

ESTUDIO MACROSÍSMICO DEL TEMBLOR DE COLIMA (M_w 5.3) DEL 6 DE MARZO DEL 2000

Vyacheslav M. Zobin¹, Gabriel A. Reyes-Dávila², Luz María Pérez-Santa Ana¹, Carlos A. Ramírez-Vázquez² y J. Francisco Ventura-Ramírez³

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima

² Centro Universitario de Investigaciones en Ciencias Básicas, Universidad de Colima
Colima, Col., 28045, México

³ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Colima
Coquimatlán, Col., 28000, México

RESUMEN

El mecanismo focal del sismo del 6 de Marzo, 2000, de magnitud M_w 5.3 ocurrido a las 22:32 (Hora Local, ó 7 de Marzo, 04:32 UT) en Colima, México, en la parte oeste del Sistema de fallas del Sur de Colima (SFSC), acompañado de numerosas réplicas, corresponde a una falla de tipo normal. Este sismo es el primer evento cortical (profundidad del foco 6 km) de esta magnitud registrado por la red sismológica RESCO dentro del SFSC desde el inicio de las investigaciones regionales de sismicidad en 1989.

Para realizar el estudio macrosísmico del temblor, se entrevistaron a cerca de 200 personas que lo sintieron en casas situadas en 54 ciudades y pueblos de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán. El campo macrosísmico del temblor está representado por tres zonas, de intensidades 5, 4 y 3. La zona de intensidad 5, abierta hacia el océano, tiene un área cercana a 50x50 km, con epicentro en el centro. Dicha área incluye la ciudad de Manzanillo en su porción costera. La zona de intensidad 4 incluye Colima y Tecomán, dos de las ciudades más grandes del estado. El área de la zona de intensidad 5 de nuestro evento ajusta bien con el valor de magnitud M_b 5.0 del evento, según la relación empírica de Suter *et al.* (1996).

INTRODUCCIÓN

El estado de Colima está ubicado en una región estructuralmente compleja (Fig. 1), donde el bloque de Jalisco se separó de la parte continental de México desde el Plioceno y formó grabenes a lo largo de sus fronteras; el graben de Colima, localizado en el norte, es uno de ellos (Rosas-Elguera *et al.*, 1996; Garduño-Monroy *et al.*, 1998). Existe un sistema de fallas al sur del Volcán de Colima, entre el bloque de Jalisco en la parte noroeste, y los bloques de Tuxpan y Tumbiscatio en el este y sureste, respectivamente (Rosas-Elguera *et al.*, 1996; Garduño-Monroy *et al.*, 1998). Este sistema de fallas está limitado por la Falla Tamazula (TF) del lado del Bloque de Jalisco y por la Falla 1 (F1) del Bloque de Tumbiscatio (Fig. 1). La discusión sobre la naturaleza de ese sistema está abierta (Garduño-Monroy *et al.*, 1998; Bandy *et al.*, 1995), por lo que en este trabajo nombramos al sistema, simplemente como el Sistema de Fallas del Sur de Colima (SFSC).

La Figura 2 muestra la distribución de los epicentros de los sismos corticales (la profundidad de 0 a 35 km) con magnitud M_c ≥ 4.0 registrados por la red sismológica regional RESCO entre 1989 y el 2000. Se puede ver que los epicentros forman una estructura lineal en la parte oeste del SFSC, paralela a la Falla Tamazula, lo que sugiere una relación con las fallas locales.

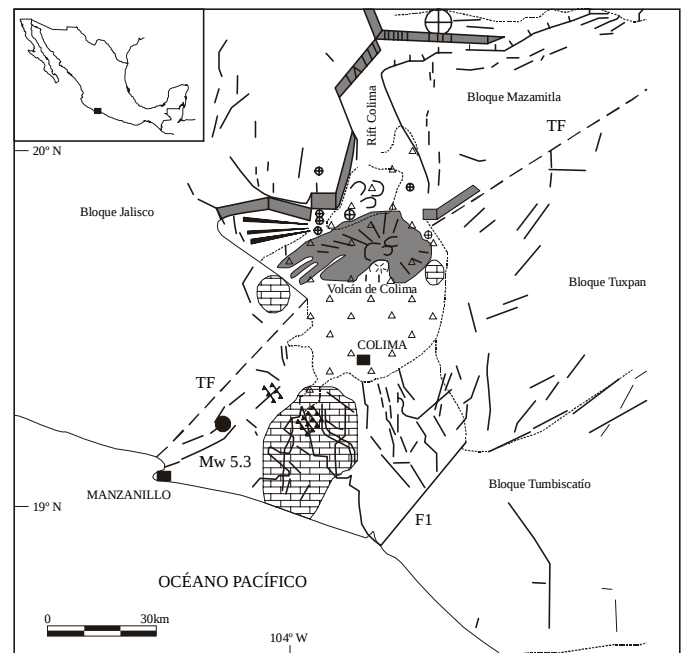


Figura 1. Mapa estructural de la zona del complejo volcánico de Colima (modificado de Garduño-Monroy *et al.*, 1998). Las líneas muestran fallas tectónicas; la zona de avalanchas del Volcán de Colima se muestra con triángulos; los afloramientos de caliza se muestran con pantalla de ladrillos; el epicentro del temblor del 6 de marzo del 2000 se muestra con el círculo negro. TF es la Falla Tamazula, F1 es la Falla 1. Los círculos con cruz representan volcanes monogénicos.

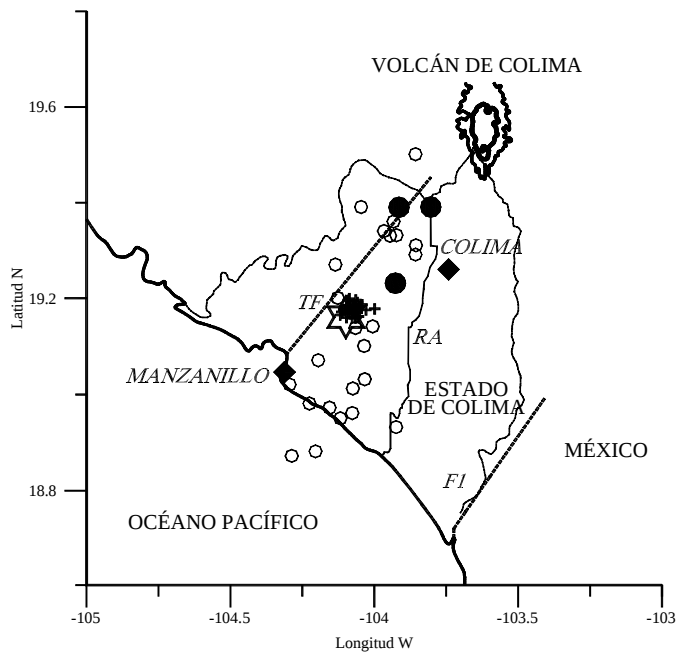


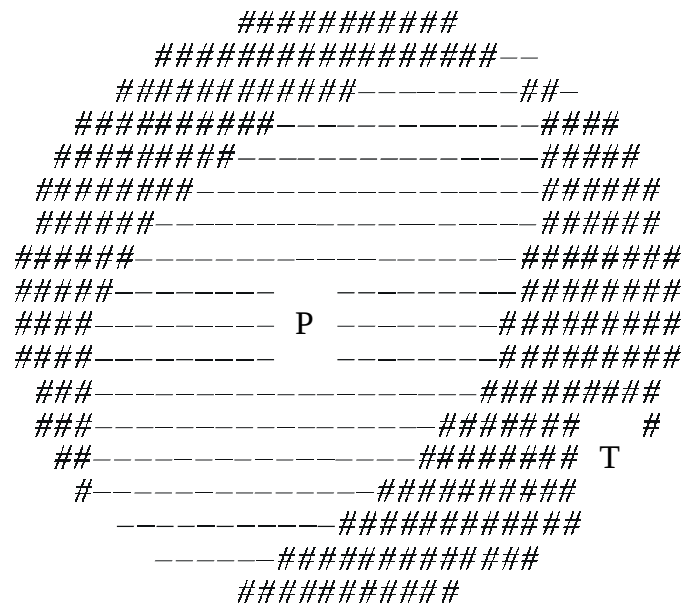
Figura 2. Epicentros de sismos corticales con magnitud mayor que 4.0 (profundidad 0-35 km) registrados en el estado de Colima por la red RESCO entre 1988 y 2000. Los epicentros (círculos abiertos) fueron localizados por la red RESCO. El epicentro del temblor del 6 de marzo del 2000 (M_w 5.3) se muestra con la estrella y sus réplicas con cruces. La Falla Tamazula (TF) y la falla 1 (F1) se indican con líneas puntuadas, y las ciudades se muestran con los rombos negros. RA es el Río Armería.

El sismo del 6 de Marzo del 2000 de magnitud M_w 5.3 (M_b 5.0, M_s 4.7) ocurrió en la noche, a las 22:32 (Hora Local) ó 7 de Marzo (04:32 UT) en el estado de Colima, México (Figs. 1 y 2) en la parte oeste del SFSC, dentro de la zona epicentral mostrada en la Figura 2. Sus coordenadas son 19.160° N de latitud y 104.095° W de longitud. Este sismo fue el primer evento cortical (profundidad del foco 6 km) de esta magnitud registrado dentro del SFSC desde el inicio de las investigaciones regionales de sismicidad en 1989 (Castellanos y Jiménez, 1995) y su mecanismo focal corresponde a una falla normal (Fig. 3). Durante los primeros 10 días después del evento mayor, fueron localizadas 56 réplicas de magnitud entre 2.8 y 3.5, a profundidades entre 2 y 20 km. Las réplicas se localizan al norte del epicentro de evento principal y ocupan un área de 5 x 7 km (Fig. 2).

El objetivo de este artículo es presentar un estudio macrosísmico del temblor.

ESTUDIO MACROSÍSMICO

El estudio macrosísmico del temblor fue iniciado a una semana del evento y concluyó tres semanas después. Hicimos cerca de 200 entrevistas a personas que lo sintieron en casas situadas en 54 ciudades y pueblos de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán (167 entrevistas personales y 17 por teléfono). El cuestionario se basó en la escala de intensidad Mercalli Modificada (MM). Para tener datos uniformizados, entrevista-



7 de Marzo, 2000, Jalisco, México, $M_w=5.3$
Tomado del catálogo de Centroides de Harvard
(N. Maternovskaya y G. Ekstrom)
Datos usados: GSN
Ondas de cuerpo de periodo largo: 23s, 36c, T=45
Ondas de manto: 11s, 13c, T=135
Localización del centroide:
Tiempo de origen 4:32:25.0 0.4
Latitud 19.43° N 0.05; Longitud 103.97° W 0.06
Profundidad fija 15.0; duración media 1.1
Valor escalar del tensor de momento; 10^{24} dina-cm
MRR = -1.25 0.07; MTT=0.53 0.07
MFF = 0.72 0.07; MRT=0.06 0.15
MRF = -0.37 0.15; MTF=0.36 0.09
Ejes principales:
1. (T) VAL = 1.02; PLG = 7; AZM = 125
2. (N) 0.30; 9; 34
3. (P) -1.32; 78; 250
Mejor solución de par doble:
 $M_0 = 1.2 \times 10^{24}$
NP1: rumbo=225; echado=39; deslizamiento=-75
NP2: 26; 52; -102

Figura 3. La solución del tensor de centroide-momento (Maternovskaya y Ekstrom, 2000). P=eje de compresión, T=eje de extensión.

mos a personas que habitan en casas de un nivel, construidas sin diseño sismorresistente especial (Mampostería tipo B ó C, según la clasificación de Zobin y Ventura-Ramírez, 1999). Para cada sitio fue tomada una intensidad promedio sin corrección por tipo de mampostería o condiciones de suelo. Los valores promedio de intensidad se presentan en la Tabla 1.

La Fig. 4 muestra las isosistas del temblor. El sitio más cercano se localiza a una distancia de 9 km del epicentro. El campo macrosísmico del temblor puede ser representado por tres zonas, de intensidades 5, 4 y 3. La zona de intensidad 5, abierta hacia el océano, tiene cerca de 50x50 km con epicentro en su centro. Esta incluye a la ciudad de Manzanillo en su porción costera. La zona de intensidad 4 incluye a Colima y Tecomán, dos de las ciudades más grandes del estado de Colima.

Tabla 1. Las intensidades del temblor del 6 de marzo del 2000.

Estado de Colima	Intensidad	Distancia, km
Armería	4	28
Colima	4	40
Coquimatlán	4	30
Cuauhtémoc	4	52
Ixtlahuacán	4	42
Jala	4	26
La Esperanza	4	24
Madrid	4	25
Tamala (Aguiles Serdán)	4	40
Tecomán	4	36
Tepames	4	50
Villa de Álvarez	4	39
Agua Zarca	4.5	18
Cerro de Ortega	4.5	60
La Sidra	4.5	15
Manzanillo	4.5	26
Pueblo Juárez	4.5	17
Rincón de López	4.5	21
Tinajas	4.5	55
Camotlán de Miraflores	5	17
Coalatilla (Augusto Gómez Villanueva)	5	18
El Algodonal	5	17
El Colomo (Mpio. de Coquimatlán)	5	9
La Atravesada	5	9
Minatitlán	5	25
Venustiano Carranza	5	17

Estado de Jalisco		
Juchitlán	2	102
La Central (Mpio. de Mazamitla)	2	131
Zacoalco de Torres	2	131
Acatlán de Juárez	2.5	150
Autlán de Navarro	2.5	73
La Garita	3	122
Mazamitla	3	140
Tamazula de Gordiano	3	105
Chamela (José María Morelos)	3.5	128
Barra de Navidad	4	63
Cihuatlán	4	51
Cuautilán de García Barragán	4	43
La Huerta	4	68
Sayula	4	96
Tequesquiltán	4	52
Tuxpan	4	87
Copala	4.5	62
Paso de Alceseca	4.5	44
Perempitz	4.5	45
San Francisco Mazatán	4.5	44
San Gabriel (Venustiano Carranza)	4.5	73
San José del Carmen	4.5	48
Zapotitlán de Vadillo	4.5	52

Estado de Michoacán		
Apatzingán	2	183
Coacomán de Vázquez Pallares	3	107
Aguila	4	88
Maquilín	4	87
Villa Victoria	4	89

En el trabajo de Suter *et al.* (1996) se muestra que para los sismos corticales de las partes este y central de la Faja Volcánica Trans-Mexicana hay una relación entre el área A de una intensidad I y la magnitud Mb del evento. La aplicación de su ecuación de regresión entre estos parámetros indica que el área de la zona de intensidad máxima de nuestro evento ajusta bien con el valor de magnitud Mb 5.0 del evento (Fig. 5).

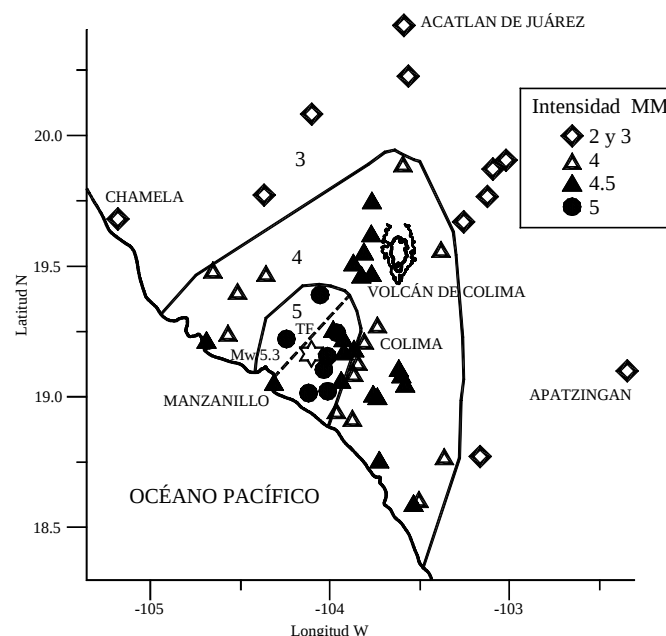
TEMBLOR DE COLIMA DEL 6 (7) DE MARZO DE 2000

Figura 4. El campo macrosísmico del temblor del 6 de marzo de 2000. Los índices 3, 4, 5 indican la intensidad. La Faja Tamazula (TF) se muestra como una línea. Las fronteras entre las zonas de intensidad se muestran con líneas continuas.

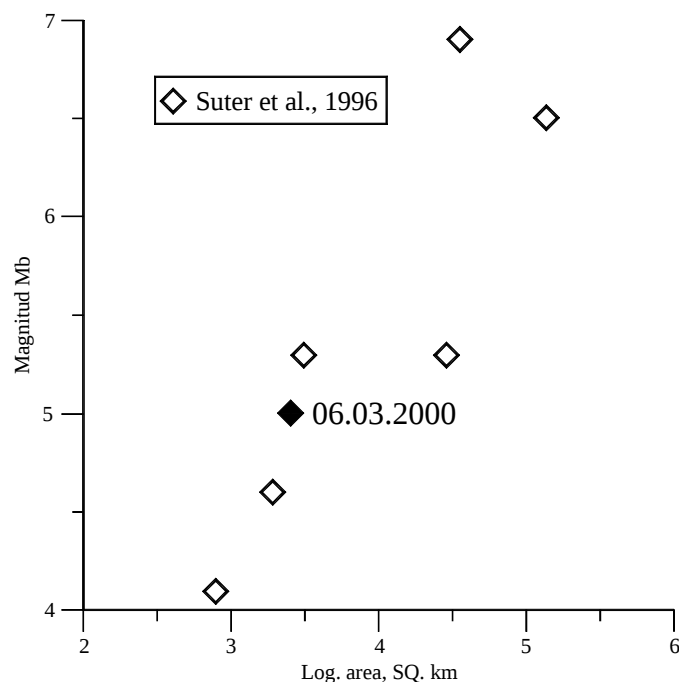


Figura 5. La relación entre el área de una intensidad y la magnitud Mb.

DISCUSIÓN

El temblor del 6 de marzo del 2000 es un evento importante en la vida sísmica del estado de Colima por ser el primer sismo cortical de magnitud 5.3 registrado por la red RESCO en

los últimos 12 años. Al mismo tiempo, puede ser considerado un evento común para la sismicidad cortical de México. Suter *et al.* (1996) publicaron los mapas para ocho temblores corticales ocurridos dentro de las estructuras de la Faja Volcánica Trans-Mexicana desde 1887 a 1989; los eventos tuvieron una magnitud Mb entre 4.1 y 5.3, o sea, cercanas a la magnitud del evento que aquí estudiamos. Dichos temblores producen efectos macrosísmicos con intensidad hasta 7-8 (MM) que es mucho mayor a la intensidad máxima del temblor del 2000. Esto puede estar condicionado por la diferencia en la profundidad de eventos (la mayoría de ellos tienen profundidades mayores a 10 km), o por diferencias en las condiciones físicas de los suelos.

Los movimientos tectónicos a lo largo de las fronteras del bloque de Jalisco tienen gran potencial sismológico. El estudio de los efectos macrosísmicos del terremoto de 1568 (Suárez *et al.*, 1994) que ocurrió en la esquina norte-este del Bloque de Jalisco mostró que dicho sismo produjo daños fuertes en las ciudades de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán. Según los efectos destructivos, se puede estimar que la magnitud del evento de 1568 fue mayor que 7.0.

El temblor del 6 de marzo del 2000 tuvo una magnitud Mw=5.3. Un evento de este tamaño puede ser producido por movimientos a lo largo de una falla de longitud de cerca de 10 km. Entonces, el temblor de 2000 no fue el máximo para la zona epicentral del sistema de fallas Tamazula que tiene la longitud alrededor de 60 km (Ver la Figura 1). Por eso, hay posibilidad de ocurrencia en futuro del terremoto de magnitud 7 en la zona oeste del estado de Colima que puede corresponder de dicha longitud de la falla.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a José Frez por sus comentarios y a Carlos Navarro por sus consultas sobre la geología de la región. Juan Carlos Cerda Chacón, María Jazmín Chávez Álvarez, Laura Yoloxóchitl Hernández Jiménez, Lorena Alejandra García Olea, Armando Téllez Alatorre y Luis Ríos Ruelas participaron en la obtención de datos macrosísmicos.

REFERENCIAS

- Bandy, W.L., Mortera-Gutiérrez, C.A., Urrutia-Fucugauchi, J., 1995. The subducted Rivera-Cocos plate boundary – where is it, what is it and what is its relationship to the Colima rift? *Geophysical Research Letters.*, 22, 3075-3078.
- Castellanos, G. y Jiménez, Z., 1995. *Sismología en Colima*. SEP, México, 107 pp.
- Garduño-Monroy, V.H., Saucedo-Girón, R., Jiménez, Z., 1998. La falla Tamazula, límite suroriental del bloque de Jalisco y sus relaciones con el complejo volcánico de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 15: 132-144.
- Maternovskaya, N. and Ekstrom, G., 2000. The Harvard centroid-moment tensor (CMT) solution for earthquake of March 7, 2000. Harvard CMT Data Base, Internet Page.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Garduño-Monroy, V.H., 1996. Continental boundaries of the Jalisco block and their influence in the Pliocene-Quaternary kinematics of western México. *Geology*, 24, 921-924.
- Suárez, G., García-Acosta, V. and Gaulon, R., 1994. Active crustal deformation in the Jalisco block, México: evidence for a great historical earthquake in the 16th century. *Tectonophysics*, 234, 117-127.
- Suter, M., Carrillo-Martínez, M. and Quintero-Legoretta, O., 1996. Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans-Mexican volcanic belt, México. *Bulletin Seismological Society America*, 86, 1952-1963.
- Zobin, V.M. y Ventura-Ramírez, J.F., 1999. Vulnerabilidad sísmica de edificios residenciales y pronóstico de daños en caso de sismos fuertes en la ciudad de Colima. *GEOS*, 19-3, 152-158.