

Sismo 8 de abril de 2015, ML=4.2 IMM = III Grupo RESNOM, Época II, 2015

El día 8 de abril de 2015 a las 12:23:13 (19:23:13 UTC), se registró un sismo de magnitud ML = 4.2. La Red Sísmica del Noroeste de México, lo localizó a 6.2 km al norte del poblado Delta y a 11.6 km al suroeste de la ciudad de Mexicali, (latitud: 32.41, longitud:-115.2) a una profundidad de 13 km.

La Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) calculó la magnitud y localizó el epicentro utilizando datos de estaciones sismológicas operadas por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, el Servicio Sismológico Nacional de México y de la Red del Sur de California de Estados Unidos.

Este sismo es asociado a la falla Morelia, la cual se encuentra entre las fallas Cerro Prieto e Imperial. Esta región ha presentado actividad sísmica frecuente, la cual ha sido registrada por RESNOM desde su instalación en 1980 a la fecha.



Figura 1. Mapa Epicentral del Sismo del 8 de abril de 2015 localizado en la falla Morelia.

Marco Tectónico de Baja California

En la región noroeste de México, existe un importante sistema de fallas geológicas que constituyen un segmento activo de la frontera entre las placas tectónicas del Pacífico y Norteamericana e inducen un alto peligro y riesgo sísmico a las poblaciones que circundan al Golfo de California. El estudio del peligro y riesgo sísmico de una región, comprende el estudio y análisis de los aspectos relacionados con la tectónica, el comportamiento de la sismicidad y la posibilidad de que se produzcan daños a causa de esta. En nuestro país se presentan dos importantes zonas de actividad sísmicas generadas por el contacto de placas tectónicas. Por una parte, una zona de subducción que ocurre entre los estados de Colima y Chiapas, y por otra, una zona de transcurrancia y divergencia en el Golfo de California. Por ello, es importante considerar los efectos que puede generar la ocurrencia de un sismo de gran magnitud (ML=8) en estas regiones.

El régimen de esfuerzos tectónicos asociados al sistema de fallas transformadas del Golfo de California ejerce una fuerte influencia sobre las regiones aledañas, dando lugar a la presencia de fallas subsidiarias continentales que ocasionalmente producen sismos que causan daños y alarma en los centros de población. La península de Baja California y la región occidental del Golfo de California forman parte de la Placa Pacífico, la cual se separa de la Placa Norteamericana, con una velocidad de desplazamiento promedio entre 50 y 60 mm por año.

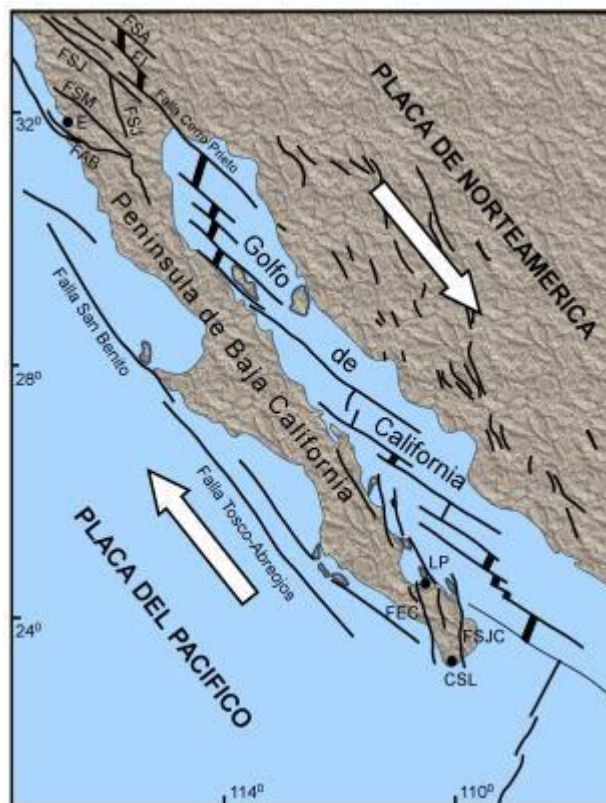


Figura 2. Principales fallas que se encuentran en la región noroeste de México.

La región norte de Baja California está caracterizada por un sistema de fallas que puede generar actividad sísmica con magnitudes por arriba de 6 (Richter), como los sismos que ocurrieron en 1954 (ML= 6.0,6.3) y 1956 (ML= 6.3, 6.8) asociados a la Falla San Miguel, el sismo de 1979 (ML= 6.6) asociado a la Falla Imperial, el sismo de 1934 (ML=7.1) y 1980 (ML=6.1) asociado a la Falla Cerro Prieto y con antecedentes históricos como los sismos de 1852, 1875 y 1891 con magnitudes (Ms) estimadas en 6.3, el sismo del 3 de agosto de 2009 (Mw 6.9) que ocurrió en la región central del Golfo de California, conocido como Canal de Ballenas y como el sismo que ocurrió el 4 de abril de 2010 (Mw 7.2) que se localizó en el extremo sur de la Sierra Cucupah y que afectó severamente el Valle de Mexicali.

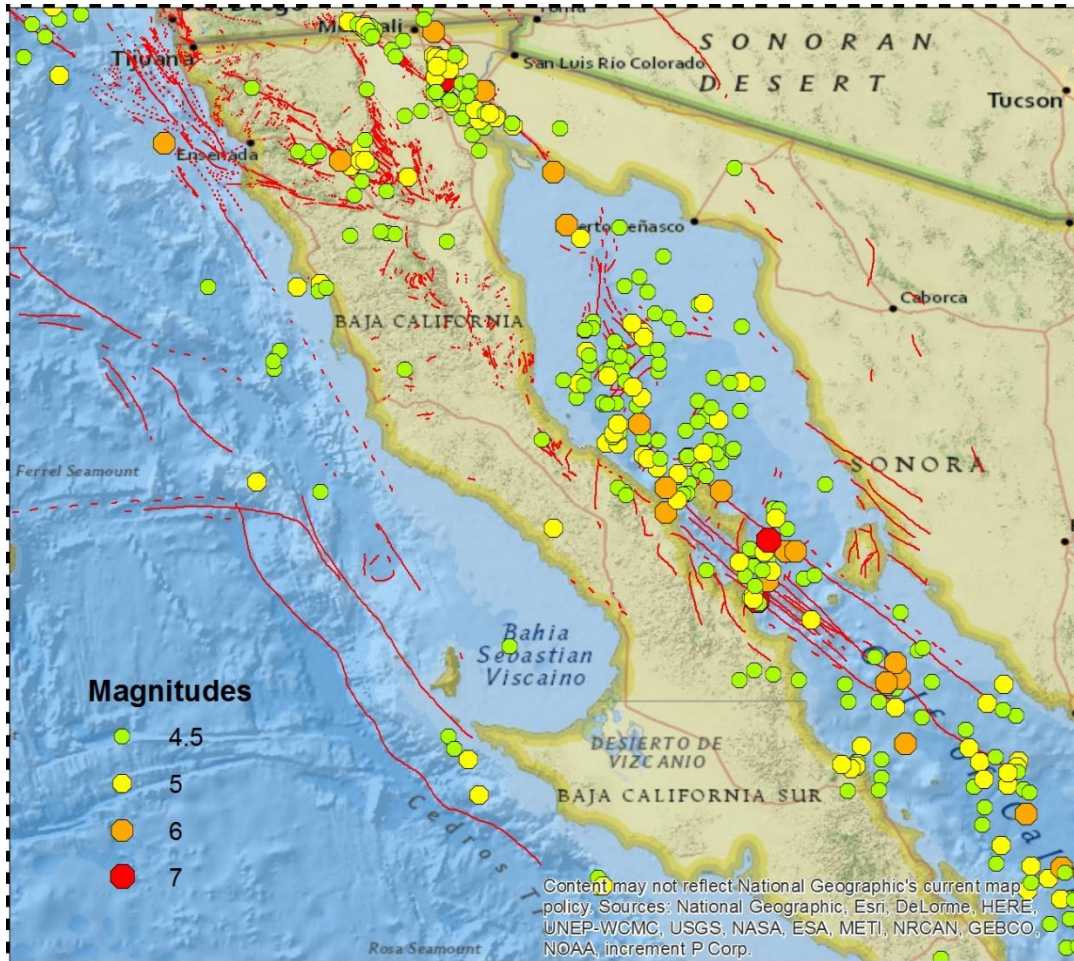


Figura 3. Sismicidad de Baja California 1950 - 2015, Información tomada de USGS.

*** Para mayor información sobre las principales fallas activas de Baja California, consulte el Anexo 1 al final de este reporte.**

Tabla 1. Información generada por RESNOM para el sismo del 8 de abril de 2015 magnitud 4.2 ML, con epicentro en el poblado Delta.

Magnitud	Profundidad
4.2 ML	13 km

Hora Local PDT (Pacific Daylight Time)	Hora UTC (Universal Time Coordinated)
2015-04-08 12:23:13	2015-04-08 19:23:13

Coordenadas	Localización
Latitud: 32.4105 Longitud: -115.2	Ubicado a 6.21 km al norte del poblado de Delta. Ubicado a 146.47 km al noreste de la ciudad de Ensenada. Ubicado a 166.56 km al este de la ciudad de Tijuana. Ubicado a 11.59 km al suroeste de la ciudad de Mexicali.

Número de estaciones utilizadas: 22
Residual del ajuste: 0.35 seconds
Gap Azimutal Máximo: 141 degrees
Distancia a estación más cercana: km
Magnitudes del evento: ML = 4.2

A partir de las aceleraciones registradas durante el sismo se generó el siguiente mapa de Intensidades, en el que se observa que las máximas intensidades alcanzadas son entre II y III, lo que corresponde a un movimiento ligero-débil, con pocas posibilidades de provocar daños.

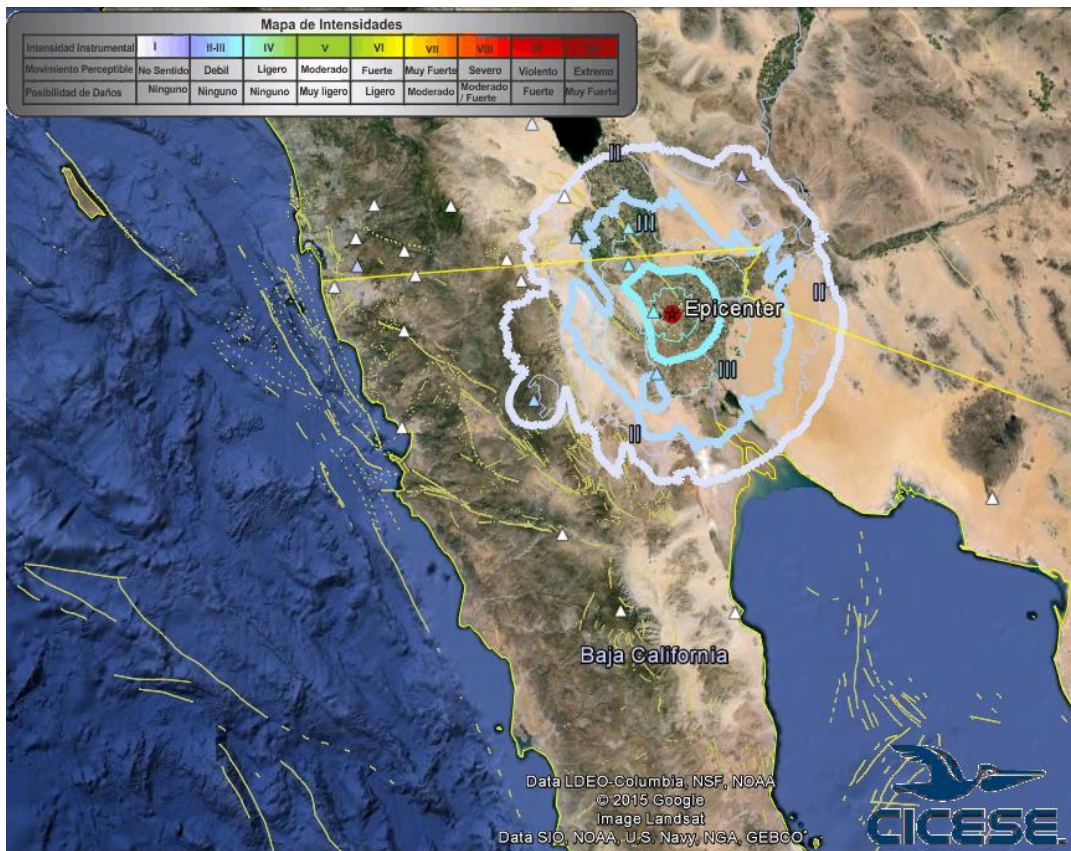


Figura 4. Mapa de intensidades estimadas, a partir de aceleraciones registradas durante el sismo del 8 de abril de 2015 de magnitud 4.2 ML, con epicentro en Poblado Delta.

En el centro de datos de RESNOM se generó de manera automática el siguiente mapa de Intensidades, en el cual podemos observar que la intensidad instrumental fue de II-III, la cual corresponde a las máximas aceleraciones registradas. Estas intensidades nos indican que para zonas cercanas al epicentro la población pudo percibir un movimiento moderado y además, que existen pocas posibilidades de daño.

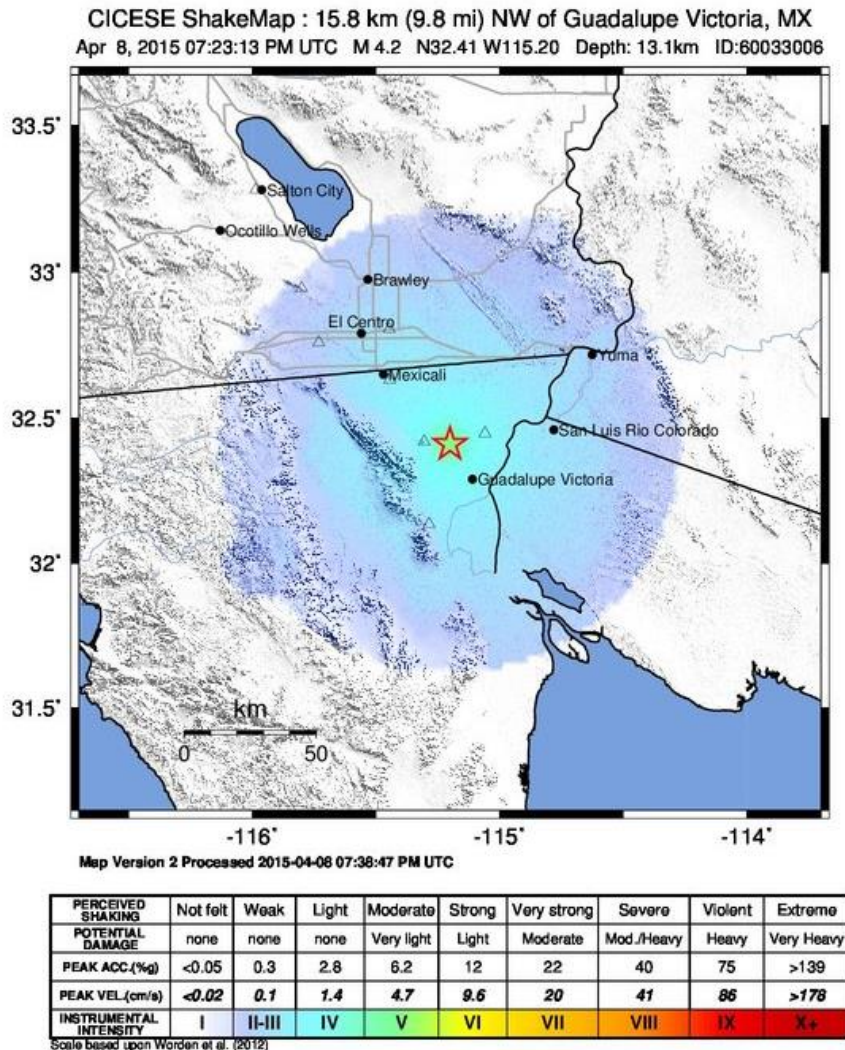
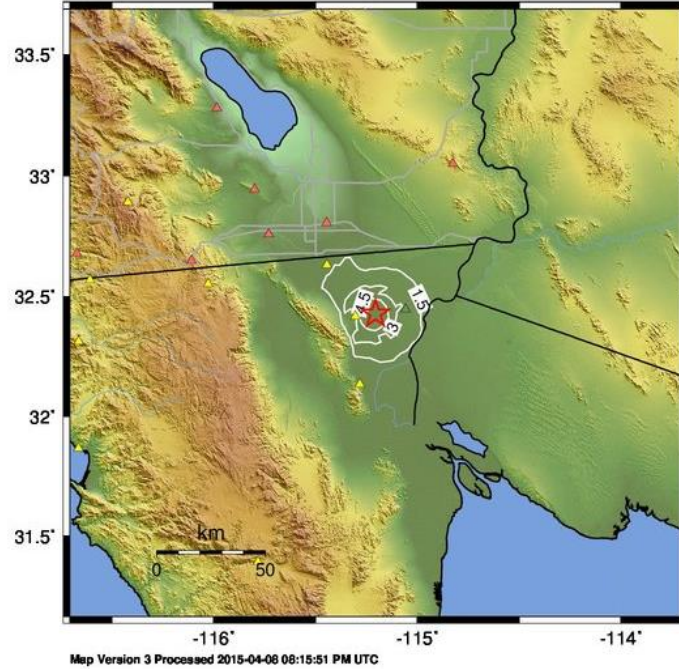


Figura 5. Mapa de intensidades instrumentales generado de manera automática para el sismo del 8 de abril 2015, ML=4.2

Un mapa de intensidades (shakemap) es una representación del movimiento de la tierra producido por un terremoto. Permite tener una mejor apreciación de los movimientos de la tierra y las intensidades de agitación tras terremotos significativos. Estos mapas permiten hacer una rápida evaluación de prioridades para la toma de decisiones y para dar respuesta post-sismo, dependiendo de severidad del movimiento sísmico poco tiempo después de la ocurrencia del sismo. Ofrece un detalle de los posibles efectos del sismo en distintas zonas.

Se generaron de manera automática los siguientes mapas de aceleraciones pico (PGA) y de velocidades pico (PGV), a partir de las aceleraciones y velocidades registradas en las estaciones durante el sismo.

CICESE Peak Accel. Map (in %) : 17.7 km (11.0 mi) NNW of Guadalupe Victoria, MX
 Apr 8, 2015 07:23:13 PM UTC M 4.2 N32.43 W115.21 Depth: 8.0km ID:60033006



CICESE Peak Velocity Map (in cm/s) : 17.7 km (11.0 mi) NNW of Guadalupe Victoria, MX
 Apr 8, 2015 07:23:13 PM UTC M 4.2 N32.43 W115.21 Depth: 8.0km ID:60033006

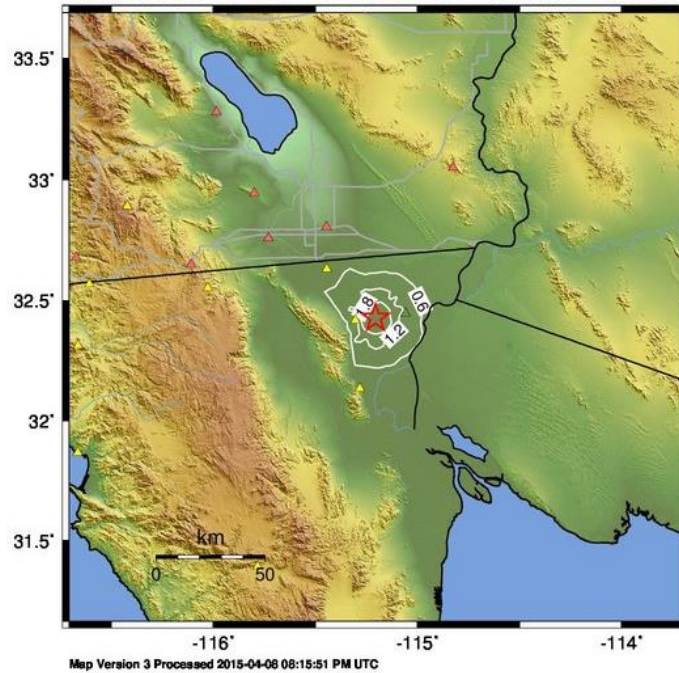


Figura 8. Mapas PGA y PGV generados automáticamente por RESNOM para el sismo del 8 de abril del 2015 con ML=4.2

Anexo 1.

Principales Sistemas de Fallas Activas de Baja California Grupo RESNOM, Época II, 2015.

A continuación se presenta una descripción de los principales sistemas de fallas activas que se han estudiado en la región norte de la península de Baja California y que son importantes revisar para comprender el comportamiento sismotectónico de la región (Cruz-Castillo, M, 2002). El Norte de Baja California ha sido afectado desde el Plioceno por fallas laterales dextrales con arreglo paralelo orientadas N30°W, N40°W y N70°W. El movimiento general de estas fallas está gobernado por el sistema San Andrés-Golfo de California en donde se han identificado fallas que pueden generar sismos hasta de magnitud M=7. Dentro del Borde Continental los sismos son escasos y dispersos (Frez y González, 1991; Frez y Frías, 1998). La micro sismicidad que se reporta es la que ha sido registrada por las redes permanentes y portátiles que se han instalado en la región norte de Baja California y que algunos autores han consignado en trabajos anteriores; se trata de sismos cuyas magnitudes varían entre 2.0 y 3.0 grados.

SISTEMA SAN MIGUEL-VALLECITOS-CALABAZAS

Este sistema de fallas es sísmicamente muy activo. Forma un complejo con escalonamiento derecho entre las fallas Calabazas, Vallecitos y San Miguel. Algunos autores sitúan al sistema San Miguel-Vallecitos como la continuación SE de la falla Rose Canyon-Inglewood-Newport, aunque se desconocen evidencias superficiales claras de su conexión.

FALLA SAN MIGUEL

Es una estructura de desplazamiento lateral derecho y rumbo N60°W que se extiende desde el sur de San Miguel hasta el oriente del Valle San Rafael. Es una falla escalonada que forma pendientes bajas, desplaza el drenaje y abanicos aluviales, genera manantiales y en ella se definen líneas de vegetación. El inicio de su actividad se sitúa en el Mioceno medio y su velocidad actual es de 0.1-3 mm/año. Se le asocian varios temblores importantes, entre ellos dos de 1954 de M=6 y 6.3 y tres de 1956 conocidos como de San Miguel. Estos últimos ocurrieron, uno el 9 de febrero y dos el 14 de febrero, fueron de magnitud local (ML) entre 6.3-6.8 y provocaron un rompimiento a lo largo de 20 km. Esta falla se considera como una de las más activas en la región (Shor y Roberts, 1958; Gastil *et al.*, 1975; Reyes *et al.*, 1975; Frez y González, 1991; Suárez *et al.*, 1991; Suárez, 1994).

FALLA CALABAZAS

La localización de esta falla está pobremente definida. Se trata de una falla dextral, que tiene expresiones geomorfológicas tales como escarpes, escalones y crecimiento de depósitos aluviales. Es visible desde el Plutón Pinal hasta el Valle de las Palmas.

FALLA VALLECITOS

Esta estructura es la continuación NW de la falla San Miguel. Es una falla dextral que geomorfológicamente forma escarpes, y se observa al occidente del Valle de las Palmas. A esta falla no se le han asociado sismos de magnitud cercana a 6 ni micro sismicidad. Esta falla

posiblemente pasa debajo de la ciudad de Tijuana y no se descarta la posibilidad de que el temblor de Guadalupe de M=5.7 de 1949 esté asociado a ella.

FALLA TRES HERMANOS

Esta falla dextral está muy cerca del Valle San Miguel, por lo que se le considera parte del sistema de fallas San Miguel-Vallecitos (Suárez *et al.*, 1991); sin embargo, su asociación no es muy clara. Es paralela al sistema San Miguel-Vallecitos, pero no ha sido estudiada en detalle y su localización se debe a la interpretación de fotografías aéreas e imágenes de satélite, así como al alineamiento de sismos, escarpes y manantiales de aguas termales. Su velocidad de desplazamiento es desconocida. Entre la zona de las fallas Tres Hermanos y San Miguel, se encuentra la falla Ojos Negros, en donde se registra una gran actividad micro sísmica.

SISTEMA EL DESCANSO-ESTERO

Se encuentra localizada entre Punta Salsipuedes y la ciudad de Ensenada. La falla El Descanso-Estero se ha identificado a partir de perfiles batimétricos y sísmicos de reflexión y se interpreta que continúa a lo largo del tramo SW del escarpe meridional de la ciudad de Ensenada. Su extensión hacia la Bahía de Ensenada no es clara y consiste de discontinuidades subparalelas en tramos cortos, menores a 10 km. Se infiere que es de tipo lateral derecho. Se le ha asociado un enjambre sísmico de 50 eventos que ocurrió en 1981 (Catálogo de la SCEC; Legg *et al.*, 1991; Frez y Frías, 1998).

SISTEMA CORONADO BANK-AGUA BLANCA

La zona de falla Coronado Bank-Agua Blanca es la más compleja de las fallas del Borde Continental, ya que presenta numerosas discontinuidades subparalelas, saltos derechos e izquierdos con arreglo en escalón y anastomosados bien definidos por el relieve. La falla Coronado Bank se une con la falla Agua Blanca en la bahía de Ensenada. Ambas fallas tienen una orientación N30°W en la zona marina y de N70°W dentro de la península. Este cambio en la orientación de las fallas es la diferencia principal entre las estructuras del Borde Continental y las Peninsulares.

FALLA AGUA BLANCA

Los primeros estudios de la falla Agua Blanca los realizaron Allen *et al.* (1960). Esta falla se extiende desde El Paso de San Matías hasta la Bahía de Todos Santos, con un rumbo de N72°W; tiene como mínimo 22 km de desplazamiento lateral y es la falla activa más antigua del norte de Baja California; existe desde el Mesozoico tardío. En el Valle de Santo Tomás se divide en dos brazos que limitan el sur y el norte de la Península de Punta Banda; el brazo sur es conocido como falla Santo Tomás y se ramifica en la falla conocida como Soledad y en la falla Maximinos. Los rasgos geomorfológicos que genera la falla Agua Blanca son muy claros, ya que forma sierras, corta y desplaza abanicos aluviales, forma cañadas, cañones, valles en escalón, cuencas de forma triangular y en la Península de Punta Banda se pueden apreciar sus facetas triangulares. En el Valle de Santo Tomás la falla Agua Blanca deja de presentar movimientos laterales como principales, para cambiar a un movimiento oblicuo. Rockwell *et al.* (1987) le estiman un periodo de recurrencia de 175 a 200 años para sismos de magnitud mayor de 6. En un periodo de 13 años no se han registrado más de 10 temblores de ML>3. Además, se sabe que la falla se ha estado desplazando con una velocidad promedio de 4 mm/año sin generar sismos grandes, por lo que se considera de baja sismicidad (Allen *et al.*, 1960; Armijo y Suárez, 1981; Ortega, 1988; Rockwell *et al.*, 1989; Frez y González, 1991; Suárez *et al.*, 1991; Suárez, 1993).

FALLA MAXIMINOS

Esta falla lateral derecha, con componente normal, se interpreta como subsidiaria de la falla Agua Blanca debido a su paralelismo y cercanía. Se localiza al sur de la península Punta Banda.

SISTEMA DEPRESIÓN DE SAN DIEGO-BAHÍA SOLEDAD

El sistema formado por la depresión de San Diego y la zona de falla Bahía Soledad tiene una longitud aproximada de 50 km y está formado por fallas continuas que cortan sedimentos cuaternarios cercanos a la costa (Legg *et al.*, 1991).

SISTEMA SAN CLEMENTE-SAN ISIDRO

La zona de fallas San Clemente-San Isidro tiene más de 300 km de largo. Se encuentra localizada en la parte poniente del interior del Borde Continental y abarca la zona de cizalla delineada por las fallas San Clemente y San Isidro y por fallas laterales subparalelas de rumbo N40°W. Presenta evidencias morfológicas que se pueden asociar a fallamiento lateral derecho. Ha sido identificada por Legg *et al.* (1991) usando perfiles de sísmica de reflexión, reflectores acústicos y mecanismos focales. Su porción meridional se ha interpretado como transtensiva. Debido a que esta estructura corta sedimentos jóvenes, se infiere que su movimiento se ha concentrado en el Cuaternario tardío y su deformación en cizalla-Y es un indicador de un desplazamiento en estado avanzado (Wong *et al.*, 1987; Legg *et al.*, 1991; Legg, 1991). La falla San Clemente es lateral derecha y a ella se asocian vetas hidrotermales, cañones y abanicos submarinos. Se desconoce su razón de desplazamiento (Legg, 1991). La falla San Isidro también es de desplazamiento lateral derecho y ha sido delimitada por escarpes hasta de 350 m de altura. Se desconoce su razón de desplazamiento. Ha presentado enjambres de temblores con magnitudes cercanas a 5 en un área localizada a unos pocos kilómetros al NW del poblado de San Quintín (Rebollar *et al.*, 1982).

SISTEMA IMPERIAL-CERRO PRIETO

La Falla Imperial esta falla delimita el lado oriental del centro de dispersión Cerro Prieto y forma parte de un límite entre placas. Es la principal conexión entre el sistema San Andrés y las estructuras del Golfo de California. Sin tener una buena expresión geomorfológica, se extiende a lo largo de 75 km, desde 3 km al sur de la ciudad de Brawley, California, hasta el centro de dispersión Cerro Prieto con una orientación de N42°W. Su velocidad de desplazamiento se ha estimado en 47 mm/año. A esta falla se le asocian los temblores de El Centro, de 1940, de ML=7.1 y el del Valle Imperial, de 1979, de ML=6.6. Un dato sobresaliente es que en esta falla la micro sismicidad es escasa, al igual que en la falla Cerro Prieto, que se describe abajo (Frez y González, 1991; Frez y Frías 1998; Suárez *et al.*, 1991; Suárez, 1999).

La Falla Cerro Prieto esta falla es de tipo dextral; se extiende a lo largo de 80 km desde el centro de dispersión Cerro Prieto hasta la Cuenca de Wagner. El trazo de la falla es visible únicamente en su sector sur; la parte norte ha sido determinada por mecanismos focales y métodos geofísicos. Es la estructura que marca la frontera entre las placas Norteamérica y Pacífico, en la región del Valle de Mexicali; su desplazamiento promedio es mayor a 50 mm/año. Se le asocian los temblores de 1852, 1875 y 1891 con una magnitud M=6-7, el de 1934 de M=7.1, el de El Golfo de 1966

($M_s=6.3$) y el temblor de Victoria de 1980 de $ML=6.1$ (Lesage y Frez, 1990; Frez y González, 1991; Suárez, 1999).

SISTEMA ELSINORE-LAGUNA SALADA

Esta es una falla activa dextral oblicua que probablemente rompió el 23 de febrero de 1892 provocando un sismo de $M=7-7.5$; también se le asocia el temblor de 1934 de magnitud $ML=6.5$ (Shor y Roberts, 1958; Mueller y Rockwell, 1991; Frez y González, 1991). La falla Elsinore es la continuación, en la parte estadounidense, de la falla Laguna Salada.

SISTEMA LAGUNA SALADA

Los primeros estudios de esta falla los realizó Lindgren en 1888. En realidad se trata de dos fallas juntas: una compleja en su parte sur y otra simple en su parte norte. En el SE está compuesta por la falla Cañón Rojo y Chupamirtos, al oriente por las fallas Cucapá, Pescaderos y Borrego. En su parte NW existe una única falla, que es la falla Laguna Salada. Este sistema de fallas se encuentra dentro de la provincia *Basin and Range* y es el límite entre la Laguna Salada y la Sierra Cucapá. La Laguna Salada es el resultado de la subsidencia provocada por la falla durante el Plioceno y Holoceno en la margen occidental de la Sierra Cucapá. El desplazamiento lateral a lo largo de la zona de falla no está muy bien definido, pero en promedio se desplaza menos de 1 mm/año; en la actualidad, la parte NW de la falla Laguna Salada tiene una velocidad de desplazamiento vertical de 1 mm/año y de 0.7 mm/año en sentido horizontal. Durante el Holoceno el movimiento horizontal en la parte NW fue de 18 m y el vertical de 2 m; en su porción SE la falla ha sido inactiva, mientras que en la parte SW se ha desplazado diversos metros (Muller y Rockwell, 1991). A esta falla se le asocia un temblor de $M=6.7$ en 1892 y otro de $M=6.5$ en 1934.

FALLA CAÑÓN ROJO

Se trata de una falla de tipo normal de rumbo $N30^\circ-35^\circ E$ con echado de 55 a 60 grados al NW; forma escarpes y abanicos aluviales. Su razón de movimiento es menor a 1 mm/año, y su conexión con la falla Laguna Salada está muy bien definida. El sismo de 1892, en la sección anterior, pudo haber ocurrido en esta falla.

SISTEMA SIERRA JUÁREZ – SIERRA SAN PEDRO MÁRTIR

Axen y Romero (1994) han estudiado la parte norte del Escarpe Principal del Golfo desde el punto de vista petrológico y estructural y consideran que esta parte del escarpe es el producto de una falla despegue antigua cuyas raíces pueden encontrarse bajo la Sierra San Pedro Mártir, por lo que posiblemente se trata de una falla reactivada. En un catálogo de sismicidad para el norte de Baja California, Frez y Frías (1998) reportan que la falla Sierra Juárez presenta una microsismicidad relativamente alta en su segmento central, al sur de la latitud $32^\circ N$, mientras que la falla Sierra San Pedro Mártir parece tener microsismicidad asociada pero sólo en su parte norte.

REFERENCIAS

Allen, C.R., Silver, L.T. and Stehli, F.G., 1960. Agua Blanca fault – a major transverse structure of northern Baja California, Mexico: *Geological Society of America Bulletin*, v. 71, p. 457-482.

Axen, G. y Romero, H., 1994. Cambios de dirección en el buzamiento de los sistemas de fallamiento basal de la parte Norte del Escarpe Principal del Golfo de California. *GEOS*, v. 14, No. 5, p. 74.

Armijo, R. and Suárez, F., 1981. Neotectonics of northern Baja California: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 13-2, p. 42.

Catálogo de la SCEC: <http://www.scecdc.scec.org/ftp/catalogs/SCSN/>

Cruz-Castillo, M., 2002. Catálogo de las Fallas Regionales Activas en el Norte de Baja California, México. *GEOS*, v. 22, No. 1, p. 37- 42.

Frez, J. and González, J.J., 1991. Crustal structure and seismotectonics of northern Baja California. *in: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47*, p. 261-283.

Frez, J. y Frías V.M., 1998. Mapas anuales de sismicidad para la región fronteriza de ambas californias. *GEOS*, v. 18, No. 2, p. 112- 130.

Gastil, R.G., Phillips, R. and Allison, E., 1975. Reconnaissance geology of the state of Baja California, *Geological Society of America, Memoir 140*, 170 pp.

Juárez Aguilar, L., 1996. Estudio geoquímico, geocronológico y geológico del Campo Volcánico de San Quintín, Baja California, México, Tesis de Maestría en Ciencias, División de Ciencias de la Tierra, CICESE, 147 pp.

Legg, M.R., 1991. Sea beam evidence of recent tectonics activity in the California Continental Borderland. *in: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47*, p. 179-196.

Legg, M.R., Wong, V. and Suárez, F., 1991. Geologic structure and tectonics of the inner Continental Borderland of northern Baja California, *in: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47*, p. 145-177.

Lesage, Ph. y Frez, J., 1990. Estudio comparativo de las fuentes de los temblores de Vitoria, junio 9, 1980, del Valle Imperial, octubre 15, 1979 y de El Golfo, agosto 7, 1966. *Geofísica Internacional*, v. 29, No. 3, p. 149-169.

Lonsdale, P., 1991. Structural patterns of the pacific floor offshore of peninsular California, *in: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47*, p.87-125.

Mueller, K. and Rockwell, T., 1991. Late quaternary structural evolution of the western margin of the sierra Cucapa, Northern Baja California. *in: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47*, p. 249-260.

- Ortega, A., 1988. Neotectónica de un sector de la falla de Agua Blanca, Valle de Agua Blanca (Rancho La Cocina-Rancho Agua Blanca) Baja California, México: Tesis de Maestría en Ciencias, CICESE, 146 pp.
- Rebollar, C., Reyes, A. and Reichle, M., 1982. Estudio del enjambre de San Quintín, Baja California, México, ocurrido durante 1975. *Geofísica Internacional*, v. 21-4, p. 331-358.
- Reyes, A., Brune, J. and Barker, T., 1975. A microearthquake survey of the fault zone, Baja California, Mexico. *Geophysical Research Letters*, v. 2-2, p. 56-59.
- Rockwell, K.T., Hatch, E.M. and Shug, L.D., 1987. Late Quaternary rates Agua Blanca and borderland faults: Final Technical Report USGS, contract No. 14-08-0001-22012, 122 pp.
- Rockwell, K.T., Muhs, D., Kennedy, G., Hatch, M., Wilson, S. and Klinger, R., 1989. Uranium-series ages, faunal correlations and tectonic deformation of marine terraces within the Agua Blanca fault zone at Punta Banda, northern Baja California, México. *in: Patrick Abbott, editor, Geologic Studies in Baja California, The Pacific Section Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Los Angeles, California, U.S.A., p. 1-16.
- Shor, Jr. G.G. and Roberts, E., 1958. San Miguel, Baja California Norte earthquakes of February 1956: *Seismological Society of America Bulletin*, v. 48, p. 101-116.
- Suárez, F., Armijo, R., Morgan, G., Bodin, P. and Gastil, G., 1991. Framework of recent and active faulting in northern Baja California. *in: J.P. Dauphin and B.R.T. Simoneit, editors, The Gulf and Peninsular Province of the Californias, American Association of Petroleum Geologists, Memoir 47*, p. 285-300.
- Suárez, F., 1993. Marco estructural de la Falla Agua Blanca, Baja California, México. *En: Delgado-Argote, L.A. y Martín-Barajas, A., editores, Contribuciones a la Tectónica del Occidente de México, Unión Geofísica Mexicana, Monografía No. 1*, p. 24- 39.
- Suárez, F., 1995. Paleosismicidad y Evolución de la Falla San Miguel, Resumen, Compendio de actividades 1994, CICESE.
- Suárez, F., 1999. Sismos de $M > 6$ en el Valle de Mexicali-Imperial, generación y distribución de estructuras asociadas a licuefacción. *GEOS*, v. 19, No. 1, p. 15-23.
- Wong, V, Legg, M. y Suárez, F., 1987. Sismicidad y tectónica de la margen continental del sur de California (USA) y Baja California Norte (México). *Geofísica Internacional*, v. 26-3, p. 459-478.