# Actividad microsísmica en el área de Canatlán, Durango y su relación con la geología regional

Jaime Yamamoto
Instituto de Geofísica, UNAM, México.

Recibido: 29 de agosto 1989; aceptado: 15 de febrero de 1990.

#### RESUMEN

Los hipocentros de 22 microsismos (-0.09≤M<sub>c</sub>≤1.1) que ocurrieron en el área de Canatlán, Durango (24°38'N, 105°W) del 30 de abril al 2 de mayo de 1972 fueron determinados. Los eventos se localizan entre la Laguna de Santiaguillo y el flanco oriental de la Sierra de la Magdalena perteneciente a la Sierra Madre Occidental a una profundidad de 1.0 a 5.5 km. La distribución espacial de los epicentros presenta dos tendencias lineales de sismicidad orientadas N21°W y N71°E de longitud 7.2 y 5.4 km respectivamente, que sugiere la existencia de un sistema de fallas conjugadas sísmicamente activas. La tendencia N21°W coincide con la dirección de las antiguas fallas normales longitudinales asociadas con la Sierra Madre Occidental. Aunque no se tiene registro gráfico de los eventos principales ocurridos el 18 de marzo de 1972 al inicio de la secuencia, el radio de perceptibilidad indica que probablemente tuvieron una magnitud m<sub>b</sub> de 3.1.

PALABRAS CLAVE: Microsismos, riesgo sísmico, Durango, México.

## **ABSTRACT**

Locations of 22 microearthquakes ( $-0.09 \le M_c \le 1.1$ ) in the area of Canatlán, Durango (Mexico) are reported. The events are located between Santiaguillo lake and the eastern margin of the Sierra Madre Occidental, at a depth of 1.0 to 5.5 km. Spatial distribution suggests two linear trends at N21°W and N71°E corresponding to conjugate faults related to normal range faulting. The major axis of the activity is 7.2 km. The main events of the sequence occurred on 18 March 1972 and no records are available, but a magnitude of m<sub>b</sub>=3.1 is estimated from felt reports.

KEY WORDS: Microearthquakes, earthquake hazard, Durango, Mexico.

## INTRODUCCION

A mediados del mes de marzo de 1972 una serie de temblores fue sentida en algunas poblaciones del municipio de Canatlán, Durango en la porción noroeste del Valle de Guadiana, en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental (Figura 1).

Esta región muestra actividad tectónica reciente, pero es considerada asísmica (los epicentros más cercanos se ubican a 180 km de distancia (Figueroa, 1959)). Los temblores causaron inquietud entre la población. Según los moradores de la zona, la serie de temblores se inició el 18 de marzo de 1972 y fué aumentando en número e intensidad, de tal manera que hasta el 20 de marzo, se habián reportado 40 temblores sentidos (El Sol de Durango, 20-III-72). Estos se describieron como sacudidas de entre 5 y 6 segundos de duración acompañadas de ruidos subterráneos. Otra nota periodística (El Sol de Durango, 23-III-72) consigna: "...nuevos temblores se han registrado en una área de 3 km de ancho por 15 km de largo, con una dirección de Sur a Norte; en los poblados de Los Lirios, Piedra Encimada, La Soledad, Los Sauces aproximadamente a 20 km de Canatlán, Durango...". Desafortunadamente no se tiene registro gráfico de estos eventos, pues no fueron detectados por ninguna de las estaciones del Servicio Sismológico Nacional.

La estación más cercana es Mazatlán (MAZ) en Sinaloa, a 220 km al suroeste de la zona de epicentros y opera con muy baja amplificación.

El 17 de abril de 1972 se instaló un sismógrafo en las inmediaciones del poblado Arnulfo R. Gómez (ARG) (Figura 2) que se mantuvo operando hasta el día 21, completando 54 horas efectivas de observación. Un total de 106 microtemblores con magnitudes de coda (Mc) entre -0.6 y 2.4 fueron registrados. Incidentalmente, las magnitudes que se mencionan en este trabajo se refieren a magnitud de coda a menos que se indique otra cosa.

Posteriormente, con tres sismógrafos adicionales se estableció una pequeña red el día 30 de abril. En aproximadamente 68 horas se registraron 63 microtemblores con magnitudes que fluctuan entre -0.9 y 1.1, de estos, 22 fueron claramente registrados en al menos tres estaciones y consecuentemente fue posible localizarlos.

Aunque la observación de campo fue hecha hace ya bastante tiempo no había podido ser interpretada por falta de mapas de la región a la escala apropiada. Sólo algunas características generales de la secuencia de los microtemblores fue publicada (Yamamoto, 1973).

Dada la importancia económica que ha cobrado la región en cuestión, nuevos desarrollos de infraestructura están

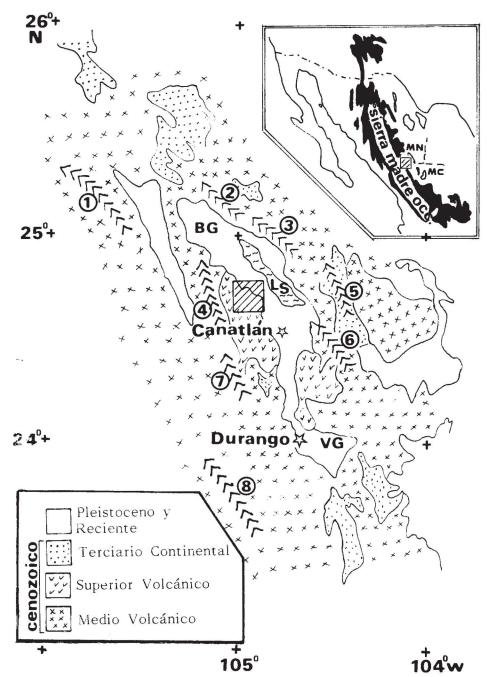


Fig. 1. Mapa geológico simplificado del área de Durango (Tomado de la Carta Geológica de la República Mexicana, 1976). 1)Sierra de Tepehuanes, 2) Sierra de San Francisco, 3) Sierra de Coneto, 4) Sierra de la Magdalena, 5) Sierra de Gamón, 6) Sierra de la Silla y 7) Sierra de Cacaria. BG) Bolsón de Guatimapé, VG) Valle del Guadiana y LS) Laguna de Santiaguillo.INSERTO: Provincias geológicas presentes en la zona. MN) Mesa del Norte y MC) Mesa Central. Los cuadros achurados marcan el área aproximada de la Fig. 2.

siendo planeados. Por esto, un apropiado entendimiento de la sismicidad y la localización de las fallas activas es imperativo para determinar el riesgo sísmico de la región. Así, es de particular relevancia la publicación de los resultados del presente trabajo.

# GEOLOGIA REGIONAL

El municipio de Canatlán, Durango se encuentra localizado en el Bolsón de Guatimapé aproximadamente a 80 km

al norte de la ciudad de Durango sobre la carretera federal 39, en la extensión noroeste del Valle del Guardiana, altiplano que bordea el flanco oriental de la Sierra Madre Occidental (Figuras 1 y 2)

Dos fallas normales paralelas al rumbo de las laderas de las montañas bordean el Valle de Guatimapé formando una estructura tipo graben. Al centro se encuentra la Laguna de Santiaguillo, alimentada por el agua que escurre de las montañas y la de lluvia.

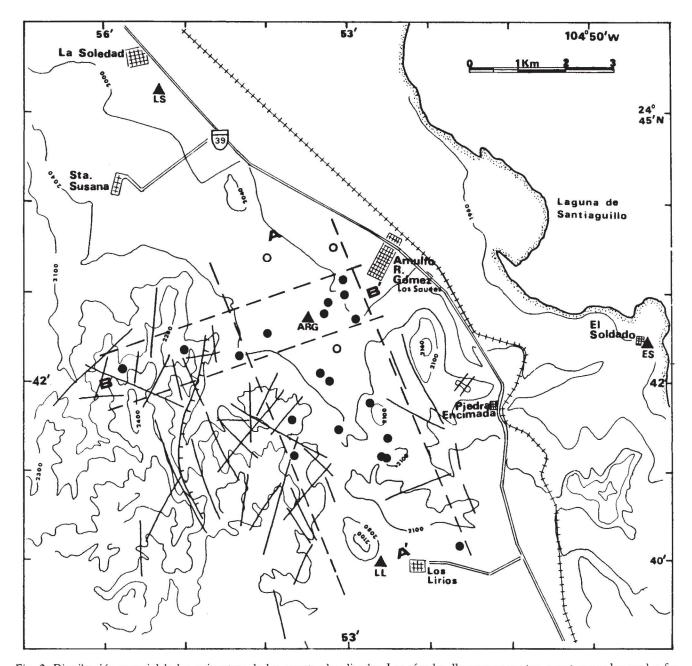


Fig. 2. Distribución espacial de los epicentros de los eventos localizados. Los círculos llenos representan eventos para los cuales fue posible calcularles la profundidad focal. Círculos vacíos: eventos con la profundidad restringida arbitrariamente a 1 km. Triángulos llenos representan estaciones sismológicas. Las líneas punteadas denotan las franjas de actividad mencionadas en el texto. Las fallas geológicas mostradas son tomadas de la Carta CANATLAN (DETENAL, 1978).

De acuerdo con Albritton (1958) tres provincias físiográficas convergen en el área del Valle del Guardiana, cada una con sus propios rasgos característicos. Las tierras altas del Oeste del Valle son parte de la Sierra Madre Occidental, las del Sur pertenecen a la Mesa Central en tanto que el Valle mismo es parte de la Mesa del Norte.

La Sierra Madre Occidental orientada N-NW está formada principalmente por rocas ígneas extrusivas. Se extiende desde la frontera internacional con los Estados Unidos hasta el Eje Neovolcánico. Ordoñez (1936) la describe co-

mo un conjunto de sierras muy próximas entre sí, casi paralelas, separadas por profundos cañones. De Durango hacia la costa presenta un ascenso gradual; su parte superior sin grandes contrastes topográficos se asemeja más bien a un altiplano (López-Ramos, 1982). Burrows (1953) la considera como un "horst" levantado durante el Cretácico Medio sobre la Mesa del Norte a lo largo de fracturas longitudinales. Otros eventos importantes suceden en la segunda mitad del Cenozoico cuando ocurren fallamientos de tipo bloque y la extrusión de grandes volúmenes de lava (~500 m de espesor) durante la transición Cretácico-Terciario

(Smith, 1972). Actualmente al norte de la ciudad de Durango los estratos de la Sierra Madre están en general inclinados ~5° hacia el Este.

La Mesa del Norte es un altiplano (~1960 m sobre el nivel del mar) caracterizado por un alternamiento de sierras y valles con elevación media de 600 a 1000 m sobre el piso, formando cuencas internas llamadas bolsones, estructuras distintivas de esta provincia. Aquí las sierras son espinazos escabrosos y alargados cuya anchura rara vez sobrepasa los 15 km y que son producto de fallas de bloque; quedaron así a partir del Paleoceno, cuando ocurrieron los grandes movimientos tectónicos. Los bolsones fueron rellenados con espesores hasta de 2000 m de material clástico o derrames ígneos durante el Cenozoico (López-Ramos, 1982).

El Valle del Guadiana es la llanura aluvial más importante de la zona (~700 km2); sus partes altas están constituidas principalmente de rocas piroclásticas, las bajas están cubiertas por la formación Guadiana, depósitos pleistocénicos de aluvión que consiste de grava gruesa, guijas de lava y toba derivadas de las sierras circundantes. Esta unidad está ampliamente distribuida y forma el relleno de los grábenes de la Laguna de Santiaguillo y del río San Juan. Su espesor es variable desde unos cuantos centímetros hasta decenas de metros (Córdova, 1987).

# OBSERVACIONES DE LOS MICROTEMBLORES

El trabajo de campo se dividió en dos partes. En la primera se instaló una sola estación (ARG) cerca de la población Arnulfo R. Gómez (ver Figura 2), lugar en que los temblores habían sido reportados con mayor intensidad. La estación operó del 17 al 21 de abril de 1972 con algunas breves interrupciones de registro. En la Figura 3 se muestra un sismograma típico obtenido en esta fase del trabajo de campo.

El equipo empleado consistió en un sismómetro vertical de un segundo de periodo libre conectado a un registrador Kinemetrics PS-1. Se operó con una amplificación aproximada de 200 k a un segundo y una velocidad de registro de 60 mm por minuto.

En las 54 horas efectivas de registro 106 microtemblores con magnitudes entre -0.6 y 2.4 fueron identificados en los sismogramas. Varios otros con magnitudes menores también fueron registrados, pero con una sola estación es difícil diferenciarlos del ruido y otras señales espurias. Estos primeros eventos no fue posible localizarlos; sin embargo, el intervalo S-P de la mayor parte de los eventos es cuando más de un segundo, indicando que se originaron dentro de un radio de aproximadamente 8 km de la estación ARG.

La segunda parte del estudio se llevó a cabo del 30 de abril al 2 de mayo de 1972. Un total de 4 estaciones fueron instaladas en los ejidos Arnulfo R. Gómez (ARG), Los

Lirios (LL), El Soldado (ES) y la Soledad (LS) (ver Figura 2). Los 4 equipos utilizados son prácticamente idénticos.

El tiempo en el reloj de cada estación fue comparado diariamente con la señal de radio transmitida por la estación WWV. Se estima que el error en la medida de los tiempos de arribo de la onda P no excede  $\pm$  0.1 segundo.

En 68 horas de registro, se identificaron 63 temblores con magnitudes entre -0.9 y 1.1. En esta segunda parte de observación no se registraron eventos mayores de 1.1, esto es, los eventos más grandes se produjeron al inicio de la secuencia y fueron seguidos por numerosos temblores pequeños.

La mayor parte de los eventos muestran un intervalo S-P del orden de 1 segundo aproximadamente, indicando de nuevo que se originaron dentro de una área muy restringida.

En el primer periodo de observación se registraron aproximadamente un promedio de 47 eventos/día y en el segundo disminuyó a 24 eventos/día.

# CALCULO DE LOS HIPOCENTROS Y MAGNITUDES

En la Tabla 1 se lista el modelo de estructura empleado en el Programa HYPO71PC (Lee *et al.*, 1985) para la localización de los hipocentros. El modelo fue obtenido por Meyer *et al.* (1961) en un estudio de refracción sísmica llevado a cabo al sur de la ciudad de Durango.

En la Tabla 2 se listan las coordenadas epicentrales, profundidad del foco y la magnitud de los 22 eventos susceptibles de localización. Arribos de P y S fueron utilizados. Para los casos en que se disponía solamente de tres arribos, la profundidad focal fue fijada arbitrariamente a un kilómetro.

El error cuadrático medio (RMS) de los residuos para arribos de onda P en promedio resulta ser de 0.13 seg. Los residuos promedio observados en las estaciones LS, ARG, ES y LL fueron de 0.12, -0.05, 0.15 y 0.06 segundos respectivamente. La calidad de las localizaciones de acuerdo con el criterio de HYPO71 puede resumirse en: 4 eventos de calidad B, 15 de C y 3 de D. Así, se estima que el error en el cálculo de la posición horizontal de epicentro del 70% de los eventos es menor o igual a 2.5 km y de 5 km aproximadamente en la profundidad. Los temblores más superficiales presentan mayor incertidumbre.

Las magnitudes de los temblores fueron calculadas con la expresión empírica que relaciona la magnitud con la duración del temblor propuesta por Langenkamp *et al.* (1974):

$$Mc = -1.9 + 2.0 \log_{10} D$$

donde Mc es la magnitud y D la duración del temblor medida en segundos. Se justifica el uso de esta fórmula porque fue obtenida con el mismo tipo de instrumento uti-

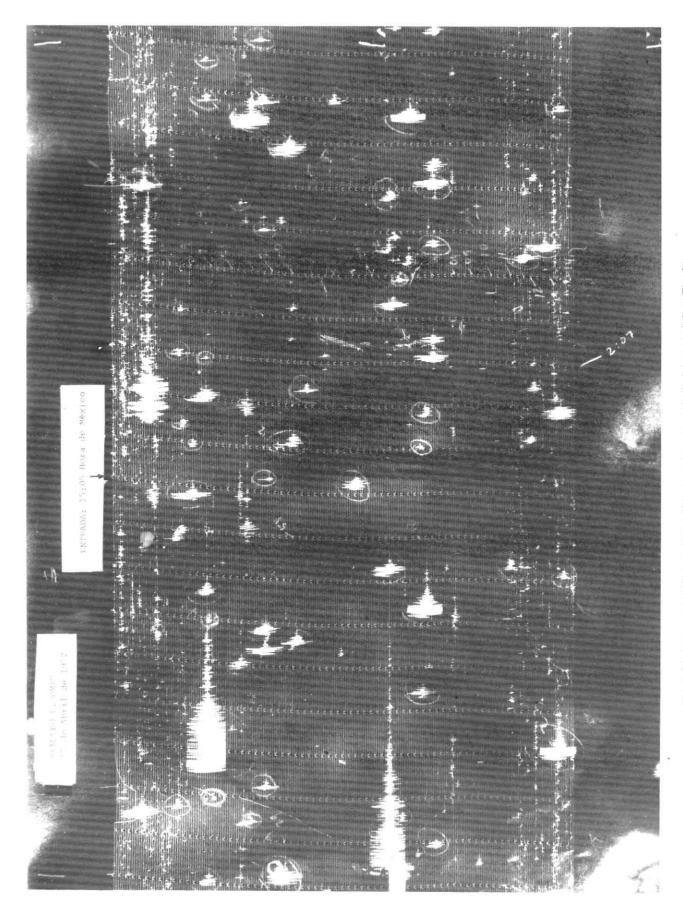


Fig. 3. Sismograma del 17 de abril de 1972 obtenido en Arnulfo R. Gómez (ARG en Fig. 2.)

Tabla 1

Modelo de estructura

Velocidad de Onda P	Profundidad (km)
3.00 km/seg	0.00
4.95	0.75
6.01	4.20
8.38	37.50

<sup>\*</sup> Meyer et al., 1961.

lizado en el presente estudio y dentro de aproximadamente el mismo rango de magnitudes. Las magnitudes anotadas en la Tabla 2 fueron calculadas con la estación LL.

### AREA AFECTADA

Paralelo al registro instrumental se hizo una inspección visual de las edificaciones de los poblados cercanos al área epicentral, para observar los daños producidos por los temblores según habían sido reportados. Por la información que pudimos recabar, el evento o los eventos principales de esta secuencia se produjeron el día 18 de marzo de 1972. Desgraciadamente, no se tiene registro gráfico de estos eventos.

Las manifestaciones de los temblores en el área epicentral de acuerdo con los lugareños puede resumirse de la siguiente manera:

Se golpearon las botellas que estaban en los estantes, las pesas de las básculas, los cilindros de gas y las cadenitas con que se apagan los focos. Crujieron las vigas de los techos de las casas y los mostradores de las tiendas. Se cayeron algunas imágenes que estaban en repisas. Los eventos fueron sentidos por prácticamente todos los habitantes de los ejidos La Soledad, Sta. Susana, Arnulfo R. Gómez y otros ranchos que están cerca de la Laguna de Santiaguillo. Las personas salieron asustadas a las calles. Se produjeron algunas fisuras en casas construidas de adobe. Se escucharon ruidos subterráneos descritos como galopar de caballos. Estos datos sugieren que las máximas intensidades fueron del orden de IV (M.M) en el área epicentral.

Por otro lado, de la Figura 2 puede estimarse el radio aproximado de perceptibilidad, que resulta ser de aproximadamente 7.0 km.

En la Tabla 3 se listan los temblores que fueron sentidos durante el estudio de campo. Estos se sintieron en forma de rápidas sacudidas.

Finalmente, al charlar con los moradores de la zona nos enteramos qué actividad sísmica como la que nos ocupa ha ocurrido con cierta frecuencia en el pasado.

### DISCUSION Y CONCLUSIONES

La distribución espacial de los epicentros de los microsismos se muestra en la Figura 2. Los epicentros se concentran en dos estrechas franjas lineales (A-A' y B-B') orientada una N21°W y la otra N71°E aproximadamente ortogonal a la primera. A-A' mide aproximadamente 2.7 km de ancho por 7.2 km de largo, en tanto que B-B' mide 1 km por 5.4 km. Los eventos se localizan entre el flanco oriental de la Sierra de la Magdalena y la Laguna de Santiaguillo.

La disposición de las franjas sugiere la presencia de un sistema de fallas activas conjugadas. En particular la franja más activa (A-A') podría correlacionarse con algún segmento de las antiguas fallas orientadas NNW asociadas con la Sierra Madre Occidental. Desafortunadamente, la información no permite obtener soluciones del mecanismo de falla para corroborar o desechar esta posibilidad.

Por otro lado, la distribución de epicentros no se correlaciona claramente con las fracturas y fallas mapeadas en las cartas geológicas de la región (DETENAL, 1978) sugiriendo que probablemente están asociadas con fallamientos que subyacen a los sedimentos.

Para analizar esta última posibilidad, secciones en dirección NS a los 104°53'W y EW a los 24°42'N mostrando la distribución de los hipocentros con la profundidad han sido dibujadas. La Figura 4b muestra la sección NS para todos los eventos localizados. Los hipocentros están distribuidos más o menos homogéneamente entre 1 y 4 km de profundidad, siendo 5.5 km la mayor profundidad observada. En la Figura 4c se incluyen únicamente los eventos contenidos en la franja A-A' (ver Figura 2); prácticamente la misma disposición persiste en particular para aquellos eventos con profundidad del orden de 1 km.

La Figura 5b muestra la distribución de los hipocentros con la profundidad en la dirección EW. De nuevo se observa un aglutinamiento casi horizontal de focos a una profundidad de 1 km aproximadamente, que podría marcar el contacto entre los depósitos de aluvión y el basamento. Se observa también un aparente alineamiento de focos que se hacen considerablemente más profundos hacia el Este, con una pendiente bastante pronunciada (~48°). Este ángulo sin embargo debe ser tomado con reservas, debido a la gran incertidumbre involucrada en el cálculo de la profundidad focal de los eventos. Esta tendencia de cualquier manera podría estar relacionada con fracturamientos en los estratos que conforman la Sierra Madre Occidental. Se observa, por

Tabla :	2	
Lista de eventos	localizados	

Νō	Fecha 1972	Hora Origen H-M-S	Epicentro Lat.24 <sup>0</sup> + Long. 104 <sup>0</sup> +	Prof. Foco	Mag Mc	RMS	Calidad	Nº Arribos
1	30 ABR 72	05-10-38.68	43.38'N 54.00'W	1.0 R	-0.09	0.25	С	3
2	30 ABR 72	06-26-04.55	42.88'N 53.27'W	3.66	0.18	0.10	В	7
3	30 ABR 72	23-06-24.64	42.69'N 52.92'W	5.55	0.26	0.37	С	8
4	01 MAY 72	01-25-17.44	42.07'N 53.36'W	0.90	0.18	0.09	D	5
5	01 MAY 72	02-36-52.1	42.98'N 53.04'W	1.51	0.89	0.12	С	5
6	01 MAY 72	02-51-30.25	42.74'N 53.31'W	1.10	1.08	0.12	В	6
7	01 MAY 72	02-52-16.0	40.17'N 51.65'W	0.8	0.29	0.11	D	5
8	01 MAY 72	10-13-08.78	42.51'N 54.00'W	0.89	-0.09	0.13	С	6
9	01 MAY 72	15-26-34.26	43.12'N 53.07'W	2.26	0.89	0.22	С	6
10	01 MAY 72	22-03-08.79	43.48'N 53.18'W	1.0 R		0.17	С	3
11	01 MAY 72	22-11-29.09	42.29'N 54.34'W	3.08	0.26	0.08	В	7
12	02 MAY 72	00-13-06.95	41.57'N 53.71'W	0.78	0.78	0.10	С	6
13	02 MAY 72	00-17-36.93	42.36'N 53.18'W	1.0 R	-0.5	0.08	С	4
14	02 MAY 72	00-31-49.94	42.00'N 53.24'W	2.59	-0.09	0.05	С	5
15	02 MAY 72	05-48-07.25	41.16'N 53.69'W	4.19	-0.5	0.03	С	5
16	02 MAY 72	06-38-13.48	42.34'N 55.03'W	2.37	-0.21	0.06	С	5
17	02 MAY 72	08-19-20.89	42.12'N 55.79'W	0.8	-0.34	0.14	D	5
18	02 MAY 72	09-31-09.68	41.17'N 52.61'W	0.7	0.01	0.23	С	5
19	02 MAY 72	12-30-05.98	41.13'N 52.57'W	1.36	-0.69	0.15	С	6
20	02 MAY 72	12-37-38.52	41.34'N 52.53'W	0.8	-0.34	0.06	С	6
21	02 MAY 72	12-51-23.04	41.44'N 53.15'W	2.86	-0.69	0.07	С	4
22	02 MAY 72	12-52-30.26	41.77'N 52.75'W	1.29	-0.34	0.21	С	4

- Fecha y hora origen en Tiempo Medio de Greenwich (GMT).
- R en columna Prof. Foco significa que la profundidad focal permaneció fija (1km) durante el cálculo.
- Calidad de localización: B,C ó D de acuerdo a convención de HYPO71PC (Lee et al., 1985).
- Magnitudes (Mc) estimadas con la estación Los Lirios.

otro lado, un claro alineamiento casi vertical de focos que sugiere que estos eventos ocurren a lo largo de un segmento de falla vertical asociado con el graben de Guatimapé.

En la Figura 5c se han incluido únicamente los eventos localizados en la banda B-B' (ver Figura 2). Aunque con menos claridad, se siguen observando los mismos rasgos generales que en la Figura 5b.

En relación con los eventos más importantes reportados el día 18 de marzo de 1972, y que desafortunadamente carecen de registro instrumental, es posible estimar su magnitud utilizando como dato el área dentro de la cual fueron sentidos. De la Figura 2 puede verse que el radio de perceptibilidad de los eventos mayores fue de aproximadamente 7 km. Utilizando la fórmula propuesta por Nuttli (1974):

 $m_b = 2.65 + 0.098f + 0.054f^2$ 

Tabla 3			
Eventos sentidos durante el trabajo de campo			

Fecha (GMT)	Hora (GMT)	Magnitud (Mc)	Intensidad (MM)
Abril 18, 1972	01 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	2.14	Sentido II-III en Arnulfo R. Gómez Sentido III en Arnulfo R. Gómez
Abril 19, 1972	02 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>	1.74	Sentido II-III en Arnulfo R. Gómez

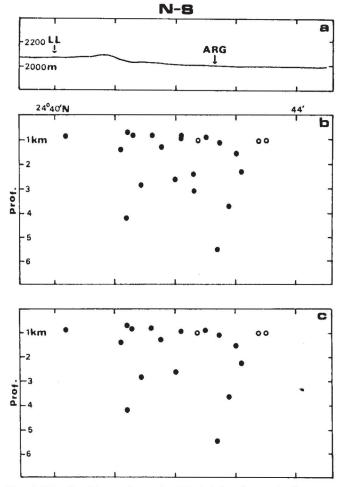


Fig. 4. Distribución con la profundidad de los focos sísmicos a lo largo de un perfil NS a los 104°53'W. Círculos llenos y vacíos representan eventos como en Fig. 2 (a) perfil topográfico, (b) todos los eventos incluidos, (c) únicamente los eventos contenidos en la franja A-A' de la Fig. 2.

donde f es el logaritmo del área de perceptibilidad (154 km²), el o los eventos principales del 18 de marzo probablemente tuvieron una magnitud (m<sub>b</sub>) del orden de 3.1. Este valor es congruente con el que se obtiene utilizando la relación entre magnitud y máxima intensidad propuesta por Richter (1958).

Finalmente, es notable que la franja más activa A-A', coincide con el área en donde, de acuerdo con las notas periodísticas, los temblores fueron sentidos con mayor intensidad.

# **AGRADECIMIENTOS**

El autor desea expresar su agradecimiento a las autoridades del Estado de Durango por las facilidades brindadas durante el trabajo de campo; a Reynaldo Mota por su colaboración en el análisis de los datos; a Leticia Elizalde por su paciencia en el mecanografiado del manuscrito, y a los revisores anónimos por sus valiosas sugerencias.

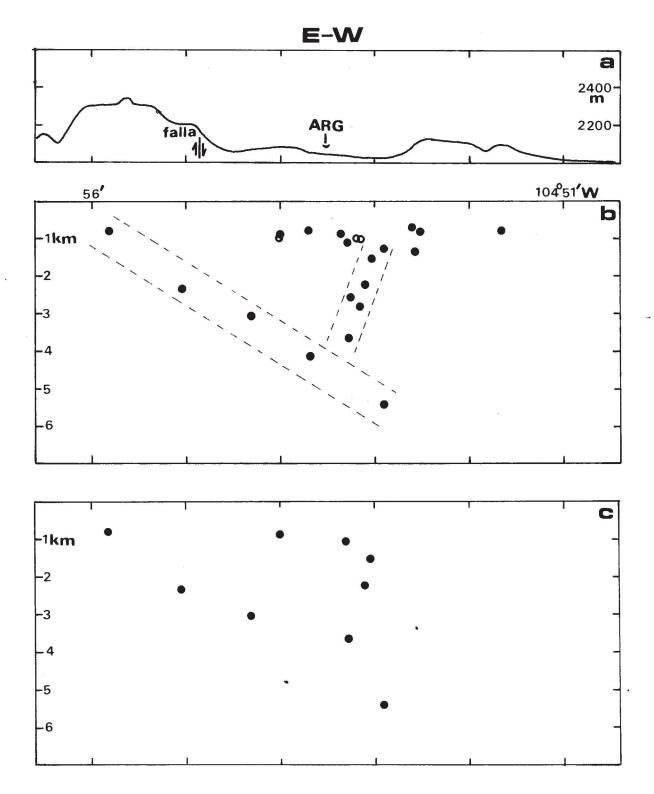


Fig. 5 Distribución con la profundidad de los focos sísmicos a lo largo de un perfil EW a los 24°42'N (a) perfil topográfico (b) todos los eventos incluidos (c) únicamente los eventos contenidos en la franja B-B' de la Fig. 2. Las líneas punteadas muestran posibles alineamientos de focos. Círculos llenos y vacios como en la Fig. 2.

### **BIBLIOGRAFIA**

- ALBRITTON, C. C., 1958. Quaternary Stratigraphy of the Guadiana Valley, Durango, Mexico. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 69, 1197-1216.
- BURROWS, R. H., 1953. Evolution of the Western Sierra Madre of Mexico. 7th Pacific Sci. Congr. Proc., 2, 82-91.
- CARTA GEOLOGICA DE LA REPUBLICA MEXICANA, 1976. Escala 1:12,000,000.
- CORDOVA MENDEZ, D. F., 1987. Estratigrafía de las Rocas Volcánicas de la Región entre Sierra de Gamón y Laguna de Santiaguillo, Estado de Durango. Instituto de Geología, UNAM. Reporte Interno, 36.
- DETENAL, 1978. Carta Geológica CANATLAN Y GUATIMAPE. Escala 1:50,000.
- FIGUEROA, J., 1959. Carta Sísmica de la República Mexicana, *Anal. del Inst. de Geof.*, 5, 45-162.
- LANGENKAMP, D. y J. COMBS, 1974. Microearthquake Study of the Elsinore Fault Zone, Southern California, *Bull. Seism. Soc. of Amer.*, 64, 187-203.
- LEE, W. H. K. y C. M. Valdés, 1985. A personal Computer Version of the HYPO71 Earthquake Location Programa Open-File Report 85-749, Menlo Park, CA.
- LOPEZ RAMOS, E., 1982. Geología de México. Tomo II, 106-186.

- MEYER, E. P., J. S. STEINHART y G. P. WOOLLARD, 1961. "Central Plateau of Mexico, 1957". *En:* Explosion Studies of Continental Structure, Carnegie Institution of Washington, Pub. N° 622, Washington, D.C., 199-225.
- NUTTLI, O. W. y J. E. ZOLLWEG, 1974. The Relation Between Felt Area and Magnitude for Central United States Earthquakes., *Bull. Seism. Soc. of Amer.*, 64, 73-85.
- ORDOÑEZ, E., 1936. Physiographic Provinces of Mexico. Amer. Assoc. Pet. Geologist. Bull., 20, 1277-1307.
- RICHTER, C. F., 1958. Elementary Seismology W.H. Freeman p. 353.
- SMITH, D. M., 1972. Comentario sobre la Geología Histórica de la Parte Central de la Sierra Madre Occidental y sobre la Nueva Tectónica Global. Mem. II Conv. Nal. Soc. Geol. Mex., Mazatlán, Sin., 242-243.
- YAMAMOTO, J., 1973. La Secuencia de Temblores de Marzo, 1972 en Canatlán, Durango, Mem. Reunión Anual de la UGM, Ensenada, B.C., mayo 20-junio 3, p. 24

Jaime Yamamoto
Instituto de Geofísica, UNAM.
Circuito Exterior,
Del. Coyoacán, 04510 México, D.F.,
México.