

CATÁLOGO DE LAS FALLAS REGIONALES ACTIVAS EN EL NORTE DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Manuel Cruz-Castillo
Instituto Mexicano del Petróleo.

RESUMEN

Se describen las características principales de las fallas activas regionales del norte de Baja California y se citan los sismos con magnitud (M , M_s ó M_L) mayor o igual a 6 que podrían estar asociados a dichas fallas. Asimismo, se comenta la microsismicidad en aquellas fallas donde no se han registrado sismos de M , M_s ó $M_L \geq 6$. La mayoría de estas fallas son de tipo lateral derecho, con velocidades de desplazamiento entre 1 y 60 mm/año. Con excepción de la falla Agua Blanca, todas se han movido durante el Cenozoico tardío y están genéticamente relacionadas con el régimen de esfuerzo tectónico actual.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene el objetivo de resumir y poner al día una descripción de las fallas del norte de Baja California utilizando como referencia principal a Suárez *et al.* (1991). Las fallas ilustran la intensa actividad tectónica a la que está sujeto el norte de Baja California (ver figura). En esta amplia región destacan los siguientes rasgos tectónicos: la dorsal fósil asociada con la placa Farallón (Lonsdale, 1991); la Sierra Peninsular, producto de la subducción de la placa Farallón; el complejo volcánico San Quintín, que geoquímicamente tiene la firma típica de un punto caliente (Juárez, 1996); las fallas, fosas y cuencas producto de la apertura del Golfo de California; el escarpe de más 1000 m entre la Provincia Extensional y la Sierra Peninsular llamado Escarpe del Golfo, y el segmento de falla transforme definido por la fallas Cerro Prieto e Imperial.

La península de Baja California forma parte de la placa Pacífico, la cual se desplaza hacia el NW con respecto a la placa Norteamericana. En la parte norte del estado, el deslizamiento de estas dos placas se manifiesta en una zona de cizalla definida por Legg *et al.* (1991) y conocida como la Zona de Cizalla del Sur de California (Southern California Shear Zone). Esta zona es una microplaca flanqueada por fallas dextrales que rota en el sentido opuesto a las manecillas del reloj, y que ocupa área marina y continental. La parte marina del área es conocida con el nombre de Borde Continental Californiano debido a que se considera como una extensión de la Sierra Peninsular ya que sus características sísmicas son similares.

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 microsismicidad que se reporta es la que ha sido registrada por las redes permanentes en la 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.

FALLAS Y SISMICIDAD ASOCIADA

A continuación, se describen las fallas regionales que se infiere que fueron generadas por la actividad tectónica del Plioceno y Cuaternario en el norte de la península.

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 (M_L) 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).

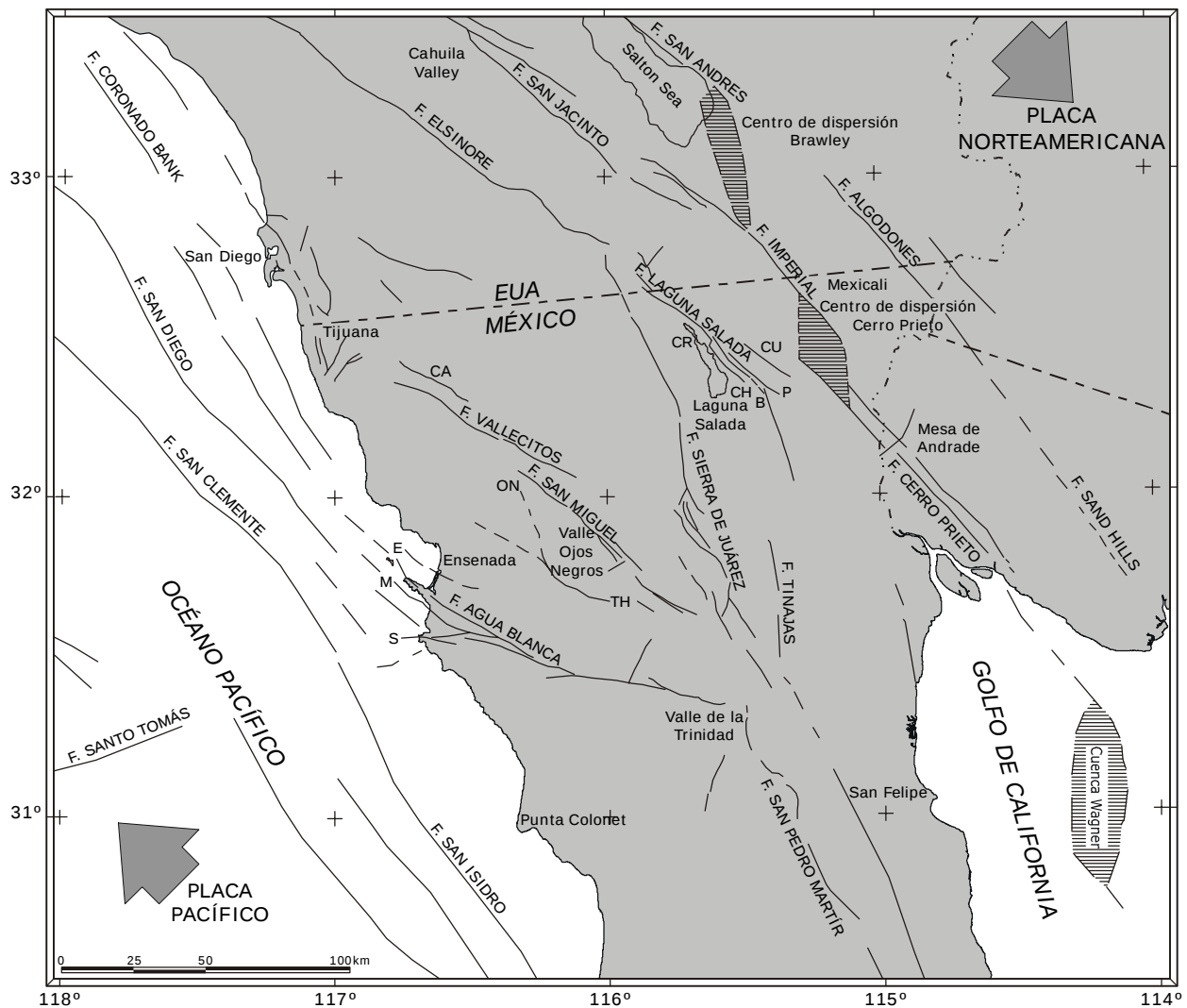


Figura. Fallas regionales del norte de Baja California las cuales se dividieron en dos grupos principales: las peninsulares (localizadas en tierra emergida) y de borde (localizadas en ambiente marino); las fallas que se presentan en línea continua son las que están bien localizadas y en línea discontinua las interpretadas. B=Falla Borrego, CA=Falla Calabazas, CH=Falla Chupamirtos, CP=centro de dispersión Cerro Prieto, CR=Falla Cañón Rojo, CU=Falla Cucupá, CW=Cuenca Wagner, E=Falla El Descanso-Estero, M=Falla Maximinos, ON=Falla Ojos Negros, P=Falla Pescaderos, S=Falla Bahía Soledad, SS=Salton Sea y TH=Falla Tres Hermanas.

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 microsismicidad. 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 HERMANAS

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 Hermanas y San Miguel, se encuentra la falla Ojos Negros, en donde se registra una gran actividad microsísmica.

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 $M_L > 3$. 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

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 $M_L = 7.1$ y el del Valle Imperial, de 1979, de $M_L = 6.6$. Un dato

sobresaliente es que en esta falla la microsismicidad 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).

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 $M_L=6.1$ (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 $M_L=6.5$ (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 esta 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.

DISCUSIÓN

La mayoría de las fallas descritas son de tipo lateral derecho y presentan velocidades de desplazamiento desde 1 mm hasta 60 mm por año. Aunque los desplazamientos de las fallas del Borde Continental son difíciles de estimar, se puede asegurar que efectivamente han ocurrido, ya que puede apreciarse la geomorfología característica y se han registrado movimientos sísmicos. La dificultad para estimar el desplazamiento de las fallas del Borde Continental se debe a que son marinas. Todas estas estructuras se ajustan y refuerzan el modelo de una cizalla derecha en el Norte de Baja California.

La falla Agua Blanca representa un peligro sísmico importante en la zona, ya que tiene posibilidades de generar un temblor de $M>6$ cada 175 a 200 años. No se le asocia sismicidad importante, y ha estado en silencio sísmico por lo menos durante los 70 años en que se ha monitoreado la sismicidad en Baja California.

El área con mayor actividad microsísmica se asocia a la zona entre la falla San Miguel y la falla Tres Hermanas, definiendo una zona sismogénica potencial, por lo que la falla Ojos Negros cobra importancia como generadora de microsismicidad.

Es muy probable que la falla El Descanso-Estero vuelva a presentar actividad sísmica de tipo enjambre, como la que ha ocurrido en el pasado cercano.

El sistema Imperial-Cerro Prieto y la falla Laguna Salada son las únicas fallas que han presentado sismos con $M>7$. Por su carácter somero se vuelven fallas con sismicidad muy peligrosa para la ciudad de Mexicali, que se localiza entre ellas. Asimismo, Tijuana se encuentra sobre la posible continuación de la falla San Miguel-Vallecitos. Aunque estas fallas son importantes en el contexto tectónico del área, es importante resaltar que aun no han sido cartografiadas ni monitoreadas sísmicamente con detalle. Por ello estas estructuras necesitan urgentemente ser analizadas por el peligro que significan.

Las fallas Cerro Prieto e Imperial tienen una expresión geomorfológica pobre a pesar de que en ellas se han reportado los sismos de mayor magnitud. En contraste, la falla Agua Blanca, que está más alejada del límite entre placas, se caracteriza por presentar una marcada morfología de facetas triangulares y por presentar microsismicidad. La marcada morfología puede obedecer a que la falla Agua Blanca tiene un origen más antiguo que el del Sistema Imperial-Cerro Prieto.

CONCLUSIONES

La deformación estructural del norte de Baja California corresponde, en su mayoría, a un sistema lateral derecho.

El norte de Baja California es una zona muy sísmica y la alta densidad de población la convierten en una área de alto riesgo geológico. El riesgo es mayor hacia el oriente, en el Valle de Mexicali, ya que las fallas más cercanas al límite de placas se caracterizan por su mayor magnitud sísmica. Por el peligro que representan, las fallas Agua Blanca, por su largo silencio sísmico, la falla Ojos Negros, por su intensa actividad microsísmica, y el sistema de fallas Cerro Prieto e Imperial, por su cercanía con zonas económicas, son las estructuras sísmicas más importantes en el norte de Baja California.

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/>
- 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 Victoria, 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.