

SISMICIDAD EN BAJA CALIFORNIA

JESUS FIGUEROA ABARCA*

RESUMEN

Entre las diferentes actividades y estudios que se desarrollan en el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, con objeto de aplicarlos en las construcciones resistentes a temblor, está la determinación de diseño y coeficientes sísmicos que comprende un amplio programa de regionalización sísmica de México, el cual considera la sismicidad de cada estado de la república donde se originan temblores, y divide cada entidad en zonas de acuerdo con sus características regionales, con objeto de organizarlas en una microregionalización posterior.

* *Facultad de Ingeniería,
Instituto de Geofísica, UNAM.*

ABSTRACT

Determination of seismic design coefficients and seismic regionalization programs are both activities presently being carried out at the Instituto de Ingeniería, UNAM.

As a first step for regionalization detailed studies of the seismicity of each state within the most active seismic zone are being prepared. In this paper the seismicity of Baja California is described.

INTRODUCCION

Para desarrollar el programa de regionalización sísmica se ha concentrado en el Centro de Información del Instituto de Ingeniería todo lo relacionado con temblores publicado por éste y el Instituto de Geofísica. Para efectuar este trabajo se consultaron estos datos y las publicaciones de los Institutos de Geología, Panamericano de Geografía e Historia y sociedades científicas como Antonio Alzate, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, Unión Geofísica Mexicana, así como información de la Oficina Central de Sismología en Estrasburgo, de Edimburgo, Moscú y otras, pero en especial publicaciones del Coast and Geodetic Survey y listados proporcionados por el señor James Jordan, del Centro de Estudios Sismológicos de Boulder, Colorado.

Además de esta información, para el desarrollo de este trabajo se consultaron datos del Instituto Tecnológico de California y de la Universidad de California, así como de la Scripps Oceanographic Institution.

Este trabajo es esencialmente sismológico, ya que sobre geología, tectonismo, etc., de Baja California, hay una extensa bibliografía desarrollada en los últimos años, como por ejemplo el trabajo "Sismicidad y Tectónica Norte del Golfo de California, México", y "Resultados preliminares", publicados en la revista Geofísica Internacional, México, 1970, cuyos autores son: Lomnitz, Brune, Mooser, Allen y Tatcher.

Con objeto de que se pueda entender con facilidad, la sismicidad en Baja California se presenta en una carta (fig. 1) dividida en cinco zonas, cuya delimitación ha tomado en cuenta no sólo las caracterís-

ticas sísmicas regionales, sino la potencialidad demográfica y el desarrollo presente y futuro que en todos los órdenes va logrando la península debido al impulso de sus habitantes y de las autoridades gubernamentales y universitarias.

IMPORTANCIA SISMICA

La revisión de los datos confiables correspondientes a más de mil temblores de magnitud 4 y mayores, escala Richter, Apéndice 1, originados en cinco zonas del noroeste de México, que abarcan el Golfo de California y la totalidad de la península, ocurridos de 1918 a abril de 1973, confirman por qué esta parte de la república, particularmente la de Baja California limítrofe con Estados Unidos de Norteamérica, se ha considerado importante por la frecuencia de sus sismos y otras características que la distinguen de las otras regiones activas de México.

En la Carta Sísmica de la República (Figuroa, 1959), con menos datos, se estimaba que para la región comprendida entre los paralelos 23 a 32 y los meridianos 108 a 116, la energía liberada por gran número de sismos (la mayoría superficiales y de mediana o baja intensidad) tenía un valor de $10^{22.5}$ ergs. En otro trabajo (Figuroa, 1956) se indica: “del 9 de febrero al 10 de marzo de 1956, en la región de El Alamo, B. C., ocurrieron 274 temblores. . .” Estos movimientos se sintieron en la localidad; los registrados por sismógrafos fueron más numerosos. En la pág. 24 de la indicada referencia 2 se dice “. . . nuestra zona sísmica de Baja California, desde la desembocadura del río Colorado hasta Islas Mariás, tramo que se considera prolongación de la falla de San Andrés, ha tenido siempre una característica e importancia singulares. . .” En seguida se agrega “. . . el extraordinario progreso del estado de Baja California y nuestra vecindad con la región sísmica mejor investigada de los Estados Unidos. . . nos impelen a sugerir activas gestiones para instalar cuando menos dos buenas estaciones, una en Ensenada y otra en La Paz. Nuestra cooperación y facilidades deberían extenderse a las instituciones que

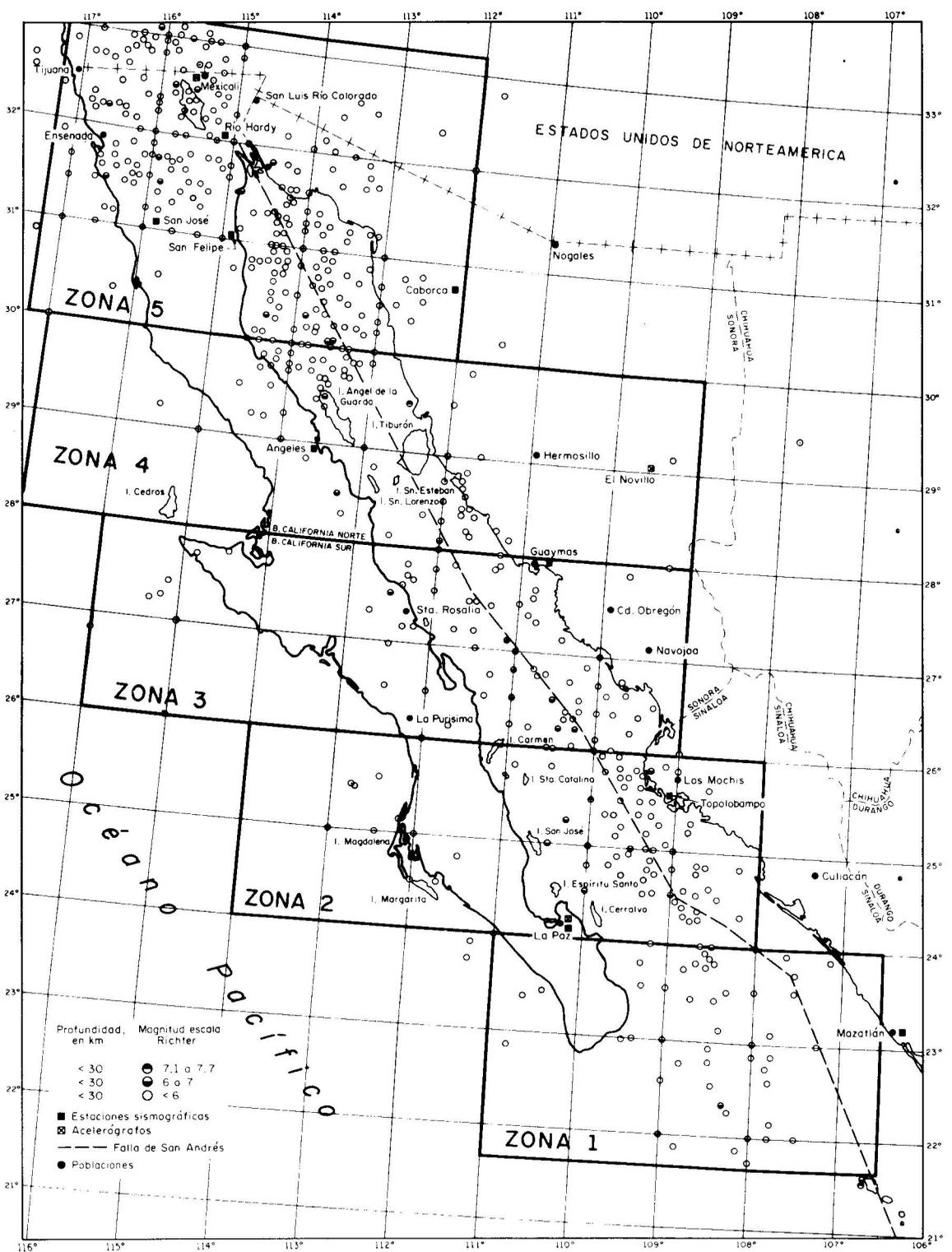


Fig. 1. Carta Sísmica de la Baja California
 Datos de 1918 a abril de 1973 (J. Figueroa A. I. I. UNAM)

por métodos sísmicos desean estudiar la estructura del fondo marino en el Golfo de California. . .”

ESTACIONES SISMOLOGICAS EN EL NOROESTE DE MEXICO

Lo que se sugería en 1956, hoy está ampliamente superado debido al empeño del Instituto de Geofísica, Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Obras Públicas, CONACYT, etc., y a la cooperación exterior. Existen en la actualidad ocho nuevas estaciones: Caborca, Topolobampo, bahía de los Angeles, La Paz, Guaymas, San Felipe, rancho San José y Río Rihardi. Además, el Instituto de Ingeniería, con el patrocinio de la Secretaría de Obras Públicas, tiene en operación modernos acelerógrafos en La Paz, Mexicali, y en la presa del Novillo, en Sonora, auspiciados por CFE. Anteriormente, en la región NW en suelo mexicano sólo se contaba con las estaciones sismológicas de Chihuahua y Mazatlán, que eran las más cercanas a Baja California, en cuyo territorio no había ni una estación.

ZONIFICACION

La enorme extensión de Baja California (1 280 km desde las proximidades del paralelo 23 hasta más allá del 32) hace que la península y el golfo se encuentren bajo la influencia de diferente actividad sísmica (fig. 1), que afecta en forma importante la concentración humana e industrial de toda su superficie, y que trae como consecuencia un aumento constante de construcciones. Por esta circunstancia se dividió la región en cinco zonas, cuya frecuencia y sismos más importantes se indican en el Apéndice 1.

Aparte de las porciones del Océano Pacífico y del Golfo de California, que quedan comprendidas dentro de las coordenadas de cada zona, los principales lugares que en cada una de ellas queda bajo la influencia de sismos localizados en el área respectiva son:

Zona 1

21.6 a 24.0 N

107.0 a 111.0 W Cabo San Lucas, San José del Cabo, Todos Santos, Santiago, Mártires, San Antonio, etc.

Zona 2

24.0 a 26.0 N

108.0 a 114.0 W Islas Cerralvo, Espíritu Santo, San José, Santa Cruz, Santa Catalina e isla del Carmen. En la parte peninsular: Punta Ventana, La Paz, Las Animas, bahía Magdalena, San Luis, Soledad, San Lucas y Comandu, etc.

Zona 3

26.0 a 28.0 N

109.0 a 116.0 W Aparte de los litorales de Sinaloa y Sonora, en Baja California se encuentran: La Purísima, Mulegé, bahía Ballenas, Santa Rosalía, San Ignacio, Santa Clara, Ojo de Liebre, Punta Eugenia, bahía Sebastián, Vizcaíno, etc.

Zona 4

28.0 a 30.0 N

109.0 a 117.0 W Litorales de Sonora e islas Tiburón y Angel de la Guarda en el golfo e isla de Cedros en el Pacífico. En la península: Santa Gertrudis, Santo Domingo, Los Apóstoles, Los Angeles, Santa María, etc.

Zona 5

30.0 a 33.1 N

112.0 a 117.0 W Noroeste de Sonora, y en Baja California: Rosario, Santa Clara, San Quintín, San Felipe, San Telmo, El Alamo, La Bomba, Agua Dulce, Ensenada, San Luis Río Colorado, Algodones, Mexicali, Tecate, Tijuana y muchos otros.

FALLAS, ACTIVIDAD SISMICA Y PROFUNDIDAD FOCAL

Los focos localizados a lo largo del Golfo de California, hasta junio de 1959, sirvieron de base para marcar la trayectoria de la falla considerada como prolongación de la de San Andrés, según se muestra en la Carta Sísmica de México publicada por el Instituto de Geofísica en ese mismo año. Posteriores y más numerosas localizaciones mexicanas y extranjeras, y avanzados métodos de investigación,

han establecido la existencia de complicados escalonamientos y estructuraciones del fondo marino a todo lo largo del golfo, con extensiones transversales a la península, haciéndose muy notables las manifestaciones de estos mecanismos en el área geotérmica de Cerro Prieto, sin olvidar que como otras ya confirmadas, existen fallas en San Miguel en el Valle de El Alamo, (Figs. 2 y 3).

La zona 5 presenta mayor sismicidad. Su frecuencia es seis veces mayor que en las otras zonas de Baja California.

Debe advertirse que los sismos de esta región noroeste son en su inmensa mayoría poco profundos y, como se observa en el Apéndice 1, sus magnitudes suelen ser elevadas y por tanto causan daño en los centros de población, aunque las áreas que abarcan son muy restringidas por la misma superficialidad de los focos.

Es significativo que estos sismos superficiales no ocurran aisladamente, sino en series, como en los períodos siguientes:

1936 Julio a octubre

1939 Marzo a septiembre

1940 Mayo a diciembre

1945 Febrero a junio

1951 Agosto

1956 Febrero

1963 Octubre y noviembre

1964 Febrero y julio

1965 Junio

1967 Diciembre

1969 Marzo

En este último grupo de 1969, del 20 al 28 de marzo ocurrieron 196 temblores de magnitud 4 hasta 6, escala Richter. De estos movimientos, 70 sucedieron en 6 horas y sus epicentros se localizaron en un diámetro de 5 a 10 km en la corteza superior (Lomnitz et al, 1970). Debido a esto, en una carta sísmica no es posible situar tantos epicentros.

Esta singular actividad es de la mayor importancia y debe estudiarse con mucho cuidado cuando se considera que al ocurrir un sismo de cualquier magnitud, no toda la energía se libera, sino que parte de

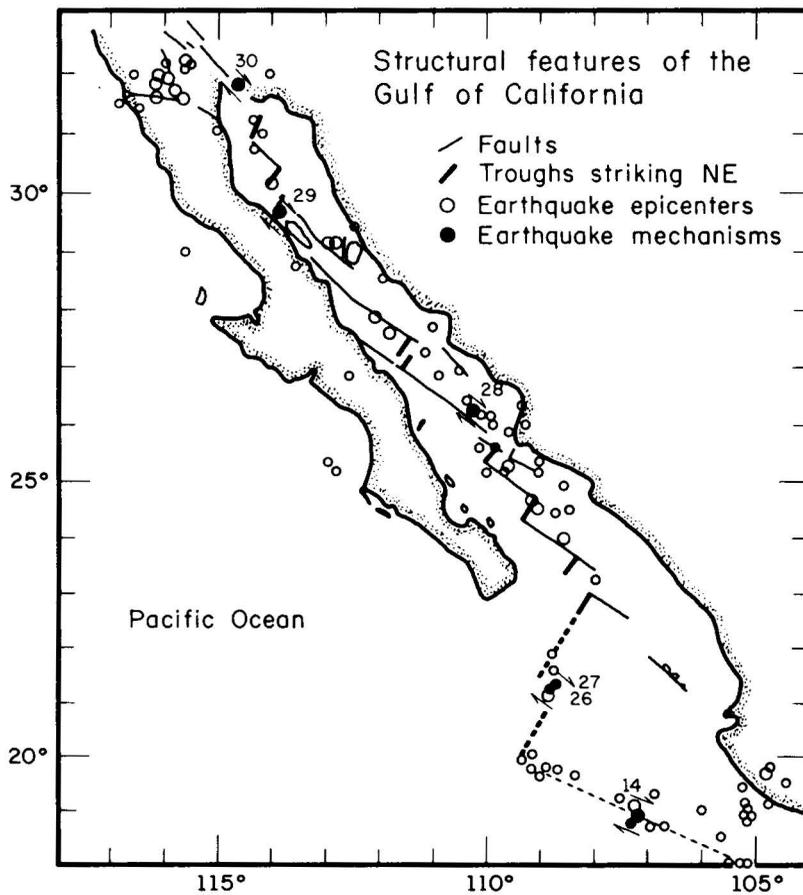


Fig. 2. Epicentros de temblores (1954-1962), mecanismos de temblores y características estructurales del golfo de California (Sykes, 1968).

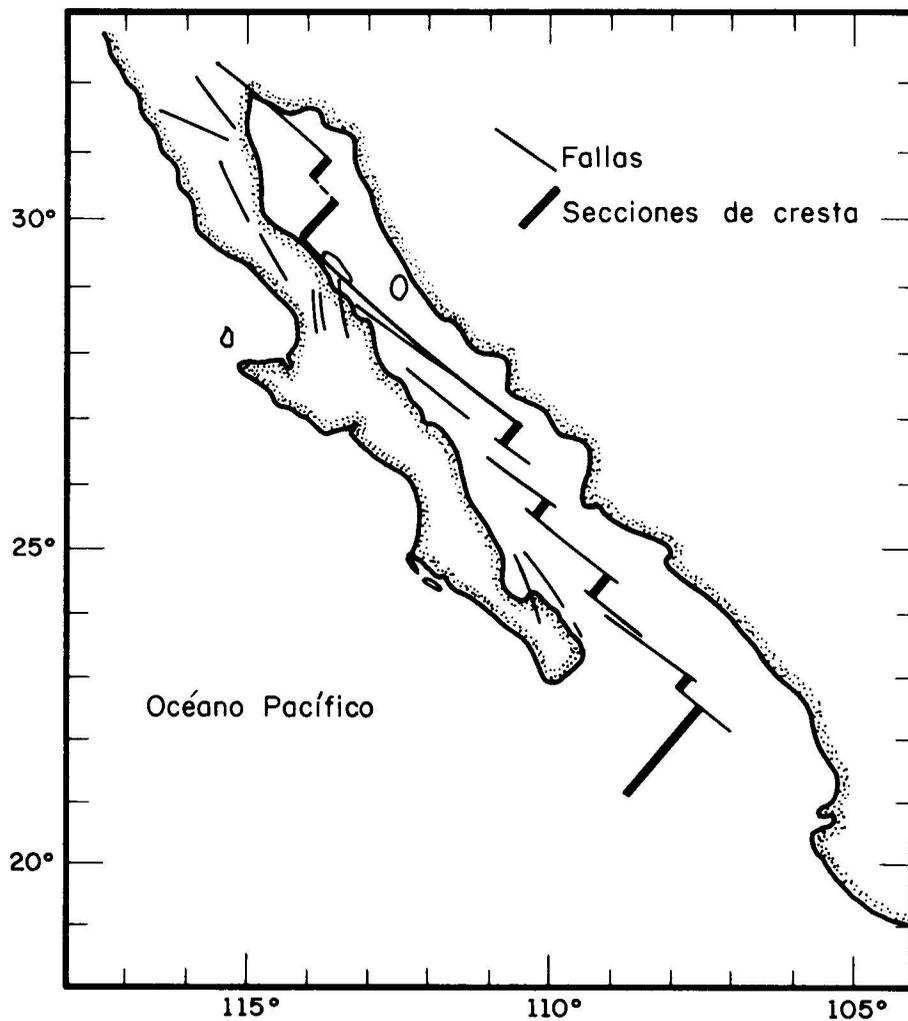


Fig 3. Posibles patrones de fallas en el golfo de California (Lomnitz,1973)

ella se acumula en las vecindades según las condiciones geológicas regionales hasta donde se experimente el temblor, lo que incrementa el riesgo de que ocurran movimientos fuertes si, como en el caso de Baja California, se considera que la península está separándose del continente, no obstante que ocurra en un largo proceso, en cuanto al tiempo, esto determina la acumulación de mayores esfuerzos y tensiones que continuarían produciendo maremotos en el golfo y macrosismos en la península, principalmente en el extremo que aún la une al continente, zona 5, en la frontera y aún más allá, en Estados Unidos.

MACROSISMOS

En el Apéndice 1 se presenta una relación de sismos localizados en el Golfo de California, en la península y en sus alrededores; contiene movimientos de magnitud 6 y mayores ocurridos en las 5 zonas en que se ha dividido Baja California.

Respecto a daños, el primer dato confiable relativo a esta región dice:

“1716. Febrero 6. Temblor en la costa de la Baja California que causó grandes estragos” (Figueroa, 1962).

En cierta forma, es una ventaja que no se indiquen los lugares afectados por este macrosismo en la península, para que no se piense que algún lugar de ella está en lo absoluto libre del efecto de un movimiento semejante.

Según la referencia 4, del 22 al 31 de mayo de 1878 se sintieron en Loreto, B. C., varios terremotos que causaron la ruina de la población. El vecindario huyó abandonando sus hogares. El movimiento más fuerte fue el del día 29 del mismo mes.

Por otra parte, debe citarse el temblor del Valle Imperial, magnitud 7.1, que tuvo lugar el 18 de mayo de 1940, y que afectó a Mexicali y poblaciones de la frontera en Estados Unidos, donde además de muertos y heridos, en Ciudad Imperial dañó al 80 por ciento de las construcciones, llegando la intensidad al grado X de la escala de Mercalli modificada en 1931. Este movimiento fue inherente

a una falla de 40 millas de largo y, según los acelerogramas obtenidos en El Centro, Cal., que por su claridad durante mucho tiempo fueron empleados en diversos estudios especiales, la máxima aceleración fue de 0.30 de la gravedad. Esta aceleración no ha sido la mayor registrada en instrumentos; la han sobrepasado otros macrosismos como el de Park Field, Cal., en 1966, y el de San Fernando, Cal., en 1971, que excedieron 0.50 de la gravedad. Finalmente, debido a su similitud, en cuanto a poca profundidad del foco con los de Baja California se menciona el movimiento destructor en Managua, Nicaragua, del 23 de diciembre de 1972, magnitud 6 1/4, escala Richter, que alcanzó 0.39 de aceleración y dejó un saldo estimado oficialmente en 4 000 a 6 000 muertos, cifra que otras fuentes hacen llegar a 10 000. Los heridos fueron 20 000 y las pérdidas materiales se han valorado en diez mil millones de pesos.

CONCLUSION

Estos ejemplos sirven para no menospreciar el riesgo sísmico, para que se estudie más al respecto aprovechando las enseñanzas que deja cada temblor, y para que las autoridades a quienes corresponda *formulen reglamentos de construcción*, si no los hay, *para toda la península vigilando su estricto cumplimiento*.

Debe tenerse presente que la anarquía y descuido en las construcciones acarrearán grandes pérdidas en vidas y propiedades en los lugares sísmicos como Baja California. Adecuadas cimentaciones y mejores materiales y métodos para construir, darán amplio margen de seguridad a residentes de zonas donde estos fenómenos ocurren con frecuencia por la existencia de fallas geológicas, deslizamientos, vulcanismo, tectonismo, etc.

BIBLIOGRAFIA

- J. FIGUEROA A., 1959. Carta Sísmica de la República Mexicana. *Anales del Instituto de Geofísica, UNAM, Vol. 5* 45-162.
- J. FIGUEROA A., 1956. Las zonas sísmicas de México, *Anales del Instituto de Geofísica, Vol. 2*, 20-28.
- LOMNITZ, BRUNE, MOOSER, ALLEN y TATCHER, 1970. Sísmicidad y Tectónica Norte del Golfo de California, México, Resultados preliminares. *Geofís. Int.* 10 (2): 37-48.
- J. FIGUEROA A., 1962. Historia Sísmica y estadística de temblores de la costa occidental de México. *Boletín bibliográfico de geofísica y oceanografía americanas. Parte Geofísica*, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1960-1962.