

REPORTE DE UN ENJAMBRE SÍSMICO DE FEBRERO-ABRIL DE 2004, EN LA BAHÍA DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Mario González E., Sergio Mayer G. y Alfredo Aguirre E.
CICESE-Unidad La Paz. Miraflores 334, Frac. Bella Vista, 230505, B.C.S., México.

E-mail: mgonzalez@cicese.mx

RESUMEN

Entre febrero y abril de 2004 ocurrieron varios sismos 10 km. al noroeste del centro de la Ciudad de la Paz, Baja California Sur, generando alarma entre la población. En virtud que desde 1999 ha estado operando equipo sísmico en la región, fue posible registrar dicha actividad. Se localizaron 27 eventos con magnitudes de hasta 3.3 y profundidades entre 2 y 8 km. La actividad es considerada como enjambre sísmico. Nueve de ellos son de magnitud igual o mayor a 3. La zona epicentral, así como el mecanismo focal compuesto, derivado de primeros movimientos para eventos del enjambre, sugieren que dicha actividad esta asociada a la falla El Carrizal. En los 6 años que se ha estado monitoreando la zona, no se había observado actividad sísmica en esa área. Se estimó el efecto de sitio en una estación aplicando cocientes espectrales entre las componentes horizontales y la vertical del movimiento (H/V), para observar si se presentan amplificaciones del terreno en la ciudad. Las amplificaciones observadas de hasta 3.5 veces, ponen de manifiesto el riesgo potencial de algunas estructuras activas y la importancia de incrementar el monitoreo sísmico regional, así como de realizar estudios de microzonificación sísmica, ya que quedó evidenciada la presencia de amplificaciones dentro de la ciudad ante la acción de sismos. Finalmente, la presencia de actividad sísmica en la vecindad de la zona urbana de La Paz, debe de ser tomada en cuenta cuando se evalué el peligro sísmico en la región.

Palabras clave: Enjambre sísmico, bahía de La Paz.

INTRODUCCIÓN

La región de La Paz – Los Cabos esta localizada en la parte más al sur de la península de Baja California, la cual esta compuesta de un gran bloque central de rocas plutónicas y metamórficas del Mesozoico, que forman la Sierra La Laguna (Fig. 1). El área es cortada por fallas transpeninsulares que controlan la geometría de cuencas cuaternarias y dividen el área en distintos bloques tectónicos. Algunas de las principales estructuras son: Falla El Carrizal; Falla San Juan de los Planes; Falla San Bartolo; Falla San José del Cabo y el lineamiento La Paz (Fletcher y Munguía, 2000).

Hasta antes de 1999 se tenía poco conocimiento de la actividad sísmica en la región de La Paz, B.C.S. (Molnar, 1973; Munguía *et al.*, 1992; 1995; 1997a; 1997b; 2003; González *et al.*, 2000; Fletcher y Munguía, 2000). La Fig. 1 muestra los temblores históricos más fuertes ocurridos en dicha región. El sismo del 30 de junio de 1995 ($M_s=6.2$) y su secuencia de réplicas han sido de los primeros de magnitud intermedia que ocurren en la vecindad de la ciudad de La Paz (Munguía, 1995). El fuerte movimiento producido por el evento principal fue sentido por toda la población. Su epicentro fue localizado alrededor de 50 km al norte de la ciudad. La sacudida del terreno generada fue

sentida también en Cabo San Lucas, San José del Cabo, Ciudad Constitución y Loreto, localizados a distancias de hasta 500 km del epicentro. Dos horas después, una fuerte réplica ($M_s=5.4$) se originó a solo 30 km al sur del sismo principal (Munguía, 1995). Ya que este epicentro se localiza a solo 20 km al norte de la ciudad de La Paz, una fuerte sacudida fue sentida nuevamente (Fig. 1). Desde entonces no ha ocurrido otro sismo con magnitud similar o mayor en la zona. Con estos antecedentes se logró que, a finales de 1999, iniciara su operación una red sísmica en la región La Paz – Los Cabos, con acelerógrafos digitales y sismógrafos analógicos, la cual ha continuando operando hasta la actualidad (González *et al.*, 2000).

Gracias a esta red fue posible registrar un enjambre sísmico que ocurrió entre febrero y abril de 2004 en la zona de la bahía de La Paz. Varios de los sismos fueron sentidos por la población, generando alarma. Su ocurrencia adquiere especial relevancia en virtud de su cercanía con la zona urbana de la ciudad. El objetivo del presente trabajo es el de mostrar la actividad de dicho enjambre y establecer si su presencia está relacionada con alguna falla geológica conocida o con alguna estructura hasta ahora desconocida

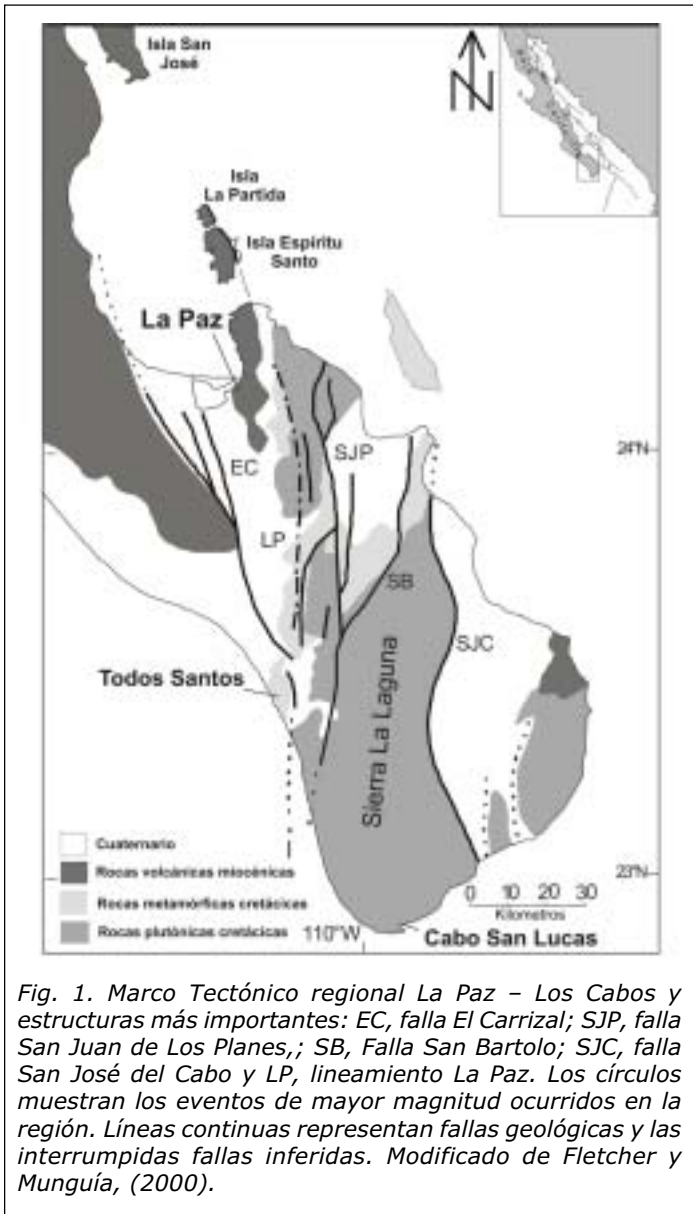


Fig. 1. Marco Tectónico regional La Paz – Los Cabos y estructuras más importantes: EC, falla El Carrizal; SJP, falla San Juan de Los Planes; SB, Falla San Bartolo; SJC, falla San José del Cabo y LP, lineamiento La Paz. Los círculos muestran los eventos de mayor magnitud ocurridos en la región. Líneas continuas representan fallas geológicas y las interrumpidas fallas inferidas. Modificado de Fletcher y Munguía, (2000).

y discutir alguna de sus características.

ESTACIONES Y DATOS

La distribución geográfica de las estaciones sísmicas utilizadas se muestra en el mapa de la Fig. 2. En la fecha de ocurrencia del enjambre se tenían instaladas 11 estaciones; 6 cubrían la región sur de la península y 5 en el área de la Bahía de La Paz. La bahía es la zona mas densamente poblada del Estado de Baja California Sur; allí ocurrió un sismo en 1995, que junto con una de sus réplicas (Fig 2), son los eventos más fuertes ocurridos históricamente en la región (Fletcher y Munguía, 2000). Los nombres y coordenadas de los diferentes sitios de registro se proporcionan en la Tabla 1.

La instrumentación instalada en estos sitios consiste en dos estaciones con grabadoras Kinemetrics Altus K2 acopladas a acelerómetros Episensor y cuatro que

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las estaciones

Estación	Código	Latitud N	Longitud O	Instrumentación
Buena Vista	EBV	23°39.34'	109°42.84'	GRABADORA K2
Capuano	CAD	23°19.07'	109°47.47'	GRABADORA K2
Cardonal	CAR	23°11.49'	109°45.76'	MEQ-800
Manglito	MAN	22°57.17'	109°53.76'	GRABADORA K2
Matancitas	MAT	23°09.16'	110°04.29'	MEQ-800
Pescadero	PES	23°23.56'	110°07.15'	ALTUS K2
Sn J. de la Costa	SJC	24°24.72'	110°42.00'	MEQ-800
CIBNOR	CIB	24°07.74'	110°26.10'	MEQ-800
Isla Partida	IPA	24°03.39'	110°24.00'	GRABADORA K2
Costa Baja	ECB	24°13.26'	110°17.52'	MEQ-800
CICESE-La Paz	CIC	24°07.68'	110°18.42'	ALTUS K2

incluyen grabadoras K2 con acelerómetros internos del tipo FBA-23, cuya frecuencia natural es de 200 y 50 Hz, respectivamente, a un intervalo de muestreo de 200 m/seg. Además, están instaladas cinco estaciones analógicas con sismógrafos Sprengnether modelo MEQ-800, con sensores Kinemetrics SS-1 de periodo corto (1 Hz.) Estos instrumentos registran en papel ahumado la componente vertical del movimiento del suelo.

LOCALIZACIÓN DE EPICENTROS Y CÁLCULO DE MAGNITUDES

Para la localización de los sismos se utilizo el programa HYPOCENTER de Lienert y Havskov (1995), el cual forma parte del paquete SEISAN de Havskov y Ottemöller (1999) , en combinación con el modelo de velocidades de corteza propuesto por Fabriol et al. (1999). Este modelo consiste de cuatro capas sobre un semiespacio con las siguientes velocidades de la onda P y características de espesor respectivamente: 4.0 km/s, 2km; 6.0 km/s, 5km; 6.4 km/s, 7 km; y 6.9 km/s, 10 k. El semiespacio tiene una velocidad de 7.6 km/s. Los eventos localizados ocurrieron entre febrero y marzo de 2004 y no se consideran como indicadores de la sismicidad de fondo de la región, ya que los equipos estaban operando desde tiempo atrás y no se había observado actividad sísmica. Los parámetros hipocentrales estimados son listados en la Tabla 2.

La magnitud local se calcula a partir de las amplitudes máximas medidas en sismogramas Wood-Anderson equivalentes. Estas amplitudes se utilizan en combinación con la relación empírica propuesta para la región La Paz – Los Cabos por González et al., (2003), para el cálculo de la magnitud.

En la Fig. 3 se muestra un mapa con la distribución geográfica de los epicentros determinados (círculos), e incluidos en la tabla 2. Se localizaron un total de 27 eventos. Las profundidades focales varían entre 2 y 8 km. Las magnitudes calculadas a partir de la amplitud para los

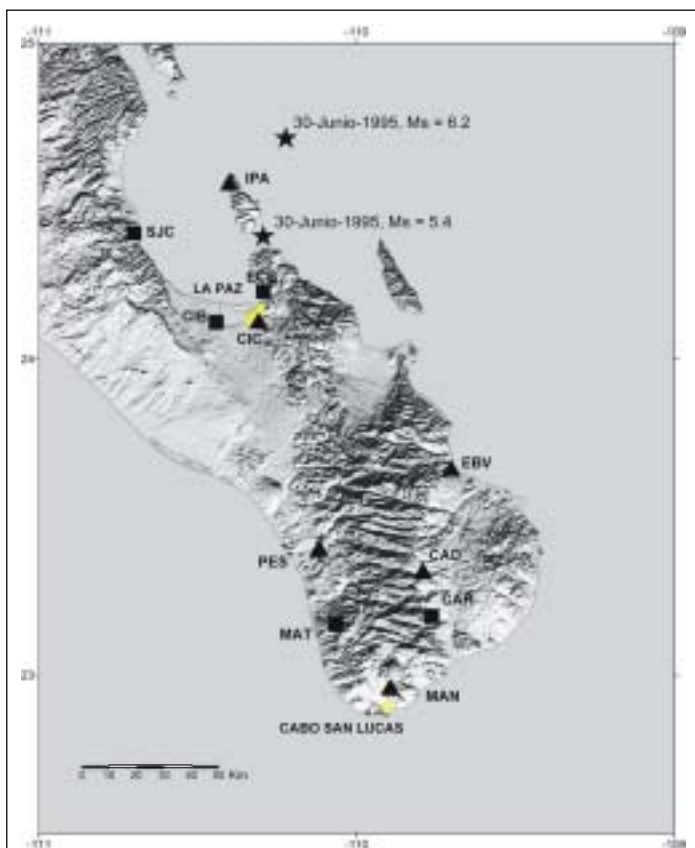


Fig. 2. Distribución geográfica de las estaciones sísmicas al momento de ocurrir el enjambre. En triángulos se presenta el equipo digital y en cuadros el analógico. Las estrellas representan el sismo del 30 de Junio de 1995 ($M_s=6.2$) y su principal ($M_s=5.4$), que son los eventos históricos más fuertes ocurridos en la vecindad de la ciudad de La Paz (Munguía, 1995).

eventos están entre 1.2 y 3.3 grados. Nueve de los sismos son de magnitud igual o mayor a 3. Los mayores movimientos tuvieron una magnitud de 3.3 y fueron sentidos en El Centenario, Chametla y La Ciudad de la Paz, por un gran número de pobladores. El Centenario y Chametla son los lugares conurbanos de la ciudad de La Paz que se localizan más cerca de la zona epicentral (Fig 3). De la Fig. 3 se observa que la sismicidad está muy concentrada en un radio de aproximadamente 6 km. También se puede observar cierta tendencia noroeste-sureste, que coincide, en términos generales, con la dirección de la falla El Carrizal. Esto, en principio, nos hace suponer que dicha estructura es la causante de la actividad sísmica. En los 6 años que se ha monitoreado la región, no se había observado actividad sísmica en ese sector (Munguía *et al.*, 2003).

MECANISMO FOCAL

El primer método práctico para la determinación de la orientación del mecanismo focal basado en la distribución

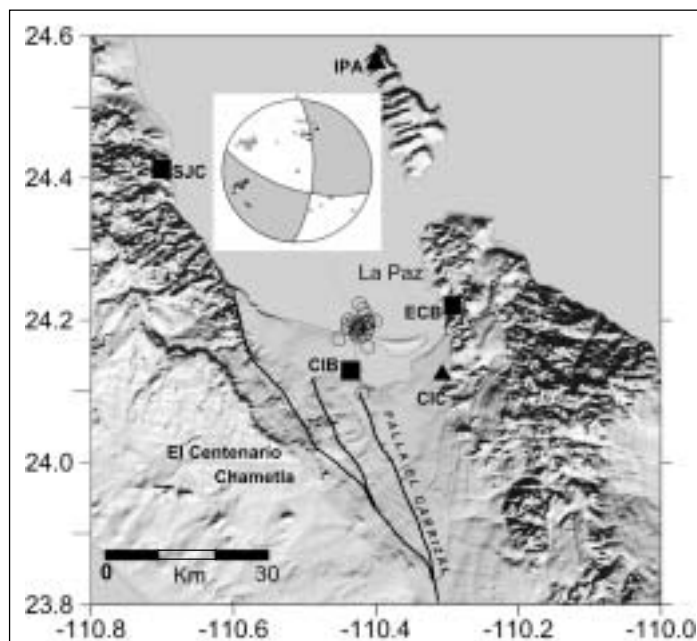


Fig. 3. Distribución de epicentros del enjambre sísmico y su mecanismo focal compuesto, en donde las zonas en gris representan las compresiones y en blanco las dilataciones. La Falla El Carrizal, es asignada con el mismo nombre a las tres fallas que se muestran (Fletcher y Munguía, 2000).

de los signos de la onda P se debe a P. Byerly, y fue desarrollado en una serie de trabajos entre 1926 y 1955. Byerly, basándose en el modelo de Reid, pensó que el movimiento relativo de los lados de una fractura se podía representar matemáticamente por un par de fuerzas en la dirección del movimiento. Con base en la formulación teórica de Nakano, este modelo resulta en una distribución de amplitudes en cuatro cuadrantes separados por dos planos ortogonales, uno de los cuales fue identificado por Byerly como el de la falla. En el estudio del terremoto de Montana de 1925 demostró que las observaciones estaban de acuerdo con la teoría y que se podía, por lo tanto, determinar el plano de falla de un terremoto a partir de ellas. Al considerar solamente el signo de la onda P, los datos son fáciles de obtener y pueden utilizarse observaciones de todo tipo de instrumentos sin que influya apenas su calibración. Se desarrollaron otros métodos (Honda, 1962), haciendo posible la unificación de todos ellos, los métodos gráficos de proyección mostrado por Scheidegger (1957). Actualmente se favorece el uso de la proyección estereográfica del hemisferio inferior de la esfera focal para representar los datos del signo de la P para separar gráficamente los cuatro cuadrantes de compresiones y dilataciones.

El método conocido como el de esfera focal, consiste en observar en muchos puntos de la superficie terrestre (estaciones sísmicas) la dirección del primer impulso de la onda P (compresión o dilatación) Los puntos de observación se proyectan sobre la superficie de una esfera de radio unidad con centro en el foco, o esfera focal, siguiendo la dirección que ha seguido el rayo desde el foco a la estación (Lee y Lahr, 1975; Gubbins, 1990; Lay y Wallace,

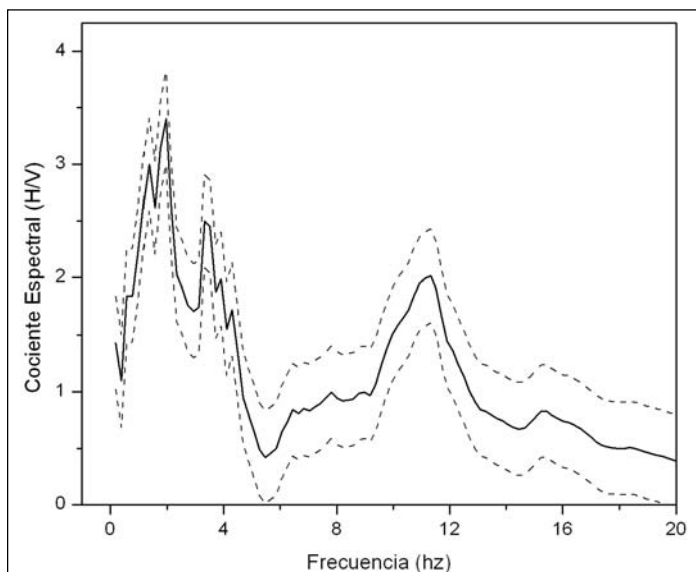


Fig. 4. Promedio ± 1 desviación estándar de los cocientes espectrales Norte y Este respecto a la vertical, para sismos registrados en la estación CIC.

1995; Fowler, 1998, entre otros). Los puntos proyectados sobre la esfera tienen coordenadas, azimut medido desde el Norte y el ángulo de salida del rayo medido desde la vertical. Los valores del ángulo de salida dependen de la distancia epicentral, de la profundidad del foco y de la distribución de la velocidad en el medio por el que viajan las ondas. Una vez determinados los valores del azimut y del ángulo de salida del rayo para cada observación, éstos se sitúan sobre una proyección de la esfera focal. Las proyecciones más usadas son las estereográficas como la de Wulff y la de Schmidt o de igual área. Situadas todas las observaciones sobre la proyección, se separan las regiones de compresiones y de dilataciones en cuatro cuadrantes por dos planos ortogonales. En la proyección, la ortogonalidad se logra haciendo pasar el segundo plano por el polo del primero. Un nuevo desarrollo de este método es el de las soluciones conjuntas (mecanismos focales compuestos) en las que los datos de varios terremotos se presentan en el mismo gráfico. Esta técnica es especialmente útil para el estudio del mecanismo de réplicas y pequeños terremotos y permite establecer una solución para un grupo de sucesos cuando para cada uno de ellos los datos no son suficientes, suponiendo que todos tengan el mismo mecanismo. El método resuelve, sin ambigüedad, la orientación de los ejes de los esfuerzos, pero queda sin resolver en cuál de los posibles planos de falla se ha producido la fractura. En la práctica, para la selección del plano de falla se toma en cuenta el tipo de fallas que existen en la zona de estudio y en caso de que no haya fallas superficiales, se infiere la estructura responsable con base en la tectónica de la región y la geología local.

En el presente trabajo se determinó el mecanismo focal compuesto, empleando la técnica anteriormente descrita. Se graficaron las polaridades de los primeros movimientos de la onda P en una proyección equi-areal del hemisferio inferior de la esfera focal. Únicamente se usó la infamación de los sismos del enjambre y en promedio

se contó con 4 polaridades para la mayoría de los eventos analizados. La combinación de datos dio lugar al resultado incluido en la Fig. 3. De los dos planos nodales, consideramos como el activo al de rumbo N 3° E, el cual coincide con el rumbo de la Falla El Carrizal. Lo anterior nos lleva a considerar que el enjambre sísmico fue generado por dicha estructura. El ángulo de inclinación de dicho mecanismo es 70° al Este, de donde se infiere que el fallamiento es predominantemente de tipo normal, lo cual también es consistente con la Falla El Carrizal. El mecanismo focal concuerda con lo reportado por Munguía *et al.* (2003), para eventos en la bahía de La Paz.

AMPLIFICACION RELATIVA EN UN SITIO UTILIZANDO EL MÉTODO DE COCIENTES ESPECTRALES (H/V)

En los últimos años se han desarrollado técnicas para el análisis del comportamiento de un sitio en particular, ante la acción del movimiento producido por un terremoto. Se sabe que el suelo amplifica el movimiento del terreno y la cantidad de esta amplificación depende de varios factores, incluyendo tipo de roca, espesor de capas, grado de compactación y edad, entre otros. Ya que los efectos de sitio son de gran importancia en el diseño de edificaciones, estos resultan ser un factor importante para la mitigación de desastres de terremotos, de ahí la importancia de conocer su comportamiento ante el movimiento sísmico del suelo.

Existen diversos métodos que se han aplicado para caracterizar la amplificación en un sitio determinado. Aquí utilizaremos el método conocido como *Cociente Espectral H/V*, propuesto por Nakamura (1989) para microtemores y que posteriormente fue extendido para evaluar amplificaciones del terreno debido a terremotos usando ondas S por Lermo y Chávez-García (1993). Estos autores mostraron que es posible estimar el factor de amplificación de un sitio basado en la razón H/V. En muchos casos la curva de la razón espectral exhibe un pico a una frecuencia, la cual es llamada frecuencia fundamental de vibración del sitio. La técnica es utilizada para propósitos geológicos o geotécnicos en áreas urbanas (Giampiccolo *et al.*, 2001). Algunos autores correlacionan las curvas H/V con la distribución de daños para algunos sismos. Otros han realizado microzonificación usando el método de Nakamura y presentan mapas para caracterizar los efectos de la amplificación del suelo en una región dada e incluyen mapas de frecuencia de resonancia y de amplificación como una función del rango de frecuencia, conduciendo a una microzonificación sísmica (Bard y Thomas, 2000). Generalmente los valores de peligro potencial y riesgo sísmico, reflejados en la microzonificación, son apropiados como base para tomar medidas preventivas, en los códigos de construcción, entre otras. El cálculo del riesgo sísmico es un factor importante para la planeación de construcciones, especialmente hospitales, escuelas, plantas generadoras de energía eléctrica, etc., situadas en regiones sísmicas

Para los registros del enjambre sísmico, calculamos los cocientes espectrales de Fourier (H/V) de la onda

Tabla 2. Epicentros localizados del enjambre de febrero-abril de 2004

Fecha AAAAMDD	Tiempo origen HHMMSS	Lat N	Long O	Prof	ML
20040212	194628.7	24.189	110.438	4.8	3.1
20040212	194913.6	24.200	110.438	5.0	2.6
20040221	081144.9	24.173	110.452	6.6	3.0
20040221	081519.3	24.194	110.439	5.8	2.7
20040226	100620.0	24.187	110.428	7.1	1.2
20040227	122135.6	24.185	110.426	8.3	1.9
20040301	110905.7	24.223	110.423	5.1	2.7
20040301	115958.0	24.198	110.410	5.6	1.9
20040301	122938.1	24.199	110.413	6.4	1.4
20040301	125232.2	24.209	110.415	4.9	1.6
20040301	161957.5	24.196	110.413	4.3	3.3
20040304	214922.6	24.190	110.426	5.3	3.0
20040304	220638.1	24.189	110.424	3.6	2.9
20040304	222716.9	24.181	110.428	5.4	3.1
20040304	232407.2	24.177	110.424	3.0	2.8
20040306	164834.6	24.187	110.412	4.9	2.4
20040308	194944.9	24.163	110.411	8.0	3.2
20040308	221458.3	24.197	110.432	7.9	3.1
20040308	222348.5	24.189	110.411	4.8	3.1
20040308	230118.8	24.194	110.427	2.0	2.5
20040309	001825.4	24.193	110.416	6.0	2.7
20040309	202432.9	24.199	110.401	5.1	3.2
20040310	010744.9	24.216	110.418	5.7	2.3
20040310	223554.2	24.097	110.419	8.0	2.4
20040315	155109.6	24.192	110.423	4.0	2.6
20040401	062432.9	24.179	110.417	6.0	2.4
20040419	230704.2	24.189	110.424	6.0	2.5

secundaria para cuantificar la amplificación del movimiento horizontal del terreno utilizando el método de Lermo y Chávez-García (1993). El objetivo es ver si se presentan amplificaciones del terreno dentro de la ciudad de La Paz, ante la acción de sismos. Para esto, utilizamos los registros de la estación CIC, localizada en las instalaciones de CICESE-Unidad La Paz. Dicha estación es la única que se localiza dentro de la zona urbana; los registros de aceleración del terreno a procesar, son los primeros obtenidos en la ciudad.

Para todos los eventos registrados se estimaron los cocientes espectrales de cada una de las componentes horizontales respecto a la vertical. Después, se obtuvo una curva promedio para cada uno de los cocientes y finalmente un solo cociente promedio para el sitio (CIC). En la Fig. 4, se muestra el resultado obtenido para la estación CIC, junto con su desviación estándar. El cociente (H/V) muestra amplificaciones del sitio de hasta 3.5 veces. Se tiene una ventana de frecuencias con mayores amplitudes entre 1.5 y 3.5 Hz, en donde se concentra la frecuencia fundamental del sitio. Otra amplitud significativa se presenta a 11.2 Hz, lo que podría atribuirse al primer modo superior de vibración del sitio. Respecto a esto, podemos decir que los ingenieros constructores deben de tomar en cuenta dicha información, para así evitar que se llegara a presentar el fenómeno de resonancia al construir alguna edificación con una frecuencia natural similar.

El análisis de cocientes espectrales muestra que sí se presentan amplificaciones del terreno en la ciudad ante la ocurrencia de sismos. De lo anterior se desprende la necesidad de efectuar estudios de microzonificación en la Ciudad de La Paz, con el fin de evaluar los diferentes tipos de terreno que la constituyen. Un mejor conocimiento de áreas más propensas a presentar mayores amplificaciones, lo cual implicaría mayor riesgo, contribuiría en evaluaciones de riesgo sísmico en la ciudad. Con todo esto, resulta de gran importancia contar con el apoyo de este tipo de estudios para la planeación y control de asentamientos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Registramos y reportamos un enjambre sísmico ocurrido durante febrero y abril de 2004, a 10 km al noroeste del centro de la ciudad de La Paz, Baja California Sur. Varios de los sismos fueron sentidos por la mayoría de sus pobladores. El registro de dicha actividad sísmica fue posibles porque se cuenta con una red sísmica en la región que opera desde 1999. Se localizaron 27 eventos, cuyas magnitudes oscilan entre 1.2 y 3.3, y profundidades entre 2 y 8 km. Nueve de ellos son de magnitud 3 o mayor. La actividad es considerada como enjambre sísmico. Los epicentros y su mecanismo focal compuesto para los eventos de este enjambre sugieren que dicha actividad es provocada por la falla El Carrizal. Es importante mencionar que en los 6 años que se ha estado monitoreando la región, no se había observado actividad sísmica en esa zona. Un análisis de amplificaciones relativas en una estación acelerográfica localizada en la zona urbana de la ciudad, muestra amplificaciones de hasta 3.5 veces. Con lo anterior queda de manifiesto que en la ciudad se presentan amplificaciones del terreno ante la acción de temblores. De ahí la importancia de realizar estudios de microzonificación, para delimitar las áreas de mayor amplificación dentro de la zona conurbana y ciudad de La Paz. Finalmente, la presencia de actividad sísmica de magnitud mayor a 3 y su cercanía con la zona urbana, es un factor que debe tomarse en cuenta en evaluaciones de peligro y riesgo sísmico en la zona.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro especial reconocimiento al Dr. Guillermo Gutiérrez de CICESE-Unidad La Paz, por el apoyo para el funcionamiento de la red sísmica. Al Dr. Luis Munguía de CICESE por facilitar la instrumentación. A Hernando Torres por el apoyo para el mantenimiento de equipo en una isla. Los autores agradecen al Dr. Juan Martín Gómez González por las revisiones y sugerencias que ayudaron a mejorar sustancialmente el manuscrito.

REFERENCIAS

- Bard, Y. and. Thomas, I., 2000. Wave Motion in Earthquake engineering. E. Kansel and G. D. Monolis (Editors), M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 362 pp.
- Byerly, P., 1926. The Montana earthquake of June 28, 1925, Bulletin of the Seismological Society of America, v. 16, p. 209-265.
- Byerly, P., 1938. The earthquake of July 6, 1934: Amplitudes and first motion, Bulletin of the Seismological Society of America, v. 28, p. 1-13.
- Byerly, P., 1955. Nature of faulting as deduced from seismograms (in Poldervaart, A., ed., Crust of the Earth- a symposium, Special Paper Geological Society of America, p. 75-85.
- Fabrial, H., Delgado-Argote, L.A., Dañoibeitia, J.J., Córdoba, D., González, A., García-Abdeslem, J., Bartolomé, R., Martín-Atienza, B. and Frías-Camacho, V., 1999. Backscattering and geophysical features of volcanic rifts offshore Santa Rosalía, Baja California Sur, Gulf of California, México. Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 93, p. 75-92.
- Fletcher, J. M. and Munguía, L., 2000. Active continental rifting in southern Baja California, México: Implications for plate motion partitioning and transition to seafloor spreading in the Gulf of California. Tectonics, v. 19, p. 1107-1123.
- Fowler, C.M.R., 1998. The Solid Earth, Cambridge University Press, 472 pp.
- Giampiccolo, E., Gresta, S. Mucciarelli, M., De Guidi, G. and Gallipoli, M.R., 2001. Site response in the city of Catania (Eastern Sicily) from microtremor measurements, Annali di Geofisica 44 (1), 1-11.
- González, M. and Munguía L., 2000. Seismicity in the region of La Paz - Los Cabos, Baja California Sur. MARGINS «Rupturing of Continental Lithosphere» Workshop: The Gulf of California Salton Trough, 27-29 October 2000, Puerto Vallarta, México.
- González, M., Vidal, A., Munguía, L., Mayer, S. y Aguirre, A., 2003. Escala de Magnitud Local (ML) para la región La Paz-Los Cabos, Baja California Sur, México. Reunión anual de la Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, Jalisco, 3-7 noviembre de 2003. GEOS, v. 23, no. 2, p. 189.
- Gubbins, D., 1990. Seismology and plate tectonics, Cambridge University Press, 339 pp.
- Havskov, J. and Ottemöller, L. 2001. SEISAN: Earthquake analysis software. Ver. 7.2.
- Honda, H., 1962. Earthquakes mechanism and seismic waves. Journal of the Physics of the Earth, v. 10, 2, 113-119.
- Lay, T. and Wallace, T. C., 1995. Modern Global Seismology, Academic Press, 521 pp.
- Lee, W.H.K. and Lahr, J.C., 1975. HYP071 (revised): a computer program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes. Open-file report, U.S. Geological Survey, 75-311.
- Lermo, J. and Chavez-Garcia, F. J., 1993. Site effect evaluation using spectral ratios with only one station. Bulletin of the Seismological Society of America, v. 83, p. 1574-1594.
- Lienert, B.R. and Havskov, J., 1995. A computer program for locating earthquakes both locally and globally. Seismological Research Letters, v. 66, p. 26-36.
- Molnar, P., 1973. Fault plane solutions of earthquakes and direction of motion in the Gulf of California and on the Rivera Fracture Zone, Geological Society of America Bulletin, v. 84, 1651-1658.
- Munguía, L., 1995. El temblor de La Paz, Baja California Sur, del 30 de Junio de 1995. Informe técnico, CICESE.
- Munguía, L., Gaitán, J., Wong, V. y Mayer, S., 1992. Microsismicidad en la zona de falla La Paz, Baja California Sur, México, Geofísica Internacional, v. 31, no. 3, pp. 279-287.
- Munguía-Orozco, L., Valdez-López, T., Navarro-Sanchez, M., Cruz-Falcón, A. y Mayer-Geraldo, S., 1997a. Red sísmica temporal de La Paz: Boletín de información sísmica (septiembre-Octubre de 1996): GEOS, v. 17, p. 23-28.
- Munguía, L., Cruz, A. and Mayer, S., 1997b. Microearthquake studies in La Paz, Baja California Sur, México, Abstract of the 92 Annual Meeting of the Seismological Society of America, Honolulu, Hawaii, April 9-11, 1997.
- Munguía, L., González, M., Mayer, S., Navarro, M., Aguirre, A. and Valdez, T., 2003. Seismicity and focal mechanisms for the La Paz-Los Cabos, Baja California Sur, México region. A presentarse en la reunión de la Seismological Society of America, Eastern Section, Annual Meeting, 2003. Toronto (October 19-21).
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. Quarterly reports of the Railway Technical Research Institute, Tokyo, 30, 25-33 pp.
- Scheidegger, A.E., 1957. The geometrical representation of fault-plane solutions of earthquakes, Bulletin of the Seismological Society of America, v. 47, p. 89-110.

Recepción del manuscrito: 4 de febrero, 2005
Recepción del manuscrito corregido: 28 de febrero, 2005
Aceptación del manuscrito: 3 de marzo, 2005