

LAS ZONAS SISMICAS DE MEXICO

Por
Jesús Figueroa Abarca

RESUMEN

In studying the Seismicity of the Earth with regards to frequency, intensity and number of epicenters in the Circumpacific Belt, the importance of Mexico as a seismic country is evidenced.

As an average, some 1200 earthquakes are recorded yearly. These quakes occur in 200 epicenters or zones, of which 50 per cent are located between the parallels 15 and 16 North Latitude and the meridians 97, 98 and 99 West longitude.

The importance of the Middle America Trench is considered and the location of epicenters leads to suppose that the San Andreas Fault extends down South to Tres Marias Islands. Other faults are located as shown in Figure 1.

The submarine epicenters North of parallel 21 N do not exceed a depth of focus of 20 kilometers, but South of the above mentioned parallel the depth of focus increases, specially in the Gulf of Tehuantepec. The epicenters located along the coasts and those located in the central part of the country, show an increase in depth of focus reaching up to 100 kilometers or more, as happens in Chiapas and the Isthmus of Tehuantepec.

The seismicity of the bassin of Mexico City and the existing faults in all the Federal District, as well as other tectonic phenomena should be carefully studied in trying to solve the problem of Mexico City, which is steadily sinking.

INTRODUCCION

Abordamos el tema de la sismicidad, en una región dada, aclarando que esta palabra según el Profesor Byerly de la Universidad de California, tiene un valor cuantitativo. La sismicidad no solamente depende de la frecuencia con que ocurren los temblores, de la intensidad y efectos de los mismos, sino además del mayor o menor número de epicentros distribuidos en una zona.

En efecto, un movimiento sísmico cuya intensidad fuera tal, que ocasionara considerables daños, aún ocurriendo en un lugar donde los temblores sean poco frecuentes, acreditaría a tal sitio el nombre de sísmico. A este respecto tenemos un ejemplo de lo acontecido en Chiapas el 5 de Febrero de 1954. La región de Yajalón donde nunca había ocurrido un temblor, fué intempestiva e intensamente conmovida a las 09h 18m 01s de esa fecha. El sismo causó destrozos en las propiedades agrícolas y sobre todo un pánico indescriptible en los habitantes de una región tan quieta, quienes volvieron a su tranquilidad habitual al cesar las cada vez más débi-

les repeticiones que por algunos días siguieron al fuerte temblor original. Un caso similar ocurrió el 3 de Mayo de 1887, al ser destruída la población de Babispe, Sonora. Ni antes, ni después de esa fecha se han localizado epicentros de temblores en las inmediaciones de Babispe. Y ya que estamos en la región Noroeste de México, al hacer alusión a la frecuencia de temblores que anteceden y siguen a un temblor principal, queremos recordar los que ocurrieron del 9 de Febrero al 10 de Marzo de 1956 en la región de El Alamo, Baja California, cuyo número de temblores mayores de la magnitud cuatro fueron 274, e incontables los menores (Boletín de Pasadena). Esta frecuencia en sólo treinta días acreditaría la asignación del más elevado índice de sismicidad a esta región, a pesar de que allí sólo se localizaron dos epicentros, considerándose la existencia de dos fallas entre ellos. Finalmente una región puede calificarse en su grado de sismicidad, por el mayor o menor número de epicentros que se encuentren esparcidos en ella, y es precisamente esta condición en la que se basa la delimitación de las zonas sísmicas de la República.

SISMICIDAD MUNDIAL

Cuando queremos hacer resaltar la importancia de las cosas, es normal que tratemos de hacer comparaciones; por esto conviene presentar una rápida visión de la sismicidad mundial.

Sabemos que no hay un solo punto en que no pueda ocurrir un temblor, y que aparte de los fenómenos sísmicos, la superficie de la tierra se encuentra en una movilidad incesante y variable, como si se tratara de la superficie de los mares. En cualquier parte donde instalemos un sismógrafo sensible obtendremos gráficas de agitación microsísmica local y obviamente el registro de las ondas elásticas originadas por temblores domésticos, vecinos, remotos y últimos.

Un cálculo conservador fija en un millón el número de temblores que ocurren en el mundo durante un año. Estas perturbaciones se originan hasta profundidades de 700 kms, y la actividad máxima se le acredita al Cinturón Circumpacífico, en el cual se dilatan la mayor extensión de nuestras costas. El Cinturón Circumpacífico es el anillo que se extiende al norte de la Isla Norte en Nueva Zelandia, siguiendo hacia las islas Loyalti y Fiji, Santa Cruz, Nueva Guinea, La Célebes, las islas Fi-

lipinas, el Japón, las islas Kuriles, la Península de Kamchatka, las islas Aleutianas, para seguir por la Península de Alaska, extenderse frente a las costas de la Columbia Británica, incluyendo las islas Carlota y Vancouver; las costas de Oregon y California, Estados Unidos, nuestras costas del Pacífico y de ahí a lo largo de todos los litorales Centro y Sud-Americanos, hasta la República de Chile en su mayor extensión, hacia La Antártica, donde con motivo del Año Geofísico Internacional se instalarán gran número de estaciones sismográficas, y se llevarán a término investigaciones de gran interés.

Conviene indicar (Gutenberg, 1955) que el mayor número de temblores, y los de mayor energía o fuerza se originan en la parte más externa de la corteza terrestre, es decir a una profundidad no mayor de 40 kms, a mayor profundidad hasta 250 kms., sensiblemente disminuyen en frecuencia y abajo de este nivel hasta los 700 kms., la frecuencia en un valor todavía más reducido permanece casi constante. La importancia sísmica del Cinturón Circumpacífico se pone de manifiesto cuando conocemos que en él ocurren el 80% de los temblores poco profundos (aquellos menores de 40 kms), el 90 % de los plutónicos de 60 a 300 kms., y casi la totalidad de los de mayor profundidad (Gutenberg, 1955). (Son raras las excepciones; la zona de Santiago del Estero, Argentina donde hay actividad sísmica a niveles de 600 kms., y el insólito caso del macrosismo español de Marzo 29 de 1954, que alcanzó una profundidad mayor de 600 kms). Los movimientos restantes en su mayoría no profundos, ocurren en el Mediterráneo y en el Cinturón Trans-asiático, de aquí cabe mencionar las recientes tragedias en Grecia, los notables temblores en Turquía, los de Afganistán, en la región fronteriza con China y la India a lo largo de las elevadas montañas del Himalaya hasta Birmania.

La sismicidad, ya en un grado menor, se extiende a las gélidas vecindades del Artico en las zonas de Islandia, Ian Mayen hasta la isla de Nueva Siberia. En el Atlántico alcanza a las Azores y muy al sur abarca a las Islas Sandwich.

En las Pequeñas Antillas y las vecindades de Haití y la República Dominicana hasta la Isla de Cuba, marcamos otras regiones sísmicas, finalmente en el Océano Indico la preponderancia queda al sureste de Madagascar desde las Islas Mascareñas hasta las del Príncipe Eduardo. Respecto al Continente Africano tenemos que decir que en general es quieto, excepto sus costas Mediterráneas,

ZONAS SISMICAS DE MEXICO

Volviendo a nuestro tema, "Las zonas sísmicas de México", queremos decir que en nuestro país tienen lugar cuando menos 1200 temblores al año, originados en 200 epicentros (se habían situado 368, pero una revisión de la carta Sísmica de la República determinó que unas regiones quedaran comprendidas en otras, por su vecindad, por mejor localización y por frecuencias). (Lámina 1).

En una pequeña zona entre los paralelos 15 y 16, meridianos 97, 98 y 99, es decir, casi en los límites de los estados de Guerrero y Oaxaca, y en las porciones inmediatas del Océano Pacífico, quedan 50 epicentros tan activos, que por regla general son el origen de un 50 % de temblores mexicanos. Siguen con un 12 % la región comprendida entre los paralelos 18 y 19 meridianos 103, 104 y 105 que abarcan Colima y parte de Michoacán y Jalisco junto con sus respectivas zonas inmediatas del Océano Pacífico.

Nuestra zona sísmica de la Baja California en la frontera con los Estados Unidos de América y a todo lo largo del Golfo de California desde la desembocadura del Rio Colorado hasta las Islas Marias, (tramo que consideramos como una prolongación submarina de la Falla de San Andrés) ha tenido siempre una característica e importancia singulares que se ha visto acrecentada por el gran enjambre de temblores iniciados en febrero de este año, según ya lo mencionamos. El extraordinario progreso del Estado de Baja California y nuestra vecindad con la región sísmica mejor investigada de los Estados Unidos, por esos grandes centros que forman el laboratorio Sismológico de Pasadena con sus 15 estratégicas estaciones y equipos portátiles modernísimos y las no menos excelentes estaciones de la Universidad de California con Berkeley a la cabeza, nos impelen a sugerir activas gestiones para instalar cuando menos 2 buenas estaciones; una en Ensenada y otra en la Paz. Nuestra cooperación y facilidades deberían extenderse a las instituciones que por métodos sísmicos desean estudiar la estructura del fondo marino en el Golfo de California.

TRINCHERA MESOAMERICANA

A este respecto indicaremos que recientemente estuvieron con nosotros los

Drs. Fisher y Shor (Scripps Oceanographic Institution de La Joya, California U.S.A.), quienes han llevado a cabo interesantes estudios sobre la topografía de la trinchera Mesoamericana, "Middle America Trench" que ellos llaman, la que abarca desde Islas Marias y Bahía de Banderas hasta el Golfo Dulce en Costa Rica, y que incluye determinaciones de velocidades de propagación, profundidades, zonas de fractura, etc., siendo muy importante para nosotros lo que se refiere a la propia Bahía de Banderas, a Acapulco, donde se acusa la posibilidad de una falla al través en las cercanías de Zihuatanejo, al Golfo de Tehuantepec, donde se hace notable una zona de fractura, así como también lo investigado frente a Champerico con sus jóvenes picos volcánicos y el Golfo de Nicoya en Costa Rica respecto a la superficial región de los Cocos.

Los Drs. Shor y Fisher nos proporcionaron un croquis de la Trinchera, misma que reproducimos en su parte correspondiente a México en la Lámina 1.

FALLAS

En sismología cuando empleamos la palabra falla, tenemos presente que designa una zona de fractura y no una superficie simplemente. Aludimos al contacto regional entre dos grandes bloques que se mueven uno respecto del otro. La ubicación, el alineamiento de nuestros epicentros costaneros y submarinos abajo del paralelo 21 hasta el 15, y desde los meridianos 106 al 93, nos hacen suponer que corra un sistema de fallas cuya existencia no vá en contraposición con los estudios de la ya citada Trinchera Mesoamericana. La más larga de este sistema de fallas que puede correr siguiendo la línea de la costa, se inicia al sureste de Islas Marias pasando por Bahía de Banderas se introduce ligeramente en el Estado de Jalisco, pasando a unos 30 kms., al Este de Manzanillo, volviendo a alcanzar el Pacífico en la desembocadura del Río Carrizal, y paralela a las costas de Guerrero, y Oaxaca pasa cerca de Puerto Angel, para seguir ya, apartándose de la costa, una línea que a través del golfo de Tehuantepec toma la dirección de la fosa oceánica frente a los puertos de Champerico y San José Guatemala, costas del Salvador, hasta Nicaragua.

Otras 2 zonas de fallas paralelas a la descrita posiblemente existan; una iniciada frente a Acapulco hasta la Bahía de Chipehua Oax., y otra que desprendiéndose de la primera, ya descrita, ligeramente al sur de Coalcomán, atraviesa los Esta -

dos de Michoacán, Guerrero y Oaxaca, pasando a unos 20 kms. al Sur de la Ciudad de Oaxaca para aproximarse a la desembocadura del río de Tehuantepec, en el puerto de Salina Cruz.

Desde luego, las evidencias geológicas y estudios más concienzudos podrían confirmar o negar que exista con manifestaciones superficiales este sistema de fallas, que lo hemos supuesto no sólo por la ubicación y alineamiento de los epicentros, sino también por las repeticiones que han seguido a los temblores principales que se han originado en los epicentros situados a todo lo largo de las probables fallas de que estamos hablando. En la parte continental existen la falla de "Oxochoacán" región $19^{\circ} 16' N 96^{\circ} 58' W$, donde se originaron los temblores destructores de Patlanalá, Chilchotla Pue. y Cozatlán, Ver. La falla de Acambay región $19^{\circ} 56' N 99^{\circ} 50' W$ donde tuvieron lugar los temblores destructores de Acambay y Tixmadejé. La falla de Zapopan Jal., región $20^{\circ} 46' N 103^{\circ} 11' W$ donde ocurrieron los sismos destructores de 1875 y los de Guadalajara en 1912. El alineamiento de estas tres fallas, los epicentros 363, región de Tula Hidalgo, 368 región de Actopan Hidalgo y 327 región de Celaya Gto., así como muchos temblores locales dentro de las zonas indicadas, nos hacen pensar que se trate de una sola falla que corre paralela al eje volcánico, aunque sus manifestaciones superficiales sean solamente "Oxochoacán", "Acambay" y "Zapopan".

PROFUNDIDAD

En México, la sismicidad es de gran interés, no solamente por la frecuencia y por la magnitud de las catástrofes de esta índole, que han dejado huellas de destrucción y de muerte, capítulo que no describimos para no extendernos demasiado. Cobra importancia también por las profundidades de los focos; en efecto, la profundidad focal en el Norte de la Baja California y a lo largo del Golfo hasta Islas Marias no excede de 20kms., Los focos submarinos abajo del paralelo 21 frente a nuestras costas van aumentando paulatinamente en profundidad acercándose a los 50 kms. hasta el Meridiano 96. Aquí, ya en el Golfo de Tehuantepec, la profundidad llega hasta unos 100 kms., en los epicentros $N^{\circ} 181 (14^{\circ} 44' N 98^{\circ} 34' W)$ y el $N^{\circ} 246 (14^{\circ} 32' N 92^{\circ} 19' W)$, siguiéndole el $N^{\circ} 247$ frente a las costas de Guatemala ($13^{\circ} 48' N 91^{\circ} 47' W$).

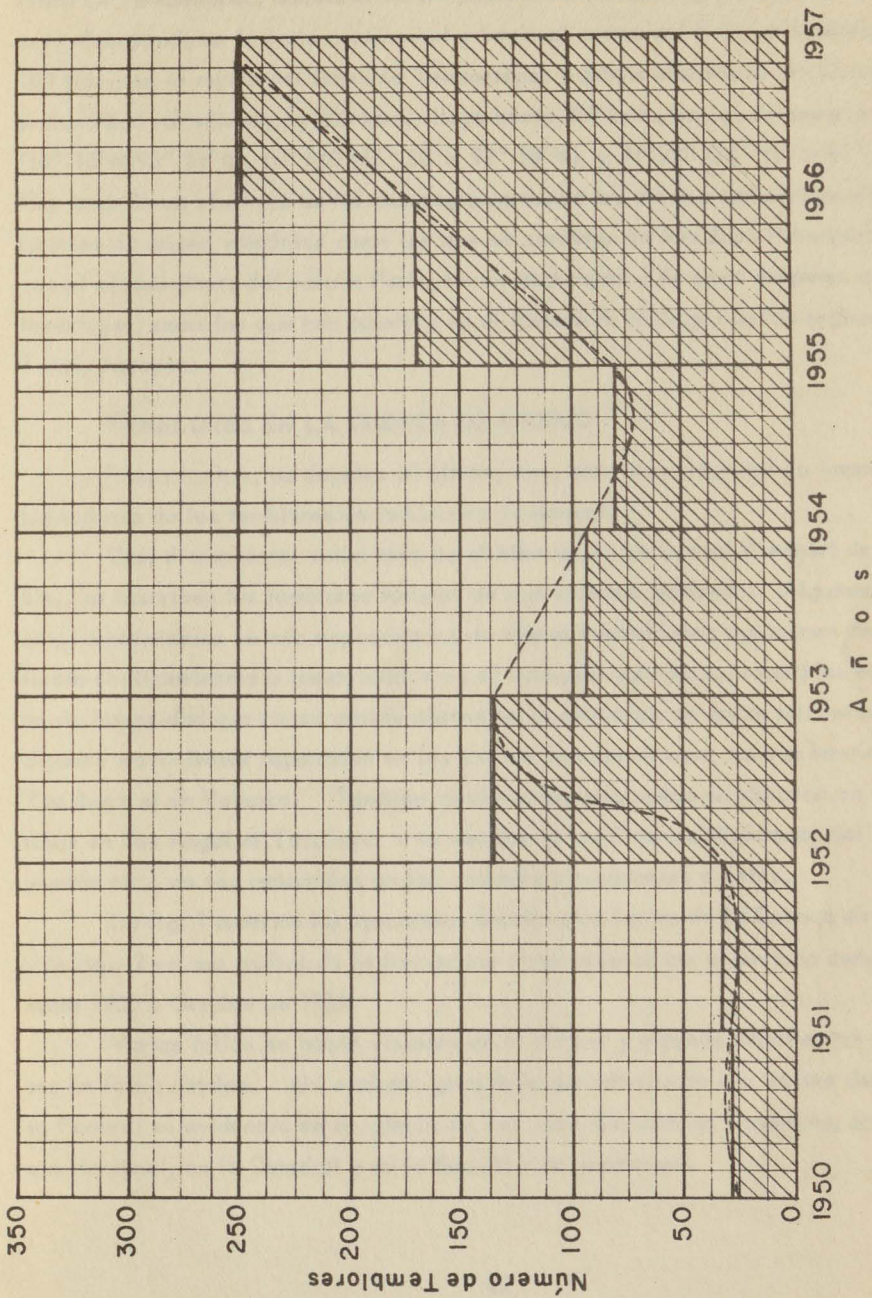


Fig. 2 Frecuencia sísmica en la Cuenca de México

Los focos costaneros, en la misma región abajo del paralelo 21 y hasta el Istmo de Tehuantepec, aumentan su profundidad más notablemente que los oceánicos, alcanzando en la parte continental y hacia el centro del País profundidades de 100 kms., en la región del Istmo de Tehuantepec y particularmente en Chiapas la profundidad excediendo de 100 kms., llega hasta 200 kms., en los epicentros N° 58 (16° 15' N 93° 31' W), N° 250 (15° 50' N 92° 50' W), y N° 298 (16° 12' N 91° 47' W). Hay también en el centro de México regiones donde los sismos son netamente superficiales de origen volcánico como los que se sintieron en San Juan Parangaricutiro con el advenimiento del volcán Paricutin en Michoacán y de otros orígenes que se investigan, como los que han ocurrido en el Estado de Hidalgo, en las regiones de Tula y Actopan.

TEMBLORES EN LA CUENCA DE MEXICO

Para concluir, no dejados al último, sino para hacer resaltar su importancia hablaremos de los temblores en la Cuenca de México.

Casi diariamente, sobre todo en el sismógrafo horizontal Wiechert de 17000 kls., se inscriben los temblores locales de que estamos hablando. Algunas veces estos movimientos se ven acompañados de ruidos subterráneos que ponen de manifiesto deslizamientos e inestabilidad en el subsuelo y se hacen sensibles en un grado de intensidad que causa grande alarma en la población en áreas tan reducidas que algunos movimientos reportados en las Lomas de Chapultepec, no son sentidos ni en Tacubaya ni en Polanco. También movimientos originados en Mixcoac no son sentidos en San Angel ni Tacubaya; a su vez los de las Colonias Hipódromo, del Valle, Coyoacán etc., no son reportados en las colonias circundantes a éstas.

La fig. 1 muestra los epicentros localizados dentro de la Cuenca de México y la fig. 2 es una gráfica de la frecuencia sísmica local por el período comprendido entre 1950 y Octubre de 1956.

Varias fallas se hacen visibles en el terreno y algunas manifiestan sus efectos en forma notable. Ahí está esa gran falla que rebasando los límites del Distrito Federal se evidencia en la iglesia de San Juan Bautista en Coyoacán, en el Palacio Nacional, en la Catedral y en la Basílica de Guadalupe.

El 21 de Septiembre de 1956 próxima a la presa de Mixcoac se localizó la más reciente falla ocurriendo ese día diez temblores locales.

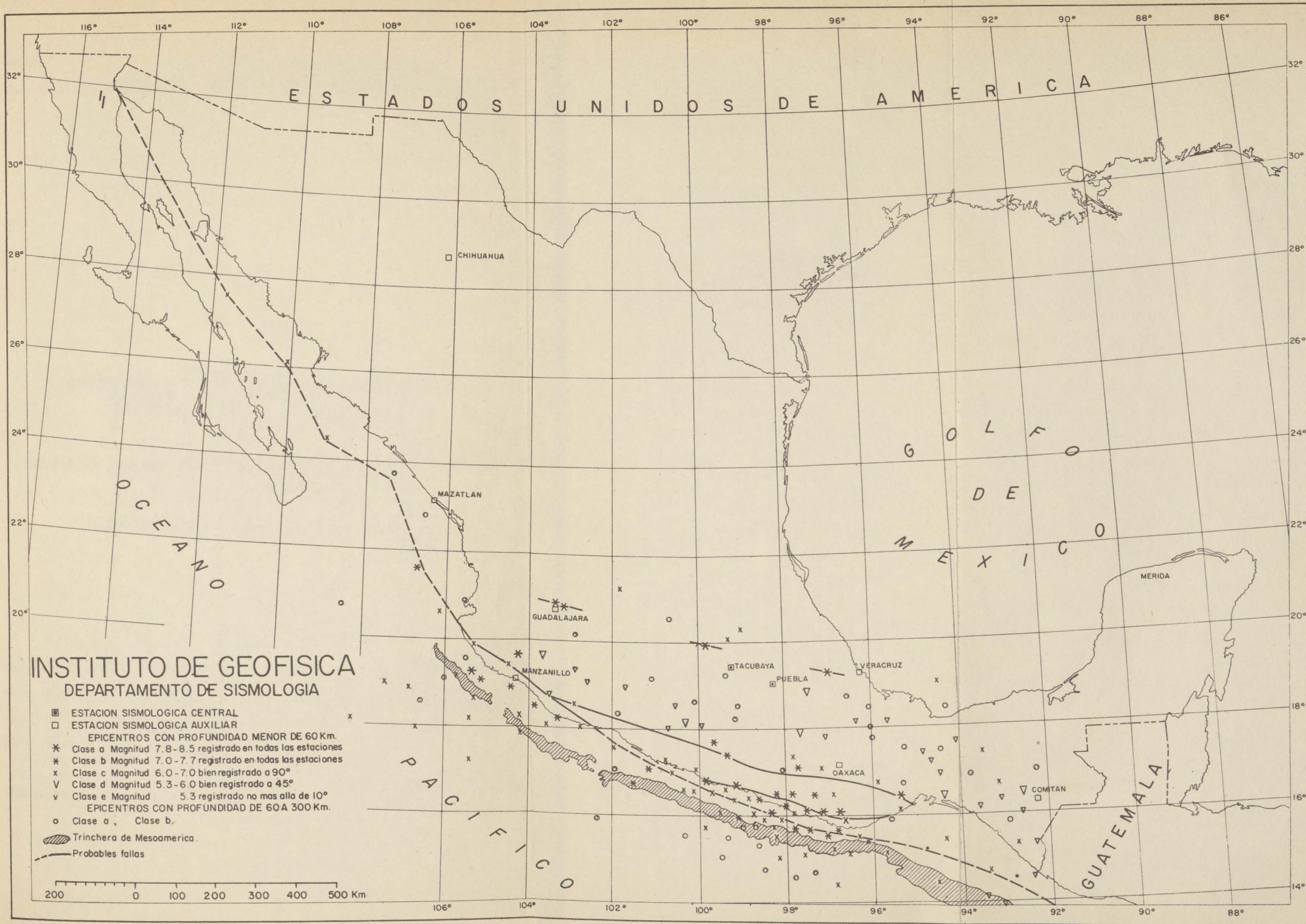
En determinadas ocasiones hemos dicho que muchas veces existe un aumento de valor de la aceleración en el D.F., y por ésto en la Ciudad de México temblores originados a más de 470 kms. (como el temblor llamado de Madero del 7 de julio de 1911, destructor en Ciudad Guzmán Jalisco) causan efectos solo igualados en la área macrosísmica, mientras que en muchos puntos intermedios entre el origen los daños han sido mucho menores, queremos en pro de mejores investigaciones llamar la atención para que cuando menos se instalen además de los sismógrafos que constituirán nuestra proyectada estación en Ciudad Universitaria, una estación más para que unidas a Tacubaya, y con equipos apropiadamente eficientes, nos capaciten para estudiar ampliamente los temblores locales que en nuestra insignificante y tal vez audáz opinión, pueden ser factores dignos de tomarse en cuenta cuando confrontamos el problema del hundimiento de la ciudad de México, cuya resolución ojalá pudiera alcanzarse, debiendo interesar no solamente a los especialistas en mecánica de suelos, sino a todos los Mexicanos.

Las inundaciones y los hundimientos en nuestra gran Capital datan de cientos de años y así como nuestros antepasados recurrían a medidas transitorias para sobreponerse a las circunstancias, así hoy instalamos formidables equipos de bombeo y se recurre a otros paliativos.

La movilidad, por lo ya expuesto, traspone en la Ciudad de México los límites de lo normal, y ésto nos hace advertir que si además de las causas conocidas del hundimiento y dislocación del sistema de drenajes, existen causas tectónicas puestas en evidencia por la sismicidad local, debe hacerse una investigación exhaustiva para asegurar el éxito de cualquier proyecto, evitando que esta formidable empresa sea otro paliativo más o menos duradero.

REFERENCIAS

Gutenberg, B., 1955 : Earthquakes in Kern County Calif. 1952. Boletín # 171, pag. 131.



**INSTITUTO DE GEOFISICA
DEPARTAMENTO DE SISMOLOGIA**

- ESTACION SISMOLOGICA CENTRAL
- ESTACION SISMOLOGICA AUXILIAR
- EPICENTROS CON PROFUNDIDAD MENOR DE 60 Km.
- * Clase a Magnitud 7.8-8.5 registrado en todas las estaciones
- * Clase b Magnitud 7.0-7.7 registrado en todas las estaciones
- x Clase c Magnitud 6.0-7.0 bien registrado a 90°
- v Clase d Magnitud 5.3-6.0 bien registrado a 45°
- v Clase e Magnitud 5.3 registrado no mas alla de 10°
- EPICENTROS CON PROFUNDIDAD DE 60A 300 Km.
- Clase a, Clase b.
- ▨ Trinchera de Mesoamerica.
- Probables fallas

200 0 100 200 300 400 500 Km