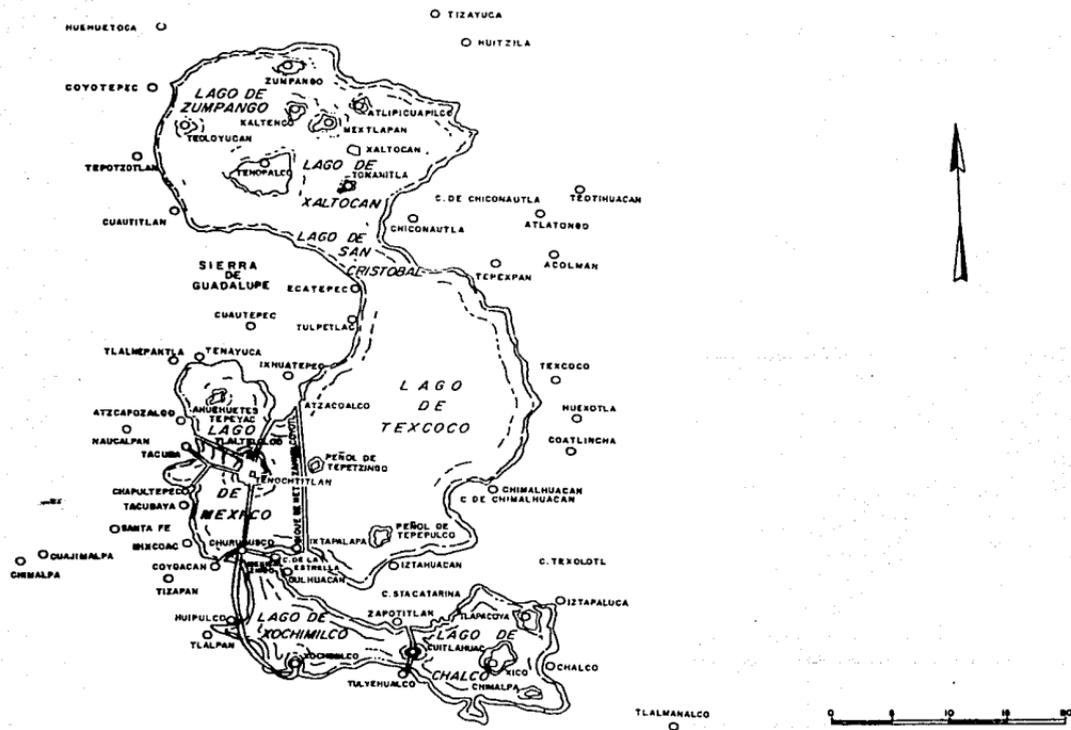
FUENTE:
SRH COMISION HIDROLOGICA DE LA
CUENCA DEL VALLE DE MEXICO,
D.R. 1981.

FIG. 4

Respecto a las inundaciones, el pueblo azteca tuvo que soportar la primera gran creciente ocurrida en el año de ---- 1449. Para entonces Moctezuma I, sintiéndose incapaz de resolver el problema pide ayuda a su primo el rey de Texcoco: Neza hualcōyotl, el cual acude a la cita para tratar de resolver la situación conflictiva que ofrecían las lluvias.

Como consecuencia de sus observaciones consideró las corrientes más peligrosas: el río Cuautitlán por el noroeste, el Papalotla por el oriente y el río de las avenidas de Pachuca por el norte; así, con estas estimaciones consideró conveniente realizar un plan para defender la ciudad de las amenazantes corrientes fluviales por medio de diques o muros de madera, piedra y arcilla, los cuales detendrían la fuerza de -- las aguas impidiendo de esta forma que llegaran a Tenochti--tlan.

Este plan agradó a Moctezuma y de inmediato emprendió -- las obras, construyéndose primero el dique del cerro de la Estrella, en Iztapalapa hacia Atzacalco, con dirección sur-nor-te, obra conocida por los españoles como albarradón de Neza--hualcōyotl o Albarrada Vieja de los Indios y posteriormente -- fue completada con dos diques en los lagos del sur: en la zona de Tláhuac-Cuitláhuac, el cual dividía los lagos de Chalco y Xochimilco y el otro en Mexicaltzingo que separaba las a---guas de Xochimilco de la laguna de México. Esto trajo como -- consecuencia mayor altura a los lagos de Chalco y Xochimilco, en la Fig. 5 se visualiza la posición de los diques y divi---sión de los lagos.



SRH COMISION HIDROLOGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO
LAGOS DEL VALLE DE MEXICO A FINES DEL SIGLO XV Y PRINCIPIOS DEL XVI.

FIG. 5

Posteriormente se realizaron obras complementarias como fueron las esclusas y las compuertas, con ésto se logró separar las aguas dulces del sur, de las saladas del lago de Texcoco. Con la realización de esta obra se pensó tener salvada la población de las inundaciones; lo que no fue así ya que -- posteriormente estas continuaron amenazando a la cuenca. Para el año de 1498 y durante el reinado de Ahuizotl, éste trató -- de abastecer de agua potable a la gran Tenochtitlan mediante la construcción de un canal a partir del manantial de Acue---cuéxcatl sitio ubicado en Coyoacán; su intento resultó nulifi---cado ya que fue tanta el agua recibida que la gran ciudad azteca resultó inundada, incluso éste murió posteriormente debi---do a este acontecimiento.

Los aztecas presagiaron el fin de su imperio y esto quedó plasmado en los ocho presagios funestos, según los infor---mantes de Sahagún.

Durante la fase de la conquista se destruyó el Acueducto de Chapultepec, las aguas de la laguna de México se encontra---ban a mayor altura que las de Texcoco y Cortés se hallaba ---acampado en aguas de Iztapalapa, en la zona de la laguna sala---da tratando de encontrar la forma de cruzar los bergantines, cuando los mexicas, al mando de Cuauhtémoc, vieron la oportu---nidad de exterminar al enemigo rompiendo las compuertas y par---te del dique de Nezahualcóyotl buscando anegar a Cortés y su---ejército, y casi lo consiguieron, pero reaccionó Cortés y por---los mismos boquetes abiertos por los mexicas ordenó el cruce---de sus embarcaciones. Así de esta manera inició el asedio de

la ciudad, la cual finalizó el 13 de agosto de 1521 con la --
captura del emperador y la destrucción total de la ciudad de
México-Tenochtitlan.

Durante el siglo XVI se realizó la construcción de la --
Nueva España edificándose sobre las ruinas de la antigua ----
Tenochtitlan, debido a motivos políticos, precisamente en el
sitio donde se había logrado la rendición de los aztecas. Pa-
ra construirla fue necesario cegar la mayoría de los canales
y sólo dejar algunos para el tránsito de las canoas, elevándo
se el nivel de las calles. La mano de obra de los indígenas -
se utilizó para edificar la nueva ciudad; los antiguos diques
de Nezahualcóyotl y Ahuizotl fueron destruidos, creyendo los-
conquistadores haber protegido la ciudad, lo que no resultó -
así ya que esta quedó sin protección.

Para darnos una idea del aspecto dominador de la cuenca
en esa época, mencionemos algunas versiones dejadas por algu-
nos personajes.

Hernán Cortés en su segunda Carta de relación, describe-
a la cuenca de México así:

"Dicha provincia es redonda y está muy cercada de muy al-
tas y ásperas sierras, y lo llano de ella tendrá en torno se-
tenta leguas, y en dicho llano hay dos lagunas que casi lo --
ocupan todo, porque tienen canoas en torno más de cincuenta -
leguas. Una de estas dos lagunas es de agua dulce, y la otra,
que es mayor es de agua salada.

Divídelas por una parte una cordillera pequeña de cerros
muy altos que están en medio de esta llanura, y al cabo se --
van a juntar las dichas lagunas en un estrecho de llano que -
entre estos cerros y las sierras altas se hace. El cual estre-
cho tendrá un tiro de ballesta, y por entre una laguna y la - 10

otra, y las ciudades y otras poblaciones que están en las ---
dichas lagunas, contratan las unas con las otras en sus ca---
noas por el agua, sin haber necesidad de ir por tierra. Y por
que esta laguna salada grande crece y mengua por sus mareas -
según hace la mar todas sus corrientes, corre el agua de ella
a la otra dulce tan recio como si fuese caudaloso río y por -
consiguiente a las menguantes va la dulce a la salada" 9/. En
esta descripción el conquistador nos muestra su gran capaci--
dad de poder analítico así como de observación del paisaje --
geográfico; también nos menciona la importancia de las zonas
lacustres de la cuenca de México.

La versión de Fray Toribio de Benavente "Motolinía" es -
la siguiente:

México está cercado de montes que forman un conjunto de
sierras alrededor de sí, posee muy hermosos montes, los cua--
les cercan todo como un muro a esta zona. Arroyos y ríos ----
descienden de las montañas. Y el agua se concentra hacia una-
gran laguna, y México está localizado una parte dentro y la -
otra hacia la orilla.

Resulta útil también conocer la opinión de Fray Diego --
Durán, sobre las causas del comportamiento de la laguna de --
México:

"Hay una cosa en esta laguna muy notable, y es que mu---
chas veces se embravece en aquel lugar, sin hacer viento y --
hierve allí el agua y echa espuma. Y haciendo muchas conjetu-
ras de lo que puede ser, debe ser que aquel ojo de agua, o --
respiradero de esta laguna está ya cegado con el mucho cieno
y el agua y el aire juntamente está represado que no puede --
salir y querría hacer su curso. Deben estos dos elementos de-

9/. Jorge Gurría Iacroix. El desagüe del Valle de México du-
rante la época novohispana. p. 7-8.

hacer alguna violencia y causan aquel extraño movimiento en la laguna y aquel huracán"10/.

Lo anterior proporciona una idea del paisaje lacustre -- que contemplaron los españoles a su llegada a la cuenca de -- México. Debido a la existencia abundante del agua, uno de los principales problemas que enfrentaron al principio de ser fundada la colonial ciudad de México, fue el de las frecuentes -- inundaciones a la que estaba sujeta esta zona por haberse fundado dentro de una zona lacustre del lago de México, el más -- bajo de todos, siendo el sitio donde fluyen las aguas excedentes de otros lagos situados a mayor altura.

Humboldt nos hace reflexionar cuando dice:

"Era lógico y natural que en un principio se recurriera al sistema de diques y albardones; ya que los antiguos aztecas acostumbrados a la vida lacustre que imperaba en la antigua Tenochtitlan observaban con cierta indiferencia los efectos de las inundaciones, por lo tanto nunca trataron de secar las aguas de la cuenca sino solo contenerlas. Por ésta razón mandaron construir sus diques como albardones. Situación a la que los nuevos conquistadores no estaban acostumbrados"11/.

Así, durante los primeros años de la Colonia, en 1523 la gran ciudad se inunda por primera vez, posteriormente transcurrieron muchos años y el 17 de septiembre de 1555 otra inundación sufre la ciudad. Los causantes del anegamiento fueron -- las corrientes fluviales como las de los ríos que crecieron -- en las zonas sur y poniente, como consecuencia de esta inundación se propuso un plan para encerrar a la ciudad dentro de--

10/. Ibidem, p. 7-8.

11/. Más claramente expuesto por Jorge Gurría Lacroix en su obra: El desagüe del Valle de México durante la época novohispana. p. 31.

un círculo protector mediante el trazado de un dique: El de San Lázaro, con la creación de esta obra se volvía a reconstruir el antiguo dique de Nezahualcóyotl.

En noviembre de 1555 durante una reunión de miembros del gobierno, dos personajes presentan sus proyectos que serían obras de defensa para la ciudad de México: Ruy González uno de ellos y Francisco Gudiel. El primero proponía encauzar y represar algunos ríos, considerados enemigos mortales para la población, así como la construcción de varios diques de contención en las lagunas.

Gudiel propuso el desagüe general de la cuenca de México extrayendo las aguas por medio de una salida en dirección hacia Huehuetoca. Además consideró el aprovechamiento de las aguas mediante su respectivo control y conservación en la cuenca, siendo aprovechadas para la navegación como para los regadíos.

El planteamiento hecho por Francisco Gudiel era el adecuado y si en su debido momento no se realizó, fue por causas ajenas a él; lo cierto es que posteriormente se realizó su plan de acuerdo con lo trazado en su proyecto y por lo mismo es digno de recordar a este personaje.

Es un hecho que los españoles del siglo XVI utilizaron los procedimientos y técnicas de los indígenas sin empezar el desagüe general a pesar de existir los proyectos de Francisco Gudiel y Claudio Arciniega, que de hecho seguía al del primero.

Detalle curioso: a partir del año de 1555 se registraron dos inundaciones con intervalos de 24 años; la primera en ---

1579-1580 y la segunda en 1604. Durante este año se construyeron las avenidas de Chapultepec y de los Misterios tratando de proteger a la ciudad.

Posteriormente, en el siglo XVII aparece Enrico Martínez, quien presenta un proyecto de desagüe del río de Cuautitlán y la laguna de Zumpango hacia fuera de la cuenca de México, mediante el túnel de Huehuetoca.

La realidad era que, el proyecto presentado por Enrico Martínez en el mes de octubre de 1607 y los lugares indicados para realizarlo coincidían con los propuestos por Francisco Gudiel en 1555.

El 17 de septiembre de 1608 comenzaron a correr las aguas por el túnel de Huehuetoca dirigiéndose el agua hacia el Golfo de México, como dicho túnel no había sido revestido y el terreno era deleznable, poco tiempo después comenzaron los derrumbes y ya no funcionó debidamente.

De 1624 a 1627 no existieron períodos de lluvia frecuente e intensa; pero a fines de este año una fuerte precipitación azotó a la ciudad. A partir de entonces hasta 1631 existió un período de constantes lluvias.

Con motivo de los desastres acontecidos se ordenó la aprehensión de Enrico Martínez considerándolo como único responsable de las inundaciones. Con la muerte de Enrico Martínez en 1632 concluye el período de la grandiosa obra del desagüe de la cuenca de México. Hay que advertir que este personaje propuso el desagüe general, en su informe de 1628.

Durante el siglo XVIII existieron algunas inundaciones, las cuales repercutieron en muy poco; la ciudad crecía y se -

hacían grandes construcciones de palacios e iglesias. En 1714 iniciado el siglo XVIII un fuerte aguacero al igual que un temblor destruyeron muchas de las obras del desagüe.

En 1764 una gran tormenta provocó el hinchamiento del lago de Texcoco, el cual derramó sus aguas sobre los llanos de San Iázaro y la Candelaria; a consecuencia de esto se le dió mucha importancia a las obras del Tajo de Nochistongo iniciadas en el mes de septiembre de 1768 y culminadas hasta 1801.

A finales del siglo XVIII el problema del desagüe de la cuenca de México aún estaba latente pero comenzaban a madurar nuevas ideas sobre la forma de abatir las aguas en las lagunas. Las obras hidráulicas realizadas en la cuenca de México durante los siglos XV, XVI, XVII, XVIII se observan en la Fig.6.

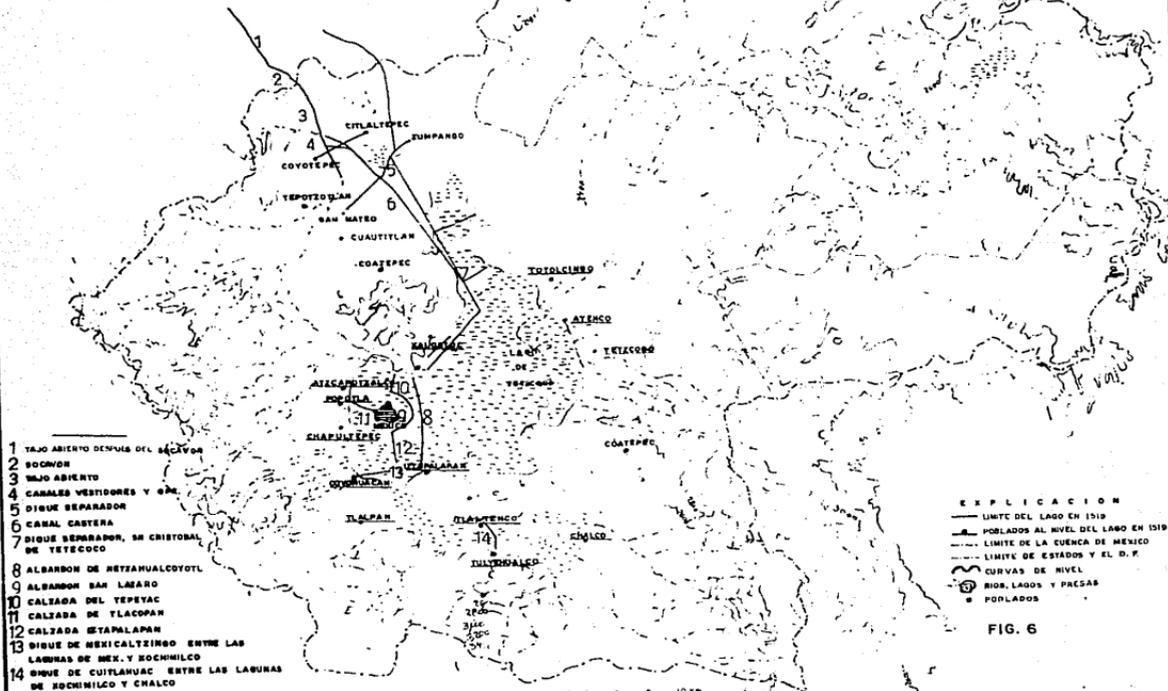
El inicio del siglo XIX fue inaugurado en 1801 con la culminación de los trabajos del Tajo de Nochistongo y con ello la ciudad quedaba protegida de las aguas más peligrosas provenientes de la zona norte. Esta obra fue de gran trascendencia para apoyar el desagüe y protección de la cuenca de México.

Comenzaba el siglo XIX y tal como manifiesta la Secretaría de Recursos Hidráulicos en su libro: Hidrología de la Cuenca del Valle de México:

"La idea central, durante el siglo XIX fue, indudablemente, la expulsión artificial de las aguas de los lagos, lo que permitiría alejar el peligro de las inundaciones; pero los intentos para lograrlo tropezaban con la inestabilidad proveniente de los grandes cambios políticos y sociales que caracterizaron esa época. Tanto durante los disturbios inter-

MAPA DEL VALLE DE MEXICO EN EL QUE SE INDICAN
LAS OBRAS HIDRAULICAS DE LOS SIGLOS
XV XVI XVII XVIII.

N



nos, como en las luchas contra los Estados Unidos y Francia, - el país sufría las consecuencias de la desorganización que éstos acontecimientos producen, reflejándose sus efectos en la serie de obras que se emprendían y no se terminaban! 12/.

El 27 de septiembre de 1821, se inició una nueva época - en la historia del antiguo México Colonial para continuar con el nuevo México independiente. Nuevas obras hidráulicas se -- pondrían en marcha posteriormente con el fin de proteger a la ciudad de su viejo enemigo: las inundaciones.

Este siglo no se caracteriza por la abundancia existente de inundaciones, sólo existió amago de inundaciones con poca trascendencia.

En 1824 quedaron formalizadas tres instituciones políticas: la República Mexicana, el estado de México y el Distrito Federal, los tres México concéntricos: la capital federal, la entidad local y la nación. Con esta medida se concentraron me jor los campos de acción gubernativa; en el ramo del desagüe prevalecieron durante algún tiempo las atribuciones hacia los tres organismos políticos hasta que en 1826 el presidente Victoria dispuso que fuese de la competencia directa del gobierno federal.

La guerra de 1832 interrumpió las obras del desagüe.

México, sufre la invasión del ejército norteamericano en 1847 y más tarde por el francés en 1863. Durante este período, el abandono del gobierno en las obras públicas fue total.

12/. Secretaría de Recursos Hidráulicos, Hidrología de la --- :
Cuenca del Valle de México, p. 24. 25

Establecida la república regresa la situación de indecisiones frecuentes, se realizaban nuevos estudios, las obras se interrumpían, situación que imperó hasta fin del siglo --- XIX.

En 1879 el ing. Luis Espinoza presentó un proyecto de -- desagüe. Gobernaba a la República el general Porfirio Díaz, el cual aprobó el proyecto, así de esta manera comenzaron las -- obras el 30 de septiembre de 1879 y terminadas el 17 de marzo de 1900.

Por situaciones favorables a Espinoza fue él el personaje destinado a coronar la hazaña técnica iniciada por Francisco Gudiel en 1555 y por Enrico Martínez en 1607 después de -- casi tres siglos.

El empuje final de las obras del desagüe se da a partir del momento en que Díaz se afianza en el poder desde que se -- inicia el período de reelección indefinida en 1884.

Las obras complementarias al desagüe durante el gobierno de Díaz están el alcantarillado de la ciudad de México y la -- introducción de las aguas de Xochimilco a la misma.

Como obras generales del desagüe para la ciudad de México se tenían las del Tajo y el Túnel, faltaba la tercera el -- Canal.

Por fin el 17 de marzo de 1900 fue la fecha de inauguración oficial, no solo del gran Canal, sino de todo el sistema de desagüe general de la cuenca de México.

El presidente Díaz acompañado de personalidades del ambiente político inauguraron esta obra y así de ésta manera --

dió la orden de: levantar las compuertas de San Lázaro que -- dan salida a los residuos y aguas de la ciudad, por el gran -- canal que comienza en el barrio del mismo nombre de esta capi -- tal, y por el Túnel de Tequixquiac que es la continuación de -- dicho canal; siendo este acto de inauguración el que solemni -- za la conclusión de las obras destinadas a gobernar las aguas -- de la ciudad de México, que desde los tiempos más antiguos -- han sido la causa de molestas y peligrosas inundaciones.

Esta obra significó un esfuerzo titánico, pero la reali -- zación de ésta no fue una solución satisfactoria. Daba la im -- presión de que el viejo problema de las constantes lluvias -- que siempre han azotado a la cuenca quedaba resuelto con la -- presencia de esta obra pero la realidad era otra ya que la -- lluvia siguió haciendo acto de presencia no tan frecuente co -- mo en años anteriores y las inundaciones no terminaron.

En el mismo año de 1900 a 4 meses de inaugurada la gran -- obra se presenta una gran inundación; en 1901 otra, así como -- en 1909 y 1910, durante dos años consecutivos, nuevas inunda -- ciones ocurren en la ciudad.

Como podemos apreciar, el centro hidráulico de la cuenca -- aún no se resolvía por completo.

La resistencia, así como la potencia del desagüe de la -- cuenca a principios del siglo XX era el adecuado a las condi -- ciones ecológicas de la cuenca. En realidad para ponerlo en -- práctica y en un futuro inmediato necesitaba de servicios co -- mo limpieza, trabajos de reparación, ampliación así como de -- mejoramiento.

Existe algo que si podemos apreciar con la creación de esta obra y nos referimos a la técnica combinada con la ciencia que lograron la apertura de la cuenca de México.

El problema del funcionamiento de ésta obra, como Ernesto Lemoine Villicaña afirma en su texto de "El desagüe del Valle de México durante la época independiente":

"Este sistema de drenaje urbano, obra notable del porfirismo ampliada y perfeccionada por los gobiernos de la Revolución a medida que el área de la capital se iba extendiendo, dependía para su eficaz funcionamiento, de la estabilidad del suelo metropolitano, pues las fracturas y hundimientos de éste lo desquiciarían, obstruyendo o interrumpiendo de plano la expulsión de las aguas negras hacia el gran canal". 13/.

Desgraciadamente esa profecía comenzó a ser una realidad en los principios de la década del treinta con el crecimiento acelerado de la capital. Como analizaremos posteriormente.

Durante el siglo XX se construyen algunas obras de las cuales producen una situación artificial a la cuenca modificando de esta manera las condiciones naturales de la zona.

El crecimiento acelerado de los asentamientos humanos originó la gran demanda de agua hacia la población que siempre ha vivido en la cuenca de México.

Entre las principales obras hidrológicas realizadas a principios del siglo se consideran:

- La introducción del agua de los manantiales de Kochimilco para así abastecer de agua potable a la zona centro del

13/. Ernesto Lemoine Villicaña. "El desagüe del Valle de México durante la época independiente". p. 125-126.

Distrito Federal, estos cuerpos de agua eran: La Noria, Nativitas, Santa Cruz y San Luis todos en su conjunto producían - 2 100 lts/s.

-Abastecimiento de agua potable para la ciudad de México de los siguientes sitios: Chapultepec, Desierto de los leones y Santa Fé, además se contaba con 1070 pozos someros para complementar la dotación de agua que requería la ciudad.

Un gran problema en la ciudad de México hacia 1911, lo constituía el lago de Texcoco. Al respecto de ésta situación, la Secretaría de Recursos Hidráulicos asegura en su texto Hidrología de la Cuenca del Valle de México:

"... Ya para entonces, y debido a la continua aportación de acarreo, se encontraba muy sucio. Además, debido a la enorme concentración de sales producida por la gran evapora---ción de las aguas que llegaban de todas las corrientes del --Valle, los terrenos que afloraban quedaban fuertemente salo---bres y no había plantas que pudieran crecer en ellos, dando - con esto origen a una gran cantidad de tierras sueltas que, - con facilidad, eran levantadas por el aire y proyectadas en - forma de tolvaneras sobre la ciudad de México y otras partes- del Valle..." 14/.

Muchas fueron las dependencias que trataron de resolver el problema al principio tales como la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y posteriormente muchas más hasta el 13 de junio de 1951 cuando se crea la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, ésta trataría de resolver los múltiples problemas hidrológicos que actualmente sigue con---

14/. Más claramente expuesto en el libro de la Secretaría de Recursos Hidráulicos: Hidrología de la Cuenca del Valle de Mé... 23
xico, p. 40.

frontando la cuenca.

Retomando el problema del desagüe de la cuenca, la ciudad de México seguía creciendo y el Túnel de Tequixquiac, así como el gran Canal del desagüe fueron siendo cada día insuficientes en el control y manejo de las aguas negras. Así para el año de 1930 apenas se comenzaba a tratar el problema mediante proyectos originados por el crecimiento de la población.

La Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas en el año de 1940 decide realizar el segundo Túnel de Tequixquiac - 200 m al poniente del viejo; los trabajos de esta obra culminaron durante el mes de noviembre de 1946. Debido a fallas en la construcción de este túnel ocasionó que no trabajara satisfactoriamente, hasta después de su reparación que se terminó en el año de 1954.

La ciudad seguía creciendo y en 1930 se contaba con una población de un millón de habitantes y abarcaba una superficie de 50 km². Para 1950 existían ya 2 235 000 habitantes con una superficie de 150 km². Como podemos analizar, el acelerado crecimiento de la población en un millón doscientos treinta y cinco mil habitantes hacía necesario obtener nuevos abastecimientos de agua para la ciudad de México; así debido a la cercanía con esta gran ciudad se entubó el agua potable de los manantiales del río Lerma de Almoloya del Río, Texcaltenco y Alta Empresa y otras fuentes de captación y por medio de pozos artesianos o por filtraciones a lo largo del túnel, todas en su conjunto aportaban a la ciudad de México: 6 000 m³/s. Las obras para la introducción de las aguas de los ma-

namentales del río Lerma fueron iniciadas en 1948 y concluidas en 1951.

Al crecer la población la ciudad automáticamente crece y por lo tanto requiere de mayor demanda de servicios, entre -- ellos el principal: el agua. Por lo tanto se ha requerido bug car constantemente nuevas fuentes de abastecimiento. Después de la década de los 50's se centró la atención en los scuffe-ros de la región del Chiconautla, ubicados al pie del cerro - Chiconautla a 32 km al noreste de la ciudad de México.

Actualmente, el sistema Cutzamala se ha convertido en la última fuente surtidora de agua potable para la ciudad de Mé-xico. Traer el agua de las presas de esa región ha significa- do una tarea laboriosa ya que para su realización o construc- ción se necesitaron 127 km de acueductos de conducción, los - cuales tuvieron que cruzar cerros, montañas y planicies. Esta zona aporta 6 000 lts/s a la ciudad de México.

Sergio Moreno Mejía, director de Construcción y Opera--- ción Hidráulica del D.D.F. aseguró a un grupo de investigado- res de El Colegio de México momentos antes de que iniciara su participación en el seminario ciudad de México, con fecha 22 de Octubre de 1986:

"El proyecto Cutzamala estaba planeado para concluirse - en un plazo de entre 3 y 4 años, pero lleva 10 y hasta la fe- cha no se ha terminado. También enfatizó que aunque a corto - plazo, el Distrito Federal requerirá de nuevas fuentes de --- abastecimiento de agua potable para mantener el nivel actual del servicio. La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráu- licos (SARH) no ha iniciado aún los proyectos de Ingeniería -

para traer el líquido de Tecolutla, Amacuzac y Temascaltepec". 15/.

Así como ha sido necesario abastecer de agua potable a la ciudad de México, se considera también indispensable el tratamiento de las aguas negras para así aprovecharlas en otros usos y de esta forma exista un equilibrio entre el agua que entra en la ciudad así como la que sale.

Las obras del sistema del drenaje profundo, iniciados los estudios en 1959, su construcción en 1967, e inaugurados los trabajos en 1975, constituyen el último esfuerzo empleado para tratar el problema del desagüe de la cuenca de México vigente hasta la fecha.

En cuanto al problema del drenaje, Moreno Mejía, funcionario del gobierno capitalino indicó que:

"... Los hundimientos del suelo ocasionaron que este sistema redujera su capacidad, al dejar de funcionar mediante gravedad, lo cual obligó a establecer 29 plantas de bombeo.

Entre los problemas en este sistema, mencionó: el acelerado crecimiento del área urbana, el hundimiento del subsuelo por la extracción de agua subterránea, el manejo de aguas y pluviales por parte de varios organismos (SARH, gobierno del estado de México y DDF), interacción de los subsistemas de drenaje, que no permiten manejar las aguas interdependientemente, y la presencia de tormentas de gran intensidad..."16/.

Como podemos analizar la debilidad del subsuelo de la ciudad de México ante la presencia de un sismo se debe entre otras causas a la sobreexplotación del recurso agua a la que-

15/. Cristina Martín, LA JORNADA, p. 23.

(23 de Octubre de 1986).

16/. Ibidem, p. 23.

está sujeta la metrópoli diariamente a pesar de existir limitantes, ocasionando hundimientos constantes y abatimiento de los mantos acuíferos.

1.4 ESTRATIGRAFIA Y ZONIFICACION DEL AREA URBANA

La ciudad de México se encuentra asentada en las faldas de la serranía de las Cruces formadas por terrenos compactos arenolimosos con alto contenido de gravas en ocasiones, y --- otras, por tobas pumíticas bien cimentadas; al sur, la urbe invade el derrame basáltico del "Pedregal de San Angel". A -- esta unidad se le denomina como zona de lomas, presentando -- condiciones favorables para cimentar estructuras. La capaci-- dad de carga del terreno es alta y no existen capas de arci-- lla compresibles que puedan ser la causa de asentamientos di-- ferenciales de gran magnitud. Sísmicamente esta zona no repre-- senta mucho peligro ante la movilidad de las ondas producidas por un sismo debido a la solidez y resistencia que representa el material de esta región.

Entre las serranías del poniente y el fondo del lago de Texcoco, se presenta una zona de transición entre la forma--- ción compacta y la zona del lago, en donde las condiciones es-- tratigráficas del subsuelo varían de un punto a otro del área urbanizada. Al respecto, en su obra "El subsuelo de la Ciudad de México, Mazari especifica:

"... sobresalen superficialmente depósitos arcillosos o limosos orgánicos de la formación Becerra; los cuales se encuentran cubriendo a capas de arcilla muy compresibles característicos de la zona del lago, intercalados con capas de arena limosa compacta o arena limpia, los cuales descansan sobre potentes mantos en los que el material predominante es la grava y la arena..." 17/.

17/. Marcos Mazari, et. al. El subsuelo de la Ciudad de México p. 20.

Los límites internos del área de transición se han establecido partiendo como base la formación de la zona centro y este de la ciudad establecida sobre el fondo del lago de Texcoco. Esta zona es peligrosa en cuanto a construcciones se refiere y probablemente coincide con fallas ocultas.

La tercera y última región es la conocida como la zona del lago, ubicada en la zona centro de la ciudad de México, la cual es nuestra principal área de estudio debido a las características que representan los estratos lacustres, arcillas volcánicas y lacustres, las cuales no comportan excesiva e inestablemente ante la presencia sísmica. Esta zona fue la que más daños resintió, como podremos apreciar posteriormente, tanto en daños materiales como en pérdidas humanas. La Fig. 7 muestra las distintas zonas en que se ha dividido la ciudad.

Para distinguir los diferentes estratos de sedimentos hasta la roca basal, ha sido una tarea difícil y hasta la fecha se fundamenta en muchas suposiciones. Por esta razón urge realizar investigaciones sobre el contenido profundo del subsuelo de la ciudad de México. Ver datos de las perforaciones realizadas por PEMEX en la ciudad de México en el año de 1986.

Cabe aclarar que nuestro estudio determinará las zonas dañadas, en el centro de la ciudad de México, por el sismo del 19 de septiembre de 1985, teniendo como contribución el intento por tratar de delimitar las áreas que representaron sísmicamente mayor peligro por la debilidad tectónica en el Distrito Federal. Y así apoyar a la renovación del reglamento

de construcción en la metrópoli.

Volviendo al problema, en Texcoco existe un pozo (P.P.1) con 2 065 m. de profundidad y no toca la roca basal, ésto --- hace pensar que los sedimentos en la cuenca rebasan los 2000m de profundidad. La roca de asiento de composición ígnea localizada en el fondo de la cuenca sirve de sostén a las diferentes capas depositadas posteriormente.

En las profundidades de la corteza terrestre existen dos tipos de mantos, el de sílice y aluminio que corresponde a -- los granitos y el de sílice y magnesio a los basaltos.

Los basaltos se localizan como sostén o soporte de la -- capa granítica, de esta manera ésta sería la base de la corteza terrestre formada por suelo, el subsuelo sedimentario y la roca basal. Para determinar la composición de los estratos de la cuenca de México, principalmente en la zona centro de la - ciudad de México, Ismael Herrera Revilla opina:

"Simula una gran olla -que sería el recipiente de roca basal- y el contenido serían los estratos de sedimentos constituidos por arcilla, primera capa existente en la zona cen--tro, la cual dificulta el establecimiento de los asentamien--tos humanos, siguiendo arenas, limos y otros materiales depo--sitados en diferentes épocas geológicas." 18/.

En la actualidad puede establecerse que la parte más --- afectada por hundimiento corresponde a la zona que ocupa la - ciudad de México. Esta posee un alto contenido de sedimentos vulnerables ante la sobrecarga, el abuso en la explotación -- del agua subterránea y la frecuencia de los sismos.

18/. INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, N° 112. p. 44.

1.5 CONSECUENCIAS ACTUALES POR EL ABATIMIENTO DE LOS
MANTOS ACUIFEROS

Actualmente la ciudad de México pierde miles de metros cúbicos de agua a través de 8 000 pozos 19/, que extraen el agua del subsuelo. Estos pozos están situados en toda la metrópoli. Su extensión abarca toda el área conurbada del Valle de Cuautitlán, la parte poniente y sur de la ciudad, Tlalne-
pantla, Naucalpan, Xochimilco, Chalco, la zona del Valle de Texcoco y Ecatepec.

Los materiales arcillosos son la causa del hundimiento de la ciudad de México, ya que al bajar la presión hidrostática a consecuencia de la exagerada extracción de agua, las arcillas pierden volumen en grado extraordinario.

La ciudad presenta un hundimiento promedio de 9 a 10 centímetros al año. Resulta muy interesante señalar que el hundimiento de nuestra metrópoli no fue el motivo de la caída de muchos edificios el pasado mes de septiembre de 1985, aunque cabe aclarar que un edificio de más de ocho pisos necesita un estudio completo de mecánica de suelos y de cimentación.

El problema en la ciudad de México es complejo ya que es el centro político, económico, cultural, social y de trabajo de la nación. De manera que en el Distrito Federal se localizan la mayor parte de todas las actividades productivas del país.

Antiguamente existían muchos pozos en el primer cuadro -
19/. Más claramente expuesto por Gerardo Cruickshank en IN--
FORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, No. 112, p. 44.

de la ciudad de México. La extracción del agua en esta zona -- provocó hundimientos que se pueden apreciar en construcciones como el Palacio de Bellas Artes, la Catedral metropolitana, -- la zona del Templo Mayor y otros.

El sobrebombeo en la ciudad de México ha producido el -- enjutamiento del suelo y como consecuencia ha acarreado la -- ruina del alcantarillado y las cuarteaduras en los edificios.

Actualmente están reducidos a un mínimo los bombeos oficiales y particulares dentro del área metropolitana, debido -- a esto se está obteniendo el líquido de otras fuentes que no -- afecten a la ciudad como el inconcluso sistema Cutzamala el -- cual abastece de agua a la ciudad, tomando en cuenta que el -- consumo crece constantemente.

Aun cuando el bombeo dentro de la zona urbana está sus-- pendiente parcialmente, el proceso de hundimiento del subsuelo continuará durante un tiempo indefinido hasta alcanzar nueva-- mente su estabilidad; y aun llegado a este punto, se seguirá produciendo un proceso lento de enjutamiento en el subsuelo, propio de la desecación de las zonas lacustres.

Cuando empezaron a realizarse las obras del desagüe de -- la cuenca de México por medio de canales y túneles desde la -- época colonial hasta la fecha, se drenaron totalmente los la-- gos de la cuenca de México.

La expansión de la metrópoli durante esta década con-- temporánea ocasiona a la vez el crecimiento de la capa asfáltica el cual no permite la infiltración del agua al subsuelo, de-- jando sólo que escurra hacia las cañerías favoreciendo de es--

ta manera a la presencia de las inundaciones. Cuando se unen ambas causas, drenes y pavimentación contribuyen a que los -- niveles freáticos se abatan o desciendan.

Otra obra que ha contribuido al abatimiento y deshidratación del subsuelo de la ciudad de México es la construcción - de la obra del drenaje profundo debido a que en un gran tubo- se concentran todas las aguas de diferentes cuencas, siendo - un dren para la metrópoli.

CAPITULO 2 ACTIVIDAD SISMICA OCURRIDA DURANTE EL MES DE
SEPTIEMBRE DE 1985

2.1 REGIONALIZACION SISMICA DE LA REPUBLICA MEXI
CANA.

La situación geográfica que ocupa la República Mexicana la ubica en una de las regiones más activas del mundo expuesta casi en su totalidad a fenómenos geofísicos. Así considerando la frecuencia de la actividad sísmica de los epicentros la parte sur de México se clasifica dentro del Continente Americano como una de las zonas de mayor actividad, sólo superada por la zona limítrofe de Perú y Chile.

Lo anterior se constata con el apoyo de los catálogos -- de temblores recopilados por el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M. hasta la década de los 70's, se ha podido determinar en nuestro país la existencia de tres zonas típicas de sismicidad, así tenemos:

1.- La zona sísmica. Localizada al sur de la República Mexicana comprende las regiones críticas y de alto riesgo, se extiende a través de los estados de Colima, Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Sur de Veracruz, Chiapas, México, Puebla, Distrito Federal y Sur de Jalisco. Pero dentro de estos sitios se extienden las áreas de mayor sismicidad las cuales corresponden desde el meridiano $100^{\circ}W$ a $110^{\circ}W$, y comprende -- los los estados de Oaxaca y Guerrero. Aquí es donde el fondo del Océano Pacífico y dentro de esta área lo constituye la -- llamada placa de Cocos, que subduce --sumerge-- por debajo de -- la parte continental o de Norteamérica, dando origen a la lla

mada Trinchera Mesoamericana. Este proceso de subducción fue la principal causa responsable de los temblores que ocurrieron los días 19 y 20 de septiembre de 1985, en las costas del Pacífico Mexicano.

Hacia el noroeste se localiza la cresta del Pacífico --- Oriental, que forma una saliente o cima en el fondo del mar, que continua hacia el mar de Cortés y se extiende a lo largo de éste para terminar uniéndose a la falla de San Andrés. Gran parte de la actividad sísmica del noroeste de México está asociado a este último rasgo tectónico.

2.- La zona penisísmica. Comprende el área de riesgo considerable, gran parte de esta región coincide con la parte norte de la Cordillera Neovolcánica y la Sierra Madre Occidental, regiones donde los fenómenos tectónicos y orogénicos tuvieron lugar durante el período oligoceno y el mioceno. En ella se observan las repercusiones de la zona sísmica de California que tanto ha afectado a la ciudad de San Francisco, -- particularmente en 1906.

3.- Zona asísmica. Es aquí donde el Territorio nacional presenta un riesgo mínimo. Se encuentra localizado en el centro NW y NE del país cubriendo grandes áreas de sedimento cretácico, comprende gran parte del estado de Baja California N y S, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas hasta el paralelo 23°N. La península de Yucatán por ser formación caliza se agrupa en esta zona.

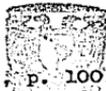
2.2 CRONOLOGIA DE LA ACTIVIDAD SISMICA

Actualmente el Océano Pacífico de la República Mexicana está considerado como un territorio sísmico, es aquí donde -- los sismos son más frecuentes. Para darnos una idea de la actividad sísmica al que está sujeto nuestro planeta cabría --- aquí mencionar un comentario publicado por la revista Ciencia y Desarrollo:

"Cada año se producen unos dos terremotos con un valor -- de ocho en la escala de Richeter y, por cada paso descendente de la misma, ocurren aproximadamente, diez veces más terremotos. En consecuencia, se detectan anualmente unos 20 terremotos magnitud siete y 200 de magnitud seis". 20/.

El 19 de septiembre de 1985, la ciudad de México resintió los efectos de uno de tantos fenómenos físicos a los que está expuesta la Tierra. Nuestra ciudad está localizada a --- 400 km de los focos que ocurren en la zona de contacto entre la placa oceánica y la placa continental.

Otra prueba de la constante actividad sísmica al que está sujeto el Océano Pacífico lo constituye el terremoto que -- azotó el 10 de Octubre de 1986 a la ciudad de El Salvador en Centroamérica. Como podemos apreciar a un año y un mes de ocurrido el primer fenómeno, se presenta el segundo terremoto en la misma zona de subducción del Océano Pacífico.



Pero volviendo al terremoto que azotó al D.F. y zona metropolitana diremos que la amplificación de las ondas sísmicas se vió incrementada en la cuenca endorreica de México debido a la topografía característica de esta y a los diferentes tipos de suelos -terrenos blandos y duros- con diferente composición de material.

La zona centro de la ciudad de México se vió más afectada durante el pasado terremoto de septiembre debido a la composición de la corteza terrestre de esta zona. Actualmente el subsuelo superficial de esta área está formado por material arcilloso. Este material permite un mayor movimiento del suelo en el momento de ocurrir un sismo, debido a que la forma de la base de un suelo blando por lo tanto la amplificación de las ondas es mayor en el momento de arriivar.

En un estudio de Jesús Abarca Figueroa -Sismicidad en la Cuenca del Valle de México-, se establece que:

"Entre 1460 y 1970 se han presentado en la ciudad de México 121 sismos con intensidad de 6 o más grados en la escala de Mercalli, estos epicentros han ocurrido fuera de la cuenca, localizados en la costa del Pacífico" El mismo investigador dice, que "durante los primeros 70 años de este siglo, han ocurrido nueve sismos con epicentro dentro de la misma cuenca, con intensidad máxima de seis grados" 21/.

Como podemos apreciar a través de toda la historia sísmica de nuestro país, ningún sismo había tenido tanta importancia hasta el del trágico día 19 de septiembre de 1985.

21/. Abarca, Figueroa Jesús. Citado por Ignacio Galindo Estrada, COMUNIDAD CONACYT, p. 73.

El año de 1957 debe ser recordado en la historia sísmica de la ciudad de México ya que en ese año ocurrió un fenómeno de esa naturaleza. Para darnos una idea de los daños ocasionados por ese sismo, remarquemos lo que el Departamento del Distrito Federal en sus Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo; al respecto nos dice:

"El sismo de 1957 arrojó las siguientes cifras, 523 construcciones dañadas; de las cuales 500 fueron localizadas en la zona centro o del lago, 20 en la zona de transición y 3 en la zona de Lomas." 22/.

Lo anterior comprueba que el tipo de suelos en los que se asientan, es uno de los factores importantes para el comportamiento de las construcciones en el momento de ocurrir -- los sismos.

22/. D.D.F. Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo, Tomo I, p. 61.

2.3 ORIGEN DE LOS SISMOS DEL 19 Y 20 DE SEPTIEMBRE

Un sismo ocurre cuando existe un desplazamiento en una falla del terreno y por falla se entiende el área sobre el cual se deslizan dos bloques de roca, que se han roto. Es aquí donde se acumula la energía la cual es liberada en forma de ondas elásticas las cuales se propagan por el interior de la Tierra con el nombre de ondas Primarias y Secundarias; cuando arriban a la superficie terrestre y se deslizan sobre ésta se les conoce como ondas Superficiales. Estas últimas son las que producen los daños sísmicos. Cuando el sacudimiento es muy fuerte se le llama terremoto, cuando es leve se le denomina temblor.

De acuerdo con las causas que provocan los temblores, éstos se pueden clasificar en tectónicos y volcánicos. Al respecto Jorge L. Tamayo en su libro Geografía Moderna de México comenta:

"Los sismos o temblores volcánicos son causados por la acción volcánica. Es común que antecedan a la iniciación de esta actividad, pero cuando ya se han iniciado no es extraño que coincidan, precedan o sucedan al paroxismo. Estos temblores son rápidos y su área de influencia reducida. Podemos citar como ejemplo de éstos, el temblor que el 20 de febrero de 1943 precedió al origen del volcán Parícutín.

Son tectónicos los que resultan de movimientos de la corteza terrestre por fallas o plegamientos a causa de esfuerzos que se producen por acomodo de las diversas capas o como resultado del enfriamiento de la corteza terrestre. Generalmente su área de influencia es amplia y prolongados los períodos de oscilación. Son ejemplo de estos temblores los que se pre-

sentan en las zonas limítrofes de Guerrero, Oaxaca y Michoacán, y en general en la región sísmica del país." 23/.

De acuerdo a la clasificación anterior el sismo de septiembre de 1985 quedara clasificado dentro del tipo tectónico, debido a que sobre las costas del Pacífico mexicano se localiza una zona de subducción en donde la placa de Norteamérica cabalga sobre la placa de Cocos. La frontera entre las placas del Pacífico mexicano es una gigantesca falla, localizada frente a las costas de los estados de Michoacán y Guerrero, -- allí se localiza el contacto entre la placa de Norteamérica y de Cocos marcado por una hondonada en la topografía del fondo oceánico conocida como trinchera de Acapulco. La fig. 8 ilustra la región tectónica del epicentro.

En esta zona de subducción existen varios sectores sísmicos: Brecha de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Ometepe y Tehuantepec. El pasado sismo del 19 de septiembre se localizó en la brecha de Michoacán la cual se encuentra ubicada a lo largo de la costa del Pacífico mexicano extendiéndose desde 101.5° hasta 103.0° longitud Oeste, desde la población de Zihuatanejo Guerrero, hasta Maruata, Michoacán. Actualmente en esta frontera de subducción, se sabe que existen dos clases de movimientos; sobre ello el Dr. Ismael Herrera Revilla comenta a la revista Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto:

23/. Jorge L. Tamayo. Geografía Moderna de México, p. 37.

"En la actualidad es necesario distinguir dos clases de movimientos en la frontera de subducción: sismos ordinarios y sismos característicos. Estos últimos son aquellos que se generan con magnitud del orden de 7.8 a 8.2; la longitud de ruptura alcanza unos 200 km. Los sismos ordinarios son más pequeños y por lo tanto más frecuentes, pero raramente producen daños en el Distrito Federal" 24/.

El sismo de septiembre de 1985 se localizó en la brecha de Michoacán, esta zona hasta antes de ocurrir el sismo se le podía considerar como de quietud sísmica, ya que en dicha región nunca había existido un sismo característico desde 1800, es decir durante más de 185 años.

Tenemos que destacar en este trabajo el terremoto denominado de Ciudad Guzmán, que ocurrió el 7 de junio de 1911 localizado en el Pacífico mexicano, sentido muy fuertemente en el Distrito Federal. Este sismo fue estudiado por Miranda y Marrón -1911-. La forma como se sintió en diversas localidades de la República sugieren una similitud con el sismo de septiembre de 1985.

Actualmente se puede considerar a la brecha de Michoacán como zona de quietud ya que la energía que almacenó durante muchos años fue liberada en forma de sismo. Ahora esta brecha indica que está acumulando energía, la cual algún día nuevamente volverá a liberarse.

Hoy la predicción de sismos es todavía una gran incógnita. Se pueden realizar cálculos, pero especificar exactamente el día, la hora y el lugar donde se presentará el fenómeno --

aún no se ha podido realizar en el mundo occidental, lo cual no es de extrañar si se considera que la teoría básica de la tectónica de placas es todavía relativamente reciente. En cambio hay que resaltar que países como China y Japón han logrado predecir algunos terremotos, debido al avance notorio en este tipo de investigaciones que los coloca a la vanguardia.

A fines de la década de 1970, China declaró haber sido capaz de predecir 18 de los 31 terremotos recientemente ocurridos en el país. China decidió, en 1966 realizar investigaciones para así detectar indicios, los cuales guardaban relación con acontecimientos ordinarios en el campo, como el comportamiento de los animales, el aumento del nivel de agua en los pozos freáticos, y la medición de las emisiones del gas radón antes de ocurrir un terremoto.

El 4 de febrero de 1975 se ordenó la evacuación de la ciudad de Haicheng. Durante la misma tarde, un terremoto de 7.3° Richter causó estragos en una superficie de 1 000 km² y destruyó el 90% de la ciudad. Y, aunque no se conocen estadísticas concretas de la mortalidad ocurrida, las pérdidas de vida fueron descritas como "mínimas". Pero la incertidumbre en la predicción de sismos en China se presenta el 27 de julio de 1976 en la población de Tangshan, debido a las miles de personas que perecieron durante un terremoto que se presentó un año después de haber predecido un terremoto de 1975.

Entre los indicios que observan los sismólogos aficionados chinos se cuentan la subida de las gallinas a descansar en los árboles, la negativa de los caballos a entrar a las --

cuadras, el salto de gran número de peces fuera del agua, el abandono de la tierra por parte de las serpientes, el aullido de los perros y el comportamiento nervioso de otros animales.

Según los chinos, el murciélago es el animal más sensible a la amenaza de los terremotos, mientras que en el Japón, se cree que es el faisán.

Varias son las teorías sobre la sensibilidad de los animales a la amenaza de los terremotos. Los esfuerzos a los que se ven sometidas las rocas puede que les hagan emitir sonidos, que se encuentran por encima o por debajo de la gama auditiva humana. Asimismo es posible que las patas de las aves sean -- sensibles a las vibraciones. De tal modo, también puede ser -- que algunos animales posean sensibilidad a las alteraciones -- que parecen producirse en el campo magnético terrestre antes de ocurrir un movimiento sísmico.

3.4 CARACTERISTICAS DEL TERREMOTO

El epicentro del terremoto fue localizado por el Servicio Sismológico Nacional dependiente del Instituto de Geofísica de la UNAM a 17.6 N y 102.5 W, en el Océano Pacífico frente a la desembocadura del río Balsas. Se originó a las 07:17:48.5, hora local, del día 19 de septiembre de 1985, con magnitud de 7.8(Ms) o de 8.1(Mw) Richter. La fig. 9 señala la localización del epicentro.

Amabas escalas, la de Richter y la de Mercalli, se diferencian debido a que la primera nos da la magnitud de un temblor -parámetro que califica la energía de un temblor-. Si el temblor tiene una magnitud de 7, ésta no cambia ni cerca ni lejos del temblor, mientras que la de Mercalli únicamente registra la intensidad del temblor que varía de acuerdo al lugar en que se encuentra la persona o el sismógrafo que puede ser en una zona rocosa y fangosa para así establecer una relación con el epicentro.

El Instituto de Geofísica de la UNAM, por medio del Servicio Mareográfico de la estación de Acapulco, Guerrero informó por medio de un boletín con fecha 3 de Octubre de 1985:

"... Que el sismo de septiembre generó el primer fenómeno conocido como maremoto o tsunami. Observándose en México - una ola de 2 metros en la población de Lázaro Cárdenas..."25/.

25/ Más claramente expuesto en el Informe Geofísico y Evaluación Preliminar del sismo del 19 de Septiembre de 1985, UNAM, Anexos.

Resulta muy importante conocer la opinión de la UNAM por medio del Instituto de Geofísica referente a este fenómeno:

"El sismo ocurrido en el mes de septiembre responde a lo que se pensaba podría tener un gran sismo en el sector Michoacán. Sin embargo, el daño que ocasionó hasta la ciudad de México a más de 400 km del origen del terremoto superó el máximo de lo que se podía esperar para un sismo de esta magnitud". 26/.

Una característica muy particular de este temblor fue su gran duración.

Como es frecuente en estos casos, el temblor principal tuvo numerosas réplicas, de las cuales la más intensa fue la ocurrida el 20 de septiembre a las 19:30 p.m., que causó estragos en edificios ya dañados por el temblor principal. La magnitud fue: 7.3 en la escala de Richter y sus coordenadas epicentrales: 17.4 latitud Norte y 102.0 longitud Oeste.

El sismo del 19 de septiembre ha sido el más destructor de los que han ocurrido en México en lo que va del siglo, no obstante que su magnitud es superada por los sismos de Enero 14 de 1903 (Ms= 8.3), Abril 15 de 1907 (Ms=8.2) y Junio 3 de 1932 (Ms=8.4). El primero localizado frente a las costas del estado de Oaxaca, el segundo en el estado de Guerrero y el último en la región de los estados de Jalisco-Colima.

Pero regresemos a los trágicos hechos ocurridos en el mes de septiembre de 1985. Mencionaremos que los efectos del terremoto causaron fuertes daños en los estados de Michoacán, Colima, Guerrero, México, Jalisco, Morelos, Distrito Federal, Oaxa-

ca, Puebla. Ver Fig. 9. Fue sentido con menor intensidad al -- sureste del epicentro hasta Tuxtla Gutiérrez y al Noreste hasta Houston, Texas. E.U.

El área de máxima intensidad - IX en la escala de Mercalli - fue observada en las poblaciones de Izaro Cárdenas, Ixtapa y la Unión, cercanas al área del epicentro.

Fue en la ciudad de México y en ciudad Guzmán Jalisco, -- donde se registraron los mayores daños, apreciándose intensidades de VIII a IX en zonas del centro de la ciudad de México.

En algunas zonas se observaron deformaciones del pavimento; éstas sugieren la presencia de ondas estacionarias con amplitudes de hasta 30 centímetros. Lo anterior pudo ser observado claramente en el área de Xola, la Colonia Alamos y lo -- que corresponde al área circunvecina a la zona que ocupa la -- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

El sismo originó la suspensión de la mayor parte de los servicios para el Distrito Federal con las siguientes aproximaciones, según reportó el Instituto de Geofísica:

"El servicio de agua potable suspendido en un 50%, el -- servicio de luz en un 40%, el de comunicación telegráfica en un 60%, el servicio de Teléfono: Nacional y extranjero en un 99%. En ciudad Guzmán, Jalisco se observó lo siguiente:

60% de edificaciones destruidas. Y servicios de daños en servicio en menor proporción.

En los estados de México y Morelos se observaron algunas cuarteaduras en edificios así como derrumbes de bardas" 27/.

27/ Instituto de Geofísica de la UNAM, Boletín Sismológico -- Preliminar, p. 35.

SEPTIEMBRE 19 DE 1985



Fig.9. EPICENTRO.

El servicio de los radioaficionados fue muy importante - después de ocurrido el fenómeno ya que mediante éste se pudo enlazar la comunicación nacional y extranjera la cual fue de gran ayuda para nuestro país. Así mismo hay que destacar la labor realizada por muchos seres humanos que ayudaron a nuestra población en los momentos más difíciles.

2.5 EL COMPORTAMIENTO DE LOS SEDIMENTOS LACUSTRES EN LA ZONA CENTRICA DE LA METROPOLI DURANTE EL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 1985.

La cuenca de México se halla rellena con acarreos. Los rellenos superficiales, sobre todo los últimos 50-60 metros, de la cuenca central, son de origen lacustre y consisten en material arcilloso altamente hidratado. Dichas arcillas son producto de la sedimentación de los residuos volcánicos en un lago y se caracterizan por estar en proceso de deshidratación y disminuir su volumen drásticamente al bajar la presión hidrostática de los acuíferos.

La sensibilidad del subsuelo de la ciudad de México en la zona centro ante la presencia de un sismo, es una consecuencia de un subsuelo plástico e inestable. Federico Mooser comenta al respecto:

"Cuando las ondas sísmicas sacuden a la cuenca de México y principalmente a la zona centro de composición arcillosa y plástica, ésta comienza a vibrar con una sensibilidad propia, durando su estado móvil más tiempo de lo que normalmente ocurriría en formaciones más resistentes" 28/.

Debido a esta razón los estratos en la actual área urbana centro lacustre sufren sacudimientos de mayor intensidad ya que los depósitos profundos del subsuelo blando hacen posible la filtración de las ondas sísmicas ocasionando que en la zona centro-lacustre de la metrópoli se duplicara la amplitud

28/ Más claramente expuesto por Federico Mooser. Problemas del Valle de México, p. 22.

natural de las ondas en el momento de ocurrir el fenómeno físico. El sismo de septiembre demostró lo frágil que resultó ser la capa arcillosa de la zona centro de la cuenca de México.

El análisis del movimiento del terreno en la ciudad de México se basó en el registro de una red de acelerógrafos del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Mediante estos aparatos es posible obtener la velocidad y el desplazamiento del terreno y, con ello, los esfuerzos a que está sujeta una construcción:

"Tuvo características increíbles en varios sentidos. Por ejemplo en el centro SCOP, ubicado en terreno blando se alcanzaron aceleraciones del 18% de la gravedad, contra el 6% en el sismo de 1957, el incremento como podemos ver fue el triple."

El período predominante en Ciudad Universitaria fue de 2 segundos, que es muy grande para un suelo asentado en roca, la aceleración fue de 4% de la gravedad, en tanto que en el temblor de 1957 fue de apenas el 2.5%.

En la Central de Abastos el período fue de 3 segundos y la aceleración del 10% de la gravedad. La comparación aquí no se puede realizar por la reciente instalación de estos aparatos." 29/.

Consideramos necesario la instalación de más aparatos -- de este tipo debido a que la ciudad de México es muy grande -- y de esta forma obtener un estudio más profundo de los temblores.

29/ Más claramente expuesto en el libro: La UNAM ante los sismos de Septiembre, p.p. 21-22.

CAPITULO 3 FOTOINTERPRETACION URBANA APLICADA AL
TERREMOTO DE SEPTIEMBRE DE 1985

3.1 URBANIZACION EN LA CIUDAD DE MEXICO

El proceso de urbanización en México es cada vez más acelerado. En 1930 la población urbana representaba únicamente la tercera parte de la población total del país; en 1970, 60% de los habitantes estaban establecidos en centros urbanos.

Hoy en la ciudad de México viven 18 millones de personas aproximadamente, cada kilómetro cuadrado habitado lo ocupan -- alrededor de 7 800 seres humanos, lo cual es un índice muy -- elevado si lo comparamos con la población de Baja California Sur donde cada kilómetro lo habitan 4 personas; esto nos indica que existe una mala distribución de la población.

El diario LA JORNADA comenta sobre la ciudad de México:

"Actualmente la extensión territorial de ésta es de mil-500 km² con una superficie que representa el 0.1% del territorio nacional, pero en términos de población es la segunda ciudad del mundo, concentra el 46% de la producción industrial, -- el comercio, los servicios y el transporte del país. Aquí se -- genera el 25.1% del PIB y se concentra el 33% de la inversión pública federal." 30/.

La ciudad de México desde su fundación ha sido el centro económico, político y militar del país. Su importancia se -- acrecentó luego de la Revolución de 1910, cuando se incrementó la instalación de industrias y la prestación de servicios

30/ LA JORNADA, 1º septiembre de 1986, p. 32.

en la zona, provocando rezagos en otras entidades.

Según un informe del diario LA JORNADA:

"El verdadero crecimiento acelerado en el Distrito Federal viene a partir de 1930 cuando el número de industrias pasó del 6.8 al 8.7% del territorio nacional con 4 mil 920 establecimientos. Entre 1940 y 1950 se triplicó el número de industrias en la capital, aumentando a un ritmo de 778 anuales para llegar en la segunda mitad de este siglo a 12 mil 704 -- que, esta vez, representaron el 20% de las nacionales; para 1960 en el D.F. se localizaba más del 29% de las empresas del país, cifra vigente hasta la fecha." 31/.

Esta concentración industrial provocó la demanda constante de servicios, entre ellos el principal el agua que se ha obtenido de los mantos acuíferos mediante la perforación de pozos, lo que trae como consecuencia el hundimiento y abatimiento de los mantos acuíferos de la ciudad de México.

El desarrollo de México ha propiciado el crecimiento de la población, la cual se ha incrementado paulatinamente en el medio urbano. Esta situación ha provocado insuficiencias en establecimientos y servicios públicos.

Resulta interesante conocer la opinión de José M. Gellar do Robles que plasma en su libro Hacia Una Planeación de los Asentamientos Humanos sobre concentraciones urbanas:

"... Las concentraciones urbanas han tenido una especie de imán al ofrecer oportunidades de trabajo mejor remunerado, al aprovechar en forma real las facilidades que ofrecen los medios industriales y comerciales en franca competencia de --

productos para satisfacer la necesidad de los consumidores y, finalmente, al proporcionar una vida aparentemente más fácil, más productiva en alimentos, etc..." 32/.

La atracción que ejercen las ciudades sobre el área rural ha creado problemas urbanos que merman y convierten en negativas las ventajas aparentemente disponibles en los núcleos urbanos.

La migración es otro fenómeno que, sumado al crecimiento de la población, incrementa gravemente la demanda de bienes y servicios públicos. De tal forma la concentración industrial, que actualmente sufre la metrópoli, ha provocado la demanda constante de servicios, la migración que todavía en la última década fue de 200 mil personas anuales y los problemas de desequilibrio entre las diversas regiones del país que se han agravado al paso del tiempo.

De seguir aumentando el acelerado crecimiento de la población en la zona metropolitana de la ciudad de México, ésta será la más poblada del mundo para el año 2000 con 31 millones de personas de acuerdo con las estadísticas de la ONU.

El crecimiento de la mancha urbana, a razón de 40 kilómetros cuadrados por año, tuvo como consecuencia que, a pesar de las grandes inversiones, el 33% de la inversión pública federal actualmente, la prestación de los servicios registra un déficit permanente.

Faltan miles de viviendas para satisfacer la demanda, el 3% de los capitalinos carece de servicio domiciliario de agua potable; el 26 por ciento de las viviendas no cuentan con ---
32/ José M. Gallardo Robles. Hacia una planeación de los Asentamientos Humanos, p. 17.

infraestructura de drenaje.

Asimismo, a pesar de la concentración de industrias, oficinas gubernamentales y comercios, el 40% de los capitalinos en edad productiva están desempleados o subempleados.

El rezago cada vez mayor en los servicios y la creciente demanda de satisfactores de una población más numerosa obligó a que la inversión pública federal destinada a la capital pasara del 17 por ciento en 1960 al 33 por ciento en 1984.

Los intentos por descentralizar las actividades, especialmente las oficinas gubernamentales y la industria altamente contaminante y gran consumidora de agua, se iniciaron ya - hace algunos años, pero no pudieron cambiar la inercia y la zona central del país siguió siendo un imán para los industriales.

El siguiente dato publicado por el diario LA JORNADA --- ejemplifica claramente lo anterior:

"Entre 1976 y 1980 el 40% de las nuevas inversiones industriales se realizaron en la zona metropolitana de la ciudad de México. De esta forma, todavía en 1986, el 46.9% de los trabajadores de la industria de la transformación se localiza en la capital del país y reciben el 48% de las remuneraciones que se realizan en esta actividad"33/.

De acuerdo con los últimos censos industriales, correspondientes a 1980, el 48% de la producción bruta de la industria de la transformación se generó en la ciudad de México. De los 130 mil 494 establecimientos de este tipo, 38 mil 494 se ubican en esta zona.

33/ Más claramente expuesto en el diario LA JORNADA, el 1º de septiembre de 1986, p. 32.

El costo de la ciudad aumentó paralelamente al crecimiento de industrias localizadas aquí, lo mismo que los índices de migración. Uno de los costos de esta concentración es el ambiental: el 40 por ciento de los contaminantes del país se generan en el Distrito Federal y su zona metropolitana.

El 99 por ciento del área lacustre se ha perdido; el 73% de los bosques están deteriorados, ya que se registra una deforestación anual de mil hectáreas, el 71% de los suelos se encuentran en avanzado proceso de degradación; hay solo 2.7 metros cuadrados de áreas verdes por persona, mientras la Organización Mundial de la Salud fija un mínimo de 9.

Según datos del Consejo Nacional de Población actualmente en el Distrito Federal se producen diariamente más de 11 mil toneladas de basura, ya que cada habitante genera en promedio, 700 gramos y se calcula que en los próximos años aumentará a 800.

La contaminación atmosférica es otro grave problema que sufre a diario la ciudad de México. Esta comenta el diario --

LA JORNADA:

"... Ha crecido en 150% en los últimos 10 años alcanzando 4 millones de toneladas anuales, que representan una emisión diaria de cerca de 4 millones de sustancias tóxicas, producidas, en la mayor parte, por 2.5 millones de vehículos automotores que circulan en la ciudad..." 34/.

Queremos dejar asentado que el terremoto del 19 de septiembre de 1985 ha sido el suceso más dramático de la vida urbana. Definirlo quedará siempre entre los sentidos de subje

tividad y de la formación personal. La presencia de éste fenómeno en la ciudad de México se unió a los muchos problemas -- que aquejan a diario al Distrito Federal.

Con el sismo se especuló aún más la posesión de la tenencia de la tierra, ya que los materiales para la construcción subieron de costo y por lo tanto el valor de la tierra en la zona centro se encareció considerablemente.

Por último, mencionemos que el área donde se presentaron los mayores daños durante el terremoto de 1985 resultó ser el centro de la ciudad de México. Esta aseveración se dedujo al elaborar la cartografía de daños mediante el empleo de la fotografía aérea.

3.2 IMPORTANCIA DEL USO DE LA FOTOGRAFIA AEREA EN LA
ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO POSTERIOR AL
TERREMOTO OCURRIDO EN EL MES DE SEPTIEMBRE DE --
1985

Detrás de un sistema cartográfico se encuentra la foto--
grafía aérea como elemento básico de información; esta es una
representación fidedigna y fiel del terreno y sus caracterís-
ticas en elemento de la toma. En una fracción de segundo la -
imagen fotográfica congela una realidad dinámica territorial
de un área relativa extensa, con lo que el observador tiene -
ante sí un documento que plasma todo un mundo de información,
difícilmente apreciable de otro modo y con todas las posibil-
dades de explotación del caso.

Conviene destacar la importancia de la fotografía aérea
como el instrumento generador de información cartográfica. Al
respecto la Dirección General de Geografía opina:

"La cartografía es el medio de expresión específico de -
la Geografía. Permite representar a escala reducida los deta-
lles esenciales del paisaje y de los estudios o ambientes ---
existentes en la superficie del globo. La representación car-
tográfica tiene dentro de la Geografía un papel de primer or-
den, a tal grado que se podría afirmar que el estudio que no
conduce a una buena representación cartográfica no es verdade-
ramente geográfico. El mapa es a la vez un documento y un me-
dio de expresión y de demostración." 35/.

35/ S.P.P., Guías para la Interpretación de Cartografía: Foto
grafía Aérea, p. 31.

Las fotografías aéreas empleadas en este trabajo para la elaboración de la cartografía de daños ocasionados por el terremoto del 19 de septiembre de 1985, fueron tomadas por la empresa particular AEROFOTO, ésta al igual que la Dirección General de Geografía fueron los únicos organismos que obtuvieron fotografías aéreas 6 días después de haber ocurrido este trágico suceso en la ciudad de México.

Queremos aclarar que el motivo por el cual utilizamos el material que produce AEROFOTO fue porque este se encuentra a la disposición del usuario que lo solicite mientras que el material que produce la Dirección General de Geografía no se encuentra a la disposición del público, es solo para uso interno.

La Dirección General de Geografía ha tomado alrededor de 250 000 aerofotografías del territorio nacional, conforme a tres criterios básicos de vuelo: alto, bajo y especiales.

El primer caso comprende fotografías aéreas tomadas en escalas variables 1: 50 000 a 1: 90 000 en blanco y negro para desarrollar la cartografía topográfica.

El vuelo bajo tuvo por objeto apoyar la producción de cartografía temática por métodos de fotointerpretación. Se cubrió 52% del país, en su parte central, con película en blanco y negro a color a escalas 1: 25 000 y 1: 35 000 tomadas de este a oeste.

Por lo que respecta a los vuelos especiales, éstos incluyen el cubrimiento de islas y la realización de tomas generadas por necesidades concretas, situaciones de desastre, pro-

yectos específicos y causas diversas. Nuestras fotografías -- aéreas empleadas corresponden a la clasificación de vuelo especial bajo, de acuerdo con el criterio de la Dirección General de Geografía.

Una vez que se obtiene la fotografía aérea es necesario interpretar la representación de lo observado, así es como -- interviene la aerofotointerpretación la cual proporciona exactitud y rapidez necesaria para realizar la cuantificación del hecho o fenómeno donde la fotografía aérea resulta ser de importancia esencial.

La aerofotointerpretación es un procedimiento de investigación que consiste en identificar los rasgos que aparecen en las fotografías aéreas y en interpretar su significado en relación con una determinada área de interés, procediendo posteriormente a comprobar y complementar los resultados, mediante inspección directa sobre el terreno, como posteriormente lo veremos.

Dentro de las más importantes ventajas al emplear la técnica de aerofotointerpretación destacan dos:

a) La alta calidad técnica de los resultados, con lo que frecuentemente se pueden obtener datos de interés fundamental que no podrían haber sido conocidos fácilmente mediante otros procedimientos.

b) La notable reducción del tiempo necesario para llevar a cabo una investigación completa con el nivel de detalle requerido ; en muchas ocasiones un estudio puede hacerse hasta en una décima parte del tiempo que demandaría su realización

utilizando métodos convencionales.

El principal objetivo de un vuelo fotográfico es obtener en forma rápida y económica, una cobertura fotográfica de la zona de estudio, que permita extraer la información deseada.

En la actualidad, la fotografía aérea se emplea frecuentemente como medio de apoyo en investigaciones tanto geológicas, arqueológicas, forestales, económicas, etc.

La fotografía aérea ofrece toda una gama de informaciones que pueden ser obtenidas gracias a la aerofotointerpretación. Así la información obtenida puede ser utilizada por el geógrafo para aplicarla al campo de su dedicación, como por ejemplo: la hidrología, la geomorfología, el uso del suelo, el urbanismo, etc.

El presente estudio se aplica a esta última área -urbanismo- empleando fotografías aéreas en blanco y negro.

El uso masivo de la fotografía aérea pertenece al siglo XX, sin embargo hay que señalar algunos de los principales --precursores que han permitido que esta técnica de apoyo llegara a nosotros.

En 1830, Wheatstone inventa el primer estereoscopio. Al siguiente año en 1839, Daguerre presenta a la Academia de París la primera fotografía. Ambos acontecimientos señalan el nacimiento de una técnica que no cesará en su perfección. Pocos años después, en 1859, Laussedat toma la primera fotografía aérea de la campiña francesa, desde un aerostato. Hubo --que esperar hasta 1909, para que gracias a la habilidad de --
Wilbur Wright, se obtuviera la primera fotografía aérea toma

da desde un avión. Es a partir de aquel momento que la fotografía aérea entra de lleno, alcanzando un enorme progreso en la segunda guerra mundial. El progreso ha continuado gracias a los satélites orbitales que han dado origen a la técnica de los sensores remotos o teledetección.

La toma de las fotografías aéreas permite captar las características superficiales del terreno, las cuales posteriormente son representadas en diversos documentos geográficos.

Las fotografías aéreas se diferencian entre sí por una serie de particularidades entre las cuales sobresalen:

1.- El ángulo focal. Según el ángulo focal de la cámara fotográfica se pueden obtener 3 tipos fundamentales de fotos aéreas:

- Fotos Verticales. Se les denomina así cuando el eje óptico de la cámara coincide con la vertical del lugar del campo fotografiado.

-Fotos Oblicuas bajas. Pueden ser así cuando su ángulo de toma es superior a los 10° e inferior al necesario para fotografiar al horizonte.

-Fotos Oblicuas altas. Cuando el ángulo de toma es superior a los 10° , siendo visible en la fotografía aérea la línea del horizonte.

Por otro lado también existen las fotografías horizontales; se les denomina así cuando el eje de la fotografía es prácticamente horizontal. Este tipo de fotografía se utiliza fundamentalmente en los estudios terrestres.

El tipo de fotografía utilizada para el reconocimiento -

de las zonas dañadas, después del terremoto de septiembre, -- fue del tipo vertical; las cuales son las más comunes y las más utilizadas.

2.- El tipo de papel utilizado. La calidad de papel es importante, ya que una buena emulsión fílmica aporta mayor -- precisión y detalle. Las fotografías aéreas más comunes son en blanco y negro, no obstante también existen fotografías -- aéreas en color, las cuales son evidentemente más costosas.

Para realizar trabajos de precisión se suelen hacer emisiones especiales en Infra Rojo (Color y Blanco-Negro). Su empleo se justifica en trabajos donde esta técnica sea indispensable, como por ejemplo para detectar cultivos enfermos.

Las fotografías aéreas empleadas en este estudio corresponden a Blanco y Negro.

3.- La Escala. Esta depende de la altitud a la cual vuela el avión, está determinada por la focal del lente y por la distancia al suelo, desde donde la fotografía aérea ha sido -- tomada. Las escalas más usuales van de 1:4000 a 1:60 000; de esta manera podemos establecer que la escala es la proporción que existe entre la magnitud del terreno representado en la -- foto y la magnitud del terreno verdadero. Si una fotografía -- posee una escala 1: 4000; indica simplemente que la distancia al suelo es 4000 veces mayor que en la foto o en un mapa a si -- milar escala.

Sobre los tipos de escalas más comunes y sus usos respectivos, el INEGI a través de la Dirección General de Geografía dice:

"Las escalas, que varían entre 1: 40 000 y 1:50 000 comúnmente se les denomina escalas pequeñas y son muy utilizadas en estudios geológicos, de viabilidad y para áreas subdesarrolladas.

Las escalas comprendidas entre 1: 30 000 y 1: 25 000 escalas medias, se emplean para reconocimientos forestales, geográficos y geológicos. Es la mínima escala para realizar estudios detallados.

Las escalas grandes como 1: 20 000 y 1: 15 000 son las más utilizadas para estudios detallados, especialmente en Edafología y en urbanismo, pero adolecen de gran precisión.

Finalmente, las escalas mayores al 1:10 000 se utilizan para estudios que precisan de gran detalle". 36/.

La escala de las fotografías aéreas empleadas para realizar este trabajo corresponde a 1: 4500 las cuales visualizan grandes detalles.

Por último queremos dejar especificado que toda fotografía debe poseer una información adicional en su extremo. A continuación mencionaremos un ejemplo tomando como base la información de las fotografías aéreas empleadas en este trabajo:

- Fecha de la emisión fotográfica: 25 de septiembre de 1985.

- Hora en que fue tomada la foto: El primer mosaico de 130 fotografías aéreas fue tomado comenzando a las dos de la tarde con 45 minutos; siendo 40 minutos los empleados. Aclaremos que la tripleta de fotos correspondiente a la zona Kola se voló por separado y en sus bordes se visualiza borrosa la información.

36/ Ibidem, p.p. 17-18.

- Altitud a la cual el avión tomó la fotografía: 680 m. sobre el terreno y 3080 m. al nivel del mar.
- Escala: 1: 4 900.
- Marcas laterales o fiduciales: Implícitos en sus respectivos bordes.
- Nombre de la zona: Centro de la ciudad de México.
- Número de la línea de vuelo: Fueron utilizadas 9 líneas en el primer mosaico y en la tripleta zona Xola se desconoce el dato.
- Área de cubrimiento: Ver las cartas correspondientes.
- Rollo de la cámara: R-3008.
- Distancia focal: 152.13 mm. .
- Número de la foto:

12 a 24 - Línea 1
42 a 50 - Línea 2
51 a 62 - Línea 3
63 a 82 - Línea 4
83 a 95 - Línea 5
96 a 111- Línea 6
112 a 125- Línea 7
126 a 140- Línea 8
141 a 158- Línea 9

Esta numeración corresponde al primer mosaico, en las fotos donde se visualiza la zona Xola aparecen los números 110, 111, 112.

- Nombre de la dependencia que tomó las fotos: AEROFOTO en el primer mosaico de fotografías aéreas y el INEGI a través de la Dirección General de Geografía en la tripleta que utiliza-

...73

nos.

Aclaremos que ambos materiales fueron localizados en la empresa particular AEROFOTO.

...73

3.3 IDENTIFICACION DE LAS AREAS AFECTADAS EN LAS FOTOGRAFIAS AEREAS

La identificación es la primera etapa para desarrollar un trabajo en fotointerpretación. Se refiere particularmente al reconocimiento general en posición de las actividades humanas y aspectos de la naturaleza. Esta simple evaluación no requiere de gran experiencia y puede realizarse directamente en mosaicos fotográficos o con pares estereoscópicos. Incluye la separación de las zonas urbanas en el material fotográfico para nuestra zona de estudio. Se le considera la fase más simple de la interpretación fotográfica.

Cuando obtuvimos el primer conjunto de fotografías aéreas -130- de la zona centro de la ciudad de México se procedió posteriormente a formar el mosaico mediante la sobreposición y el traslape de las fotos aéreas por líneas de vuelo consecutivas tanto lateral como longitudinalmente. A continuación se visualizó el área total de cobertura que abarca la zona de estudio, cuyos límites son: al norte del centro, el conjunto habitacional Tlatelolco, al sur el Viaducto Miguel Alemán, al este la Avenida Anillo de Circunvalación y al oeste las avenidas Reforma e Insurgentes Norte. (Ver carta de datos No. 1).

La observación de los rasgos implícitos en las fotos aéreas fue realizada con el apoyo de un estereoscopio de bolsillo marca Rossbach, con aumento 2x y también con el apoyo de un estereoscopio combinado de espejos y oculares 8x. Estos di

timos sirvieron de gran utilidad para la mejor identificación de áreas afectadas a consecuencia del sismo ya que mediante - su uso se amplifica la imagen 6 veces más que el estereosco-- pio de bolsillo. Además de observar las imágenes fue necesaa-- rio realizar la operación denominada estereoscopia; ésta es - una facultad óptica y natural que tienen los seres de vista - frontal y bino-ocular para percibir a través de ambos ojos -- los objetos en relieve. Al respecto J.A.Allum en su libro Fo-- togeología y Cartografía por zonas dice:

El principio de la visión estereoscópica se basa en el - hecho de que, debido a la separación de los ojos - distancia interpupilar que varía de 60 a 75 mm -, las imágenes que per-- ciben las retinas son diferentes, encargándose el cerebro de-- transformar a las diferentes impresiones en una percepción -- espacial de lo observado". 37/.

Al poseer los estereoscopios y la visión estereoscópica procedimos de inmediato a la identificación y localización de las áreas afectadas en las fotos aéreas, este paso fue reali-- zado por líneas de vuelo. Conforme terminamos una línea poste-- riormente realizamos el trabajo de verificación de campo co-- menzando por la zona del Viaducto Miguel Alemán en dirección E-W hasta terminar en Tlatelolco.

El área de Xola se analizó mediante una triplete de fo-- tografías aéreas ya que esta zona se voló por separado. (Ver la carta de daños N.º 2).

El producto final de la Fotoidentificación es la elaboraa-- ción de la cartografía de daños ocasionados por el terremoto-

ocurrido el 19 de septiembre de 1985. Debido al enfoque de estudio aplicado a la ciudad de México el tipo final de carta será urbana. La elaboración de cartas está en función de los conocimientos del que las hace, así de esta manera se construyeron dos cartas urbanas en este trabajo.

La forma como se elaboró la primera carta fue con el apoyo directo de la carta urbana "Zócalo", escala 1: 10 000 perteneciente al Catastro de la Tesorería del Departamento del Distrito Federal. Así sobre esta carta quedó plasmada toda la información que obtuvimos de 130 fotografías aéreas. Se aclara que si se hubiese elaborado la cartografía con la escala 1: 4 500 hubiera resultado ser de una gran extensión para así no poder ser anexado en este trabajo. La anterior fue la razón por la cual se decidió utilizar la carta urbana "Zócalo" escala 1: 10 000, la cual resulta ser de una extensión más reducida en comparación con la escala 1: 4 500.

La segunda carta (zona Xola del centro de la ciudad de México) fue elaborada directamente de las fotografías aéreas-- escala 1: 4 500 por poseer un mínimo de fotografías reducido a tres.

3.4 INTERPRETACION DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS

La interpretación es la etapa más compleja y completa -- del uso de las fotografías aéreas con fines de recopilar la información; es una función muy especializada y difícil, depende de una serie de convicciones que se dan mediante la preparación y esfuerzo del aerofotointérprete.

La función interpretativa es subjetiva porque depende de los conocimientos del intérprete; es mediata debido a que el rasgo dudoso que ofrece la fotografía se impone entre el verdadero rasgo y el intérprete; es indirecta, ya que no siempre se puede comprobar en el terreno el verdadero rasgo dudoso.

Interpretar las fotografías aéreas es obtener la mayor información con respecto a un objeto determinado. También consiste en obtener conclusiones verificables y verificarlas.

Los estudios de interpretación de fotografías aéreas --- ofrecen un interés muy particular. Al respecto la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en su libro Introducción a la Fotointerpretación especifica:

"La fotografía aérea nos presenta simultáneamente todo lo que se encuentra en la superficie terrestre. Es por esto que la interpretación obliga a tocar conocimientos geográficos, particularmente orientados hacia el entendimiento de las relaciones que ligan las apariencias terrestres con las realidades correspondientes". 38/.

La elección adecuada de la escala es determinante para --

38/Facultad de Ingeniería, Introducción a la Fotointerpretación, aplicada a determinadas ramas de la Ingeniería, p.4.

analizar el fenómeno deseado. Como este estudio requirió de mucho detalle para su análisis; fue el motivo por el cual se utilizó la escala grande de 1: 4 500.

Es prácticamente imposible interpretar fotografías aéreas si no se puede establecer una relación entre lo que se observa desde el avión y el aspecto del terreno. Esta realización entre los dos esquemas visuales es también de naturaleza visual.

La interpretación de las fotografías aéreas ha sido utilizada en la mayoría de las disciplinas que se agrupan con la denominación de Ciencias de la Tierra.

La Geografía que es una ciencia terrestre tiene como fin principal la descripción y análisis de fenómenos naturales -- que acontecen sobre la superficie terrestre.

El terremoto del 19 de septiembre de 1985 se originó 20 kilómetros por debajo de la superficie terrestre (sismo somero), pero tuvo repercusiones muy serias en la superficie terrestre; por lo tanto es ahí donde la Geografía y la fotografía aérea juntas tratarán de analizar e interpretar los daños ocasionados por dicho sismo.

La aerofotointerpretación es una constante búsqueda de detalles. Es un arte porque depende del hombre. Y un experto que utiliza fotografías aéreas debe reconocer y encontrar los objetos vistos desde arriba.

La utilidad de la fotografía aérea radica en el análisis de su contenido días después del fenómeno acontecido, ya que mediante el reconocimiento del área que cubre una parte de la

superficie terrestre se podrá cuantificar para posteriormente cualificar el fenómeno observado.

El factor tiempo es muy importante en la aerofotointerpretación ya que permite encontrar resultados con mayor rapidez en vez de utilizar los métodos tradicionales de trabajo.

Al respecto cabría remarcar lo que F. Carre explica en su libro Lectura de las Fotografías Aéreas:

"La fotointerpretación constituye un útil extremadamente poderoso para economizar numerosas operaciones de rutina; liberando así al investigador de ciertos trabajos menores y repetidos; constituye un recurso para ganar tiempo en el estudio de una región". 39/.

Las fases de la Interpretación son: gabinete y campo; -- sin embargo debido principalmente al costo creciente de los trabajos de campo, la gran mayoría de los aerofotointérpretes operan en tres fases principales:

1.- Examen de gabinete en las fotografías aéreas. Permite reconocer y marcar sobre las fotos algunos fenómenos u objetos observables. Sólo aquellos que ofrezcan dudas incomprensibles se marcarán como puntos de verificación para que, en la siguiente etapa como son las observaciones de campo, se verifique la duda.

2.- El recorrido de campo debe realizarse en el área --- donde sucedió el fenómeno ya que el fotointérprete necesita estar en contacto con el terreno.

Las observaciones deben realizarse con fotografía en mano, visualizadas con el estereoscopio de bolsillo y localizar con precisión sobre las fotografías el área dudosa. Esta eta-

39/ F. Carre, Lectura de las Fotografías Aéreas, p. 24.

pa permite por otro lado, recoger algunas veces informes interesantes para el estudio, que no son visibles en las fotografías aéreas.

Cuando se realizó el trabajo de recorrido de campo se pudo comprobar que los únicos daños que son visibles claramente en las fotografías aéreas corresponden a aquéllos como los colapsos totales o de una parte que sufrió la construcción.

Las construcciones dañadas por el sismo las cuales no se colapsaron totalmente pero al final tuvieron que ser demolidas por los daños severamente graves que presentaba el asentamiento, sólo pudieron ser detectados durante el recorrido de campo. El análisis de la carta indica la presencia constante de este tipo de daño (severamente grave) localizado principalmente en el centro antiguo de la ciudad de México: Colonia Morelos, Doctores, Roma, así como la Candelaria (Ver carta de daños N° 1).

Otro tipo de daños que sólo pudo ser detectado durante el recorrido a pie fue el de las construcciones que sufrieron daños severos pero que pueden ser reparados. Sobre este tipo de daños se advierte que sólo pudieron identificarse durante el recorrido aquéllas construcciones donde el daño era visible hacia la calle y así de esta manera poder ser detectado claramente pero cabría preguntarse ¿aquéllas construcciones que sufrieron daños reparables internos, es decir, que no pueden ser visados durante el recorrido de campo, cómo pueden ser detectados por la fotografía aérea?. Para este caso creemos que la fotografía aérea en blanco y negro no puede resol

ver esta situación; pero en cambio consideramos necesario --- otro tipo de estudio que apoye los trabajos de investigación fotográfica.

Los daños menores como ruptura de vidrios no causaron efectos trascendentales.

Otro detalle que pudo ser observado durante el recorrido de observación fueron algunas fallas o agrietamientos sobre banquetas en algunas calles de Xola, de la Col. Obrera y Buenos Aires al igual que en la Avenida Cuauhtémoc junto al Centro Médico.

Por lo que corresponde a sitios como algunos callejones, así como parques públicos que hasta antes del sismo fungían como sitios de comunicación para el transporte terrestre y en otros casos como centros recreativos; actualmente estas áreas han vuelto a su función normal pero hay que dejar asentado que sirvieron durante mucho tiempo como albergues o campamentos de miles de familias damnificadas.

Resumiendo, en nuestra área de estudio se pueden observar los siguientes casos para las zonas afectadas en base al estudio de la UNAM ante los sismos de septiembre:

a) El colapso total o parcial de la construcción incluye los derrumbes debidos a fallas estructurales, cimentación o falla inducida por una construcción vecina.

b) Daños estructurales extremadamente graves. Este caso comprende aquellos daños que han afectado a la estructura en un grado tal que aunque, quizá fuese técnicamente reparable - razones de economía y de concepción arquitectónica defectuosa lleven a la decisión de su demolición.

c) Daños estructurales severos. El tercer caso se refie-

re a construcciones en que el daño en la estructura puede repararse mediante una restructuración mayor o reparación.

d) Daños menores. Se refiere a daños estructurales locales y de poca cuantía y sobre todo a daños en elementos no estructurales." 40/.

3.- En la última etapa de trabajo de gabinete posterior al de campo se vuelve al examen sistemático y detallado de todas las fotografías, partiendo de lo que es más conocido para continuar por lo que es menos. Se llevan todas las informaciones sobre un fondo cartográfico que se transfiere poco a poco.

Por último queremos enfatizar que la zona centro de la ciudad de México fue la que más daños sufrió durante el terremoto ocurrido el 19 de septiembre de 1985. Si comparamos la extensión de daños en toda el área que ocupa la cuenca de México, podremos notar que la extensión de los daños más cuantiosos fue en una pequeña área sin olvidar que existe una relación clara entre la distribución geográfica del daño y el tipo del subsuelo.



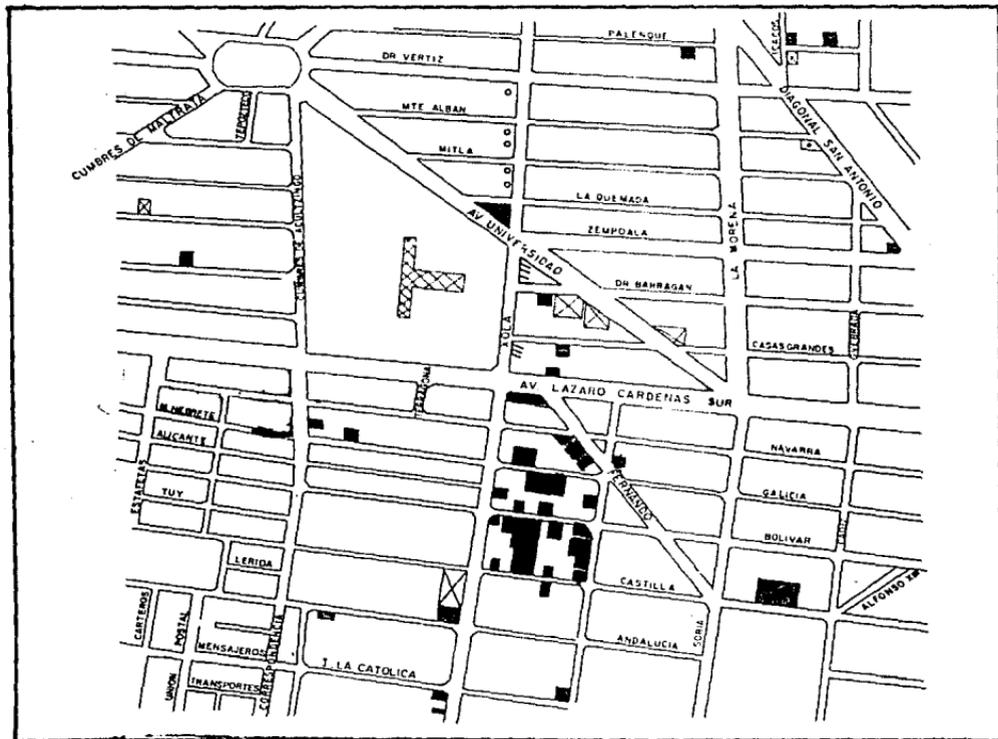
SIMBOLOGIA

- Edificios que sufrieron daños ocasionales por el terremoto del 19 de sept. de 1945.
- Edificios que sufrieron daños graves por el terremoto del 19 de sept. de 1945.
- Límites de las zonas de riesgo.
- Límites de las zonas de riesgo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
 DE MÉXICO
 COLEGIO DE GEOGRAFÍA

CARTOGRAFÍA DE DAÑOS OCASIONALES POR
 EL TERREMOTO DEL 19 DE SEPT. DE 1945.
 HOJA N.º 1

ELABORADO POR EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS DE LA UNAM
 EN COLABORACIÓN CON EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS DE LA UNAM
 (1945) 1945



SIMBOLOGIA



COLAPSO TOTAL O PARCIAL DE LA CONSTRUCCION
 Incluye los derrumbes debido a falla estructural, falla de cimentaciones o falla inducida por una construcción vecina.



DAÑOS ESTRUCTURALES EXTREMADAMENTE GRAVES
 Comprende aquellos daños que han afectado a la estructura a tal grado aunque técnicamente reparable, por razones de economía y de concepción arquitectónica defectuosa tienen a la decisión de demolición.



DAÑOS ESTRUCTURALES SEVEROS.
 Construcciones en el que daño puede ser reparado mediante una construcción mayor.



DAÑOS MENORES
 Se refiere a daños locales y de poca cuantía y sobre todo a daños en elementos no estructurales.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CARTOGRAFIA DE DAÑOS OCACIONADOS POR EL TERREMOTO DEL 19 DE SEPT DE 1985
 CARTA N°2 - XOLA

INTERPRETE: ROBERTO MONTES DE OCA HEREDIA.

DATOS: TESORERIA DEL CATASTRO DEL D.F.

ESCALA: 1:4500

FECHA: AGOSTO DE 1985

TESIS PROFESIONAL

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

1.- El empleo de la fotografía aérea posterior a la presencia del sismo es imprescindible, debido a que agiliza y ayuda a evaluar los daños sufridos en los asentamientos humanos.

2.- Los colapsos totales, así como los parciales fueron los únicos daños visibles en las fotografías aéreas.

3.- El recorrido de campo posterior al análisis del material fotográfico ayudó a descubrir otro tipo de daños, tales como: a) Daños severos reparables y b) Daños estructurales extremadamente graves; este último registrado principalmente en la Colonia Morelos, Candelaria (Centro viejo de la ciudad de México).

4.- La fotografía aérea fue una valiosa herramienta de trabajo. Mediante su empleo se elaboró la Cartografía de los daños registrados en la zona centro de la ciudad de México.

5.- El Distrito Federal debe quedar dividido en el futuro en zonas sísmicas, para así edificar nuevos asentamientos humanos. Una restricción es que los edificios no pasen de los 9 metros con 3 pisos como máximo en el centro de la metrópoli.

6.- La sensibilidad del subsuelo de la ciudad de México en la zona centro ante la presencia de un sismo, es una consecuencia de un subsuelo plástico e inestable. Las arcillas duplican la amplitud natural de las ondas en el momento de ocurrir el fenómeno físico.

7.- En el Pacífico mexicano se localiza el límite de placas - entre la Norteamericana y la de Cocos. El movimiento de esta última en su afán por penetrar hacia la primera ocasionó la liberación de energía en forma de ondas elásticas; así de esta manera se originó el sismo del 19 de septiembre de 1985.

8.- En las instituciones de educación superior se deben elaborar materiales para difundir los problemas ocasionados por el sismo; también ahí deben enseñarse a los alumnos temas sobre fenómenos tectónicos y sus efectos.

9.- El sismo de septiembre de 1985 cobró muchas vidas en la ciudad de México. En el futuro sería importante establecer -- periódicamente simulacros en escuelas y otros organismos donde se reúnen grupos de personas.

10.- La intensidad del sismo del 19 de septiembre de 1985 demostró que la ciudad de México no estaba construida para resistir un fenómeno de esa magnitud. Este fenómeno nos dió una gran lección; en el futuro deberíamos aprovechar las experiencias dejadas por este sismo.

BIBLIOGRAFIA

- Allum J.A.E., Fotogeología y cartografía por zonas, Trad. Carmen y Mercedes Marín Benavente, Madrid, Paraninfo, 1978, --- 139 p.p.
- Baena Paz, Guillermina, Instrumentos de Investigación, 5a. Ed., México, D.F., Editores Unidos S.A., Col. Textos y Diccionarios, 134 p.p.
- Garra, F. Lectura de las Fotografías aéreas, Trad. José A. --- Puerta Navarro, Madrid, Paraninfo, 1974, 247 p.p.
- CETENAL, La información cetenal en el auxilio de damnificados, evaluación de daños y planes de reconstrucción en zonas de --- desastre, México, D.F., Comisión de Estudios del Territorio - Nacional, 1976, 28 p.p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, Mensual, Vol. 7, N° 110, México, D.F., --- 1985, 64 p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, Mensual, Vol. 8, N° 112, México, D.F., --- 1986, 64 p.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, COMUNIDAD CONACYT, Año VI, N° III, México, D.F., 1980.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CIENCIA Y DESARROLLO, Bimestral, N° 66, año XI, México, D.F., 1986, 176 p.p.
- Departamento del Distrito Federal, Memoria de las obras del - Sistema de Drenaje Profundo, México, D.F., Tomo I, 1975, 180 p.p.
- Departamento del Distrito Federal, Estudio Estadístico Inten-

sidad de Daños en Inmuebles en el Distrito Federal Ocasiona-
dos por los Sismos de Septiembre de 1985, México, D.F., Secre-
taría General de Obras, 1986, 16 p.

EL NACIONAL, Dir. Mario Ecuardis, Diaria, México, D.F., 3 de
Octubre de 1985.

Facultad de Arquitectura, Revista de la Facultad de Arquitec-
tura FA², México, D.F., UNAM, Trimestral, Vol. uno, 1986.

Facultad de Ingeniería, Introducción a la Foteointerpretación,
México, D.F., UNAM, 1972, 94 p.

Figueras Abarca, Jesús, Catálogo de sismos ocurridos en la --
República Mexicana, México, D.F., UNAM, Instituto de Ingenie-
ría, Reporte N.º 272, 1970.

García de Palacios, Roji Clara, Gufa Roji, Ciudad de México --
Área Metropolitana y alrededores, México, D.F., 1985, 128 p.p.

Gallardo Robles, José M., Hacia una planeación de los Asenta-
mientos Humanos, Dirección General de Desarrollo Regional, Se-
cretaría de la Presidencia, México, D.F., 1976, 110 p.p.

Gurría Lacroix, Jorge, El desagüe del Valle de México durante
la época novohispana, la. Ed. México, D.F., UNAM, Instituto de
Investigaciones Históricas, Cuaderno Serie histórica, número
19, 1978, 175 p.p.

Instituto de Geofísica e Ingeniería, El sismo del 19 de sep-
tiembre de 1985. Informe Geofísico y Evaluación Preliminar,
México, D.F., UNAM, 1986, 20 p.

Instituto de Geología, Carta Geológica de México 14Q-h(5), --
México, D.F., UNAM, 1968.

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., IMCYC, - Mensual, N.º 176, Vol. 23, México, D.F., 1986, 178 p.p.

Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, Mesas -- Redondas sobre problemas del Valle de México, México, D.F., -- Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C., 1963, 370 p.p.

LA JORNADA, Dir. Carlos Payan Verver, Diaria, México, D.F., - 1.º de Septiembre de 1986.

LA JORNADA, Dir. Carlos Payan Verver, Diaria, México, D.F., - 23 de Octubre de 1986.

Lemoine Villicaña, Ernesto, El desagüe del Valle de México -- durante la época independiente, la. Ed., México, D.F., UNAM, - Instituto de Investigaciones Históricas, Cuaderno Serie histórica, Número 20, 1978, 126 p.p.

Marsal Radl J. y Mazari Marcos, El subsuelo de la Ciudad de -- México, México, D.F., UNAM, Facultad de Ingeniería, Tomo I, -- 1959, 377 p.p.

Marsal Radl J. y Mazari Marcos, El subsuelo de la Ciudad de -- México, México, D.F., UNAM, Facultad de Ingeniería, Tomo II, - 1959.

Secretaría de Programación y Presupuesto, Divulgación cartográfica, México, D.F., Sistema Geográfico Nacional, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1981, 65 p.

Secretaría de Programación y Presupuesto, Guías para la Interpretación de cartografía: Fotografía Aérea, México, D.F., Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1981, 34 p.

Secretaría de Programación y Presupuesto, Sistema de Información Aerofotográfica del Instituto Nacional de Estadística, - Geografía e Informática, México, D.F., INEGI, Dirección General de Integración y Análisis de Información, 1985, 18 p.

Secretaría de Recursos Hidráulicos, Hidrología de la Cuenca - del Valle de México, México, D.F., Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, Tomo I, 1962.

Servicio Sismológico Nacional, Boletín Sismológico Preliminar julio-septiembre de 1985, México, D.F., UNAM, Instituto de -- Geofísica, 1985, 35 p.

Tamayo Jorge, L., Geografía Moderna de México, 9a. Ed., México, D.F., Trillas, 1981, 400 p.p.

Tesorería del Distrito Federal, Carta Urbana 1:10 000, ZOCALO El4A39-24, México, D.F., Sistema de Información Cartográfico Catastral, 1985.

UNESCO, Terremotos: Evaluación y mitigación de su peligrosidad, Barcelona, Blume, 1980, 360 p.p.

UNAM, La UNAM ante los sismos de septiembre, 1a. Ed., México, D.F., UNAM, 1985, 193 p.p.

Zubizarreta G., Armando, La aventura del trabajo Intelectual, México, D.F., Fondo Educativo Interamericano, 1980, 184 p.p.



INSTITUTO DE GEOFÍSICA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO