Volume 21 Issue 52
Originally issued as B4



Global Journal of human-social science: B
Geography, Geo-Sciences, Environmental Science & Disaster Management
Volume 21 Issue 4 Version 1.0 Year 2021
Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal
Publisher: Global Journals
Online ISSN: 2249-460X & Print ISSN: 0975-587X

Seismotectonics Characterization of Mexico

By Mario Octavio Cotilla Rodríguez, Diego Córdoba Barba
& Francisco Javier Núnez Cornú
Universidad Complutense de Madrid

Abstract- Mexico is an active Seismotectonic Region in the most part of North American continental plate and has 2 types of seismicity (interplate and intraplate). There are in the hierarchical structure 3 Seismotectonic Provinces (North Western, Western and Eastern Centre). Inside they exist 11 Seismotectonic Units where the Seismogenic Zones are defined. The last mentioned are segmented. Western Province has the highest level and where the contact of the converging plates take place.

Keywords: *active zones, mexico, seismic hazard, seismotectonic.*

GJHSS-B Classification: *FOR Code: 040699*



Strictly as per the compliance and regulations of:



© 2021. Mario Octavio Cotilla Rodríguez, Diego Córdoba Barba & Francisco Javier Núnez Cornú. This research/review article is distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0). You must give appropriate credit to authors and reference this article if parts of the article are reproduced in any manner. Applicable licensing terms are at https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/.

Seismotectonics Characterization of Mexico

Caracterización Sismotectónica de México

Mario Octavio Cotilla Rodríguez [α], Diego Córdoba Barba [σ] & Francisco Javier Núnez Cornú [ρ]

Resumen- **México es una Región Sismotectónica activa, mayoritariamente en la placa continental de Norteamérica y tiene los 2 tipos de sismicidad (entreplacas y de interior de placa). La estructura jerárquica contiene 3 Provincias Sismotectónicas (Norte-Occidental, Occidental y Centro-Oriental), en ellas hay 11 Unidades Sismotectónicas y en éstas se localizan las zonas sismogenéticas. Estas últimas están segmentadas. La Provincia Occidental es la de más nivel y donde se encuentra el contacto de las placas convergentes.**

Palabras clave: méxico, peligrosidad sísmica, sismotectónica, zonas activas.

Abstract- **Mexico is an active Seismotectonic Region in the most part of North American continental plate and has 2 types of seismicity (interplate and intraplate). There are in the hierarchical structure 3 Seismotectonic Provinces (North Western, Western and Eastern Centre). Inside they exist 11 Seismotectonic Units where the Seismogenic Zones are defined. The last mentioned are segmented. Western Province has the highest level and where the contact of the converging plates take place.**

Keywords: active zones, mexico, seismic hazard, seismotectonic.

I. Introducción

México [MX] es un País (~1.964.400 km^2) situado, mayoritariamente, en la placa continental de Norteamérica (Figura 1). Como estructura neotectónica tiene relación directa con el Océano Pacífico, el Golfo de México [GM], y el Mar Caribe. La longitud de sus costas es ~11.600 km (2,7 veces mayor la Occidental que la Oriental), y su población es ~122.10^6 habitantes. El territorio tiene 31 Estados (Figura 2). En la costa del Pacífico se localizan un conjunto de poblaciones e instalaciones turísticas muy importantes que están en los Estados de Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, y la parte S de Sinaloa. En ese entorno muy bien conectado con sistemas de carreteras, aeropuertos y puertos hay un formidable conjunto de playas (Figura 3). Estos sitios, con un fondo de población permanente superior a 10.10^6 habitantes, atraen al año ~30.10^6 turistas. Esta amplia región costera está sujeta, desde siempre, a los efectos directos de fuertes terremotos (ejemplos: 28.03.1787 (M 8,4-8,7) y 03.06.1932 (M 8,2)), y tsunamis. Es decir, tiene un alto peligro sísmico; y consecuentemente puede estar sujeta a importantes pérdidas.

MX tiene también otras áreas de costa en el oriente y de interior continental, que centran el interés turístico y cultural de extranjeros y nacionales. Entre ellas hay: 1) playas en Cancún, Tuxpan, Esmeralda, Boca del Río, y Rivera Maya; 2) parques temáticos y reservas de la biosfera (El Pinacote y Gran Desierto de Altar, El Vizcaíno, y Sian Ka'an); y 3) volcanes (Ceboruco, Chichonal, Cofre de Perote, Paricutín, y Popocatépetl). Todas están localizadas en zonas de peligro sísmico diverso, y con una cantidad de habitantes y turistas muy superior a la zona anteriormente comentada.

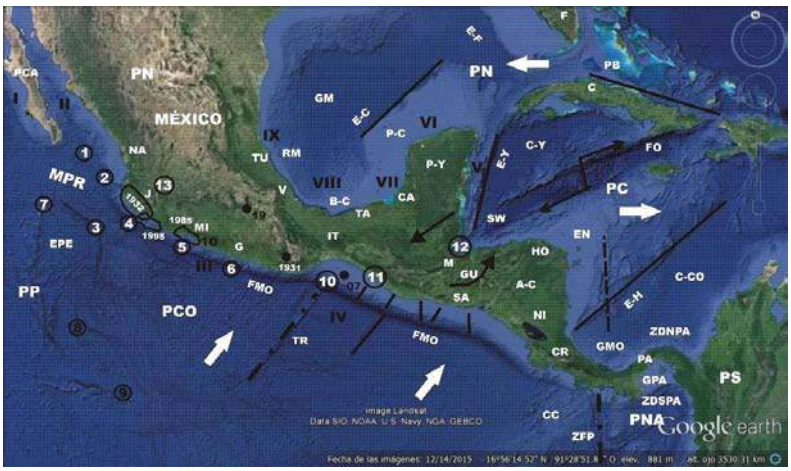

Figura 1: Esquema tectónico

Author α σ: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Físicas. Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica. Ciudad Universitaria s/n. 28040, Madrid. e-mails: macot@ucm.es, dcordoba@fis.ucm.es
Author ρ: Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, México. e-mail: pacornu77@gmail.com

© 2021 Global Journals

Aparecen: **1)** Lugares (A-C= América Central, B-C= Bahía de Campeche, C= Cuba, CA= Campeche, CC= Cresta de Cocos, C-CO= Cuenca de Colombia, CR= Costa Rica, CY= Cuenca de Yucatán, E-C= Escarpe de Campeche, E-H= Escarpe de Hess, E-F= Escarpe Farallón, E-Y= Escarpe de Yucatán, EN= Elevado de Nicaragua, EPE= Elevado del Pacífico Este, F= Florida, FO= Fosa Oriente, FMO= Fosa Mesoamericana, G= Guerrero, GM= Golfo de México, GMO= Golfo de Mosquitos, GPA= Golfo de Panamá, GU= Guatemala, HO= Honduras, IT= Istmo de Tehuantepec, J= Jalisco, M= Motagua, MI= Michoacán, NA= Nayarit, NI= Nicaragua, PA= Panamá, PB= Plataforma de Bahamas, P-C= Plataforma de Campeche, PCA= Península de California, P-Y= Península de Yucatán, RM= Ridge de México, SA= El Salvador, SW= Falla de Swan, TA= Tabasco, TU= Tuxpan, V= Veracruz, Zonas de Deformación de Panamá (Norte= ZDNPA, Sur= ZDSPA), y (líneas cortas y puntos negros: (TR= Tehuantepec Ridge y ZFP= Zona de Fracturas de Panamá)); **2)** círculos negros (epicentros de terremotos: A) 07= 07.09.2017 (M 8,2), 19= 19.09.2017 (M 7,1); B) 1931= 15.01.1931 (M 8,0) (ver Tablas 2, 8 y 11); **3)** circulo (negro) con número (blanco)= intersección principal de fallas (ver Tabla 5); **4)** Elipses (áreas de rupturas estimadas de los terremotos: 03.06.1932 (M 8,2), 19.09.1985 (M 8,1), 09.10.1995 (M 8,0)); **5)** Microplacas (MPR= Rivera); **6)** Segmentos de costa (I-IX); **7)** Placas (PC= Caribe, PCO= Cocos, PN= Norteamérica, PNA= Nazca, PP= Pacífico, y PS= Suramérica); y **8)** Sentido de movimiento (Placas= flechas gruesas blancas, y Bloques= flechas negras finas).

Al respecto de este último aspecto, sobre la base de los datos del Servicio Sismológico Nacional de México (2017), señalamos los 2 últimos terremotos fuertes (Figura 1): 1) 07.09.2017 (M 8,2/ h 58 km/ 14,85° N 94,11° O/ epicentro en el Golfo de Tehuantepec/ 102 muertos, 900 heridos, 2.500.000 afectados/ tsunami en Oaxaca (1,1 m)); 2) 19.09.2017 (M 7,1/ h 57 km/ 18,4° N 98,72° O/ epicentro en Axochiapa, Morelos/ 370 muertos/ 7.289 heridos). Estos 2 eventos ocasionaron de conjunto las siguientes cifras de muertos (472) y heridos (8.189). El primero de ellos se localizó en el Océano Pacífico y el segundo en la parte interior continental mejicana.

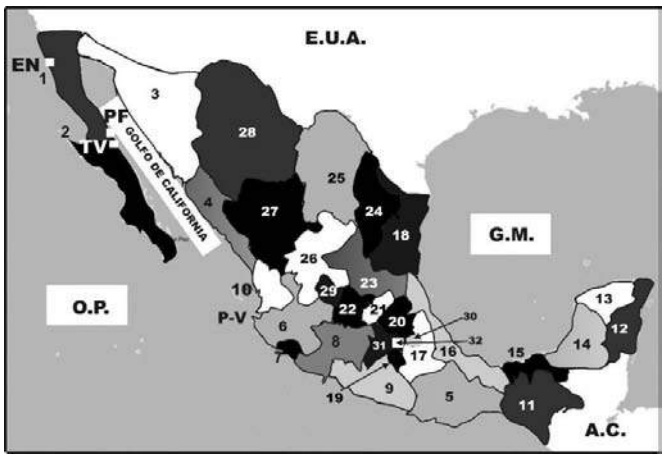

Figura 2: Estados de México

Aparecen: **1)** Lugares (A.C.= América Central, E.U.A.= Estados Unidos de Norteamérica, G.M.= Golfo de México, O.P.= Océano Pacífico, P-V= Puerto Vallarta; cuadrados blancos (EN= Ensenada, PF= Punta Francisquito, TV= Tres Vírgenes)); y **2)** Estados (1= Baja California, 2= Baja California Sur, 3= Sonora, 4= Sinaloa, 5= Oaxaca, 6= Jalisco, 7= Colima, 8= Michoacán, 9= Guerrero, 10= Nayarit, 11= Chiapas, 12= Quintana Roo, 13= Yucatán, 14= Campeche, 15= Tabasco, 16= Veracruz, 17= Puebla, 18= Tamaulipas, 19= Morelos, 20= Hidalgo, 21= Quetetaro de Arteaga, 22= Guanajuato, 23= San Luis Potosí, 24= Nuevo León, 25= Coahuila de Zaragoza, 26= Zacatecas, 27= Durango, 28= Chihuahua, 29= Aguas Calientes, 30= Tiaxcala, y 31= México, D.F.).



Figura 3: Vistas de cuatro playas mejicanas del Pacífico

En las 5 fotos se observan, en la primera línea de la costa, algunas instalaciones turísticas y el inmediato relieve de montaña. Esas fantásticas playas están abiertas al Océano Pacífico en el segmento de tsunamis locales (ver Figura 9) y dentro de la zona sísmica D (ver Figura 10).

© 2021 Global Journals

Este trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto TSUJAL ("Caracterización del peligro sísmico y tsunamigénico asociado con la estructura cortical del contacto placa de Rivera-bloque de Jalisco"), y su objetivo es presentar las bases principales, suficientemente sólidas, para la delimitación y realización de una zonación (o regionalización) sismotectónica y la confección, en una segunda etapa, de un mapa sismotectónico [MS] en MX.

II. Sismotectónica

a) Antecedentes para las investigaciones sismotectónicas

Un MS es un tipo de material sismológico especial, dinámico, no probabilístico, y tampoco ecléctico (Cotilla y Álvarez, 1991), que tiene que ser claro, conciso y objetivo. Él representa la relación entre la neotectónica y los terremotos, y es un documento fundamental para estudios de peligrosidad sísmica. El MS es válido para un periodo determinado no concreto ni específico.

En general, los criterios para la preparación de un MS aparecen en Gorshkov (1984), Pavoni (1985), Cruz (1990), Cotilla y Álvarez (1991), y Rogozhin (2012). Ellos destacan la necesidad de incluir datos sobre: 1) neotectónica; 2) sismicidad histórica e instrumental; 3) mecanismos focales; 4) fallas activas y zonas de alineamientos; y 5) estructura de la corteza. Todos esos elementos se localizan, diferentemente, en diversos estudios de MX, por lo que puede asegurarse hay una buena base. Algunos países y regiones tienen estos mapas: 1) *África* (Meghraoui *et al.,* 2016), 2) *Argentina* (Perucca y Bastras, 2006), 3) *Cuba* (Cotilla *et al.,* 1991), 4) *China* (Jun *et al.,* 2013), 5) *Ecuador* (Instituto Geográfico Militar de Ecuador, 1992; Ortiz Panchi, 2013), 6) *España* (Rey Pastor, 1956; Almela y Puyal, 1960; IGME, 1983; IGN, 1992; Bernardeu *et al.,* 1993; López Fernández *et al.,* 2008), 7) *Francia* (*Bureau e Reserches Geologiques et Minéres*, 1981; Vogt, 1981), 8) *Honduras* (Cruz, 1990, 1999), 9) *India* (Kayal, 2001), 10) *Italia* (Meletti *et al.* 2000; Romero y Pugliese, 2000), 11) *Japón* (Kakimi *et al.,* 2003), 12) *Noruega* (Byrkjeland *et al.,* 2000), 13) *Portugal* (Moreira, 1985), 14) *Rumania* (Polonic, 1986), 15) *Rusia* (Buné *et al*., 1970; Gorshkov, 1984; Gubin, 1990; Imaev *et al.,* 2000; Imaeva *et al.,* 2011, 2015; Rogozhin, 2012), y 16) *Venezuela* (Fiedler, 1969).

Especialistas norteamericanos sostienen que la Sismotectónica es el estudio de la relación entre los terremotos, la tectónica activa y las fallas individuales de una región. De otra parte, los especialistas rusos configuran un marco de investigación sismotectónico en 3 etapas principales sobre la base de una selección de indicadores geológicos y geofísicos que conducen a la: 1) preparación de un MS; 2) distinción y caracterización de las zonas sísmicas potencialmente activas; y 3) elaboración de los materiales de peligrosidad sísmica. Entre ellos están los mapas de zonas sismogeneradoras y origen de terremotos, que equivalen en la literatura de Occidente a "corredores sismotectónicos".

Tomando en consideración, cronológicamente, los trabajos de Medviedev (1968), Riznichenko y Gorbunova (1968), Buné *et al.* (1970), Fiedler y Rivero (1977), Buné y Gorshkov (1980), Yang y Aggarwal (1981), Belousov *et al.* (1983), Krestnikov *et al.* (1983), Grünthal *et al.* (1985), Meghraoui *et al.* (1986), Xu y Liu (1986), Ebel *et al.* (1998), CEF (1990), Imaev *et al.* (1990), Dlala (1992), NUREG-1451 (1992), Regulatory Guide 1.165 (1997), Muir Wood (1999), Orozco y Osorio (2004), Cardona *et al.* (2005), Grases y Lirio (2006), Omerbashich y Sijaric (2006), Fujita *et al.* (2009), Imaeva *et al.* (2009). Schurr *et al.* (2014), Feld *et al.* (2015), Kuchai y Kozina (2015), y Lu *et al.* (2018) se puede asegurar que en las investigaciones sismotectónicas hay que: 1) incluir 2 elementos (zonas y fallas); y 2) realizar una regionalización. Esta última consiste, fundamentalmente, en identificar, cartografiar y clasificar las fallas y áreas activas y con ello delimitar las zonas lineales con características sísmicas similares. Además, se representan superficies territoriales atendiendo a las características neotectónicas y la sismicidad. Las superficies tienen homogeneidad sismotectónica, y pueden subdividirse en estructuras de menor categoría y dimensiones distintas (provincias y unidades). Esta metodología se ha aplicado en este trabajo.

El estudio de las fallas activas, conocidas también como zonas sismotectónicas o sismogenéticas, es, como se dijo, una etapa inicial del trabajo. Esas fallas son estructuras, relativamente, lineales que han demostrado actividad sísmica en la actualidad. A esas estructuras se les considera fuentes de sismos (o sismogeneradoras) y ellas tienen una serie de características distintas como: magnitud máxima y periodo de recurrencia de los terremotos que no siempre es posible de establecer con precisión. En este punto es deseable la confección de un catálogo de fallas activas, que incluya documentación gráfica. Esos elementos están sujetos al régimen tectónico regional y se localizan en las Provincias Sismotectónicas [PS] y las Unidades Sismotectónicas [US].

Uno de los primeros trabajos, bien fundamentados, sobre la catalogación de las fallas activas es el resultado de Trifonov y Machette (1993). Posteriormente, Assinovskaya y Soloviev (1994) realizan un estudio de las características de las fallas activas y su relación con los terremotos en el Mar de Barents. Paris y Romero (1994) lo implementaron en Colombia. Para Cuba hay 2 resultados Cotilla *et al.* (2007A) y Cotilla (2014), pero, como dicen esos autores, que no cierran el tema. En MX hay varios catálogos de fallas, entre ellos seleccionamos dos: 1) Cruz Castillo (2002); y 2) Cid Villegas (2015). El primero de esos trabajos se

© 2021 Global Journals

dedica a la Península de California y su entorno inmediato, donde destacan 20 estructuras. El otro cubre todo MX, y describe 151 fallas, clasificándolas en 3 niveles (A= 28, B= 7, y C= 116). Este último autor asegura que han quedado muchas cuestiones pendientes.

b) Trabajos Sismotectónicos

Diferentes especialistas han investigado la sismotectónica de MX, pero consideramos que es una base de partida lo expuesto por Zúñiga *et al.* (1997) sobre la Regionalización Sismotectónica. Ellos sostienen que: *"…Basándose en los datos de los catálogos instrumental e histórico, el territorio de México se subdividió, de manera global, en Unidades Sismotectónicas con el propósito de posteriormente definir dentro de éstas Zonas Sismogenéticas para ser utilizadas en las estimaciones del Riesgo…"*. Así consideraron 6 aspectos: 1) la localización de terremotos; 2) las características tectónicas de las zonas; 3) los mecanismos focales y los patrones de fallas; 4) las características principales de la liberación de energía de los sismos dentro de cada región; 5) la historia sísmica de cada región; y 6) reducir a un mínimo el número de regiones primarias, de las cuales se puede partir para subdivisiones más refinadas.

Seleccionamos 13 publicaciones (Tabla 1) que representan, desde nuestro punto de vista, el espíritu y el contenido fundamental de las investigaciones sismotectónicas en MX. Es significativo que todos esos trabajos siguen la tendencia de los especialistas norteamericanos. Ellos cubren el periodo final de 1980 al 2016. Todos estudian aspectos locales sobre la sismogenésis, salvo tres, los indicados con los números 4-6 y 13. En particular los trabajos de Zuñiga *et al.* (1997, 2017) se circunscriben por completo al territorio mexicano; y a pesar de que sus mapas regionales difieren (19 y 18 regiones, respectivamente) comprobamos que tienen una gran semejanza. Además, lo expresado acerca de la regionalización por el grupo: 1) primero de autores (*"…es de ningún modo única…"*); 2) segundo de autores (*"…pueden realizarse particiones más finas y precisas…"*) permite proponer una nueva investigación sismotectónica.

c) Estructura sismotectónica

La confección de un MS implica, como se dijo, no sólo el conocimiento de la neotectónica y la sismicidad de un territorio, sino también utilizar la experiencia de especialistas de otros países en tareas de este tipo. Así, la principal utilidad del MS está dirigida al peligro sísmico (Cotilla y Álvarez, 1991; Imaeva *et al.,* 2015, 2016, 2016A). Además, hay que considerar que las estructuras sismotectónicas: 1) están sujetas a complejos procesos de acumulación y liberación de energía, que no siempre se ajustan a ciclos perfectos; y 2) que tales procesos son independientes. Éste es el caso que nos ocupa, MX; ya que está demostrado por: 1) Guzmán Speziale y Gómez (2006) la diferenciación entre la actividad sísmica en las áreas del Occidente de los pares de placas Pacífico-Norteamérica, Cocos-Norteamérica y Cocos-Caribe; y 2) Lyon Caen *et al.* (2006) con medidas de GPS, en el trazo del sistema cuasi paralelo de fallas Polochic-Motagua, la diferencial cinemática de las placas Cocos-Norteamérica-Caribe.

Tabla 1: Selección de trabajos con contenido sismotectónico

Nº	(Año) Autor (es) / Medio	Título
1	(1988) González Ruiz J.R. y McNally K.C./ J.Geophys.Res., 96, 6.297-6.317.	Stress accumulation and release since 1882 in Ometepec, Guerrero, Mexico: Implications for failure and risk assessment of a seismic gap.
2	(1992) Suarez G. y Comte D./ En: Wadati Conference on Great Subduction Earthquakes, Sep-tember 16-17. Editores: D. Christensen *et al.,* 65-66 pp. Geophys.Inst. Univ. of Alaska, Fairbanks.	Comparative analysis of seismogenic coupling in Chile and Mexico: The role of the upper lithospheric thickness.
3	(1995) Kostoglodov V. y Bandy W./ J.Geophys.Res., 100, 17.977-17.989.	Seismotectonic constraints on the convergence rate between the Rivera and North American plates.
4	(1994) Zúñiga R. y Guzmán W./ Informe técnico, Seismic Hazard Project, del IPGH.	Main seismogenic sources in México.
5	(1997) Zúñiga R., Suárez G., Ordaz M. y García Acosta V. / Reporte Final. Capítulo 2: México. Centro Internacional e Investigaciones para el desarrollo. Otawa, Canada. Proyecto 89-0190. IPGH, 84 p.	Proyecto peligro sísmico en Norteamérica y el Caribe.
6	(1997) Montero P.W., Penaldo H.G. y Rojas Q.W./ Universidad de Costa Rica, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, y Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales de América Central. 43 p.	Informe final del Proyecto de Amenaza Sísmica de América Central.
7	(1998) Ortiz M., Singh S.K., Pacheco J. y Kostoglodov V./ Geophys.Res.Lett., 25, 2.857-2.860.	Rupture length of the October 9, 1995 Colima-Jalisco earthquake (Mw 8) estimated from tsunami data.

© 2021 Global Journals

8	(2005) Aguirre G.J., Nieto Obregón J. y Zúñiga F.R./ Geol.Jour., 40, 215-243.	Seismogenic basin and range and intra-arc normal faulting in the Central Mexican Volcanic Belt, Querétaro, México.
9	(2006) Kostoglodov V., Larson K.M. y Franco I./ AGU Fall Meeting Abstracts	Seismotectonics of Central Mexico subduction zone from cristal deformation studies.
10	(2008) Riquer Trujillo G., Williams Linere F., Lermo Samaniego J., Leyva Soneranes R., Neri Flores I. y Santamaría López J./ Soc. Mexicana de Ingeniería Estructural. XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Veracruz, 14 p.	Ampliación de la red de registro sísmico basada en una regionalización sismotectónica preliminar del Estado de Veracruz.
11	(2016) Martínez López M.R. y Mendoza C./ Bol.Soc.Geol. Mexicana, 68(2), 199-214.	Acoplamiento sismogénico en la zona de subducción Michoacán- Colima-Jalisco, México.
12	(2016) Espinosa Rodríguez L.M., Hernández Santana J.R. y Méndez Linares A.P./ Minería y Geología, 32 (4), 91-109.	Evidencia geodésica de movimientos verti-cales recientes en la zona sismogeneradora de Acambay, México.
13	(2017) Zúñiga F.R., Suárez G., Figueroa Soto A., y Mendoza A. / J. of Seismology, 21(6), 1.295-1.322.	A first-order seismotectonic regionalization of Mexico for seismic hazard and risk estimation.

Eck y Stoyanov (1996) comprobaron que los límites político-administrativos en Bulgaria redujeron el alcance de las investigaciones sismotectónicas. Posteriomente, Radulian *et al.* (2000) estudiaron las zonas sismogenéticas en Rumanía e incluyeron datos de países vecinos. Guendel y Protti (1998) analizaron la Sismotectónica de toda América Central. DeShon *et al.* (2003) determinaron la sismogenésis de la zona del Pacífico entre Honduras y Costa Rica. Cotilla y Córdoba (2004) presentaron una interpretación sismotectónica para la Península Ibérica (España y Portugal). Molina *et al.* (2008) realizaron una amplia investigación de peligro y amenaza sísmica, con la correspondiente zonificación sismotectónica, de América Central (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, y Panamá). Meghraoui *et al.* (2016) presentan una colosal obra sismotectónica de África, que evidentemente sobrepasa los límites de territorios individuales. Éste es el caso de MX, ya que las regiones tienen, en sus áreas terrestres y marinas, una manifiesta heterogeneidad tectónica en cuanto a microplacas, bloques y zonas de deformación que se corresponde con 2 tipos de sismicidad. Este patrón se aviene con lo expuesto por England y Jackson (1989) y Gordon (1998).

Para MX algunos especialistas han realizado interesantes trabajos de tectónica (Alaniz Álvarez *et al.,* 2002) y morfotectónica, a diferentes escalas y para áreas y regiones diversas (Carranza Edwards *et al.,* 1975; Aguayo y Marín, 1987; Ortiz Pérez y Boceo, 1989; Ortiz *et al.,* 1993; Hernández Santana *et al.,* 1995, 2007, 2009; Ramírez Herrera y Urrutia Fucugauchi, 1999; Reyes Bache, 2004; Cotilla *et al.,* 2017). De ellos es factible comprobar que las estructuras están segmentadas y tienen algunas intersecciones importantes. También en el campo geofísico se ha determinado la segmentación de las estructuras (Bourgois y Michaud, 1991; Bandy, 1992; Londsale, 1995; Pushcharovsky, 2006). Esto significa que las líneas sismogenéticas no son muy extensas, ni regulares, tampoco homogéneas, ni completamente nacionales.

La segmentación de fallas activas tiene su principal antecedente en el trabajo de Wheeler y Krystinik (1827). Otros estudios como los de Krestnikov *et al.* (1983), Ikeda *et al.* (2009), y Stockmeyer *et al.* (2014) demuestran a partir de estudios geológicos y geofísicos, ambos en el sentido amplio de los términos, la limitación en la capacidad de generar eventos sísmicos máximos. Esto es aplicable al caso de MX.

d) Apuntes Sobre Geología-Tectónica

La preparación de un MS es un material que requiere un profundo estudio de muchos resultados en geología, geomorfología, y tectónica de otros especialistas; lo cual se puede constatar con las referencias indicadas. Esto, evidentemente, ha requerido mucho tiempo y esfuerzo, y la utilización de resultados publicados, correctamente referenciados, evitando duplicidades. Así aseguramos que las investigaciones geológicas y tectónicas, en el sentido amplio de los términos, permiten configurar una buena base para enfrentar la Sismotectónica de MX. Seguidamente relacionamos esos trabajos: Adamek *et al.* (1987), Álvarez (2002, 2007), Álvarez Gómez *et al.* (2008), Anderson *et al.* (1989), Antoine y Pyle (1970), Antonelis (1999), Arnaiz Rodríguez y Garzón (2012), Aubouin *et al.* (1982, 1984), Axen (1995), Bandy *et al.* (2005, 2011), Barckhausen *et al.* (2001), Bartolomé *et al.* (2016), Batllori Sampedro *et al.* (2006), Beck y Ruff (1989), Bergantino (1971), Blackell y Richards (2004), Bryant *et al.* (1968), Buffler *et al.* (1979), Burbach *et al.* (1984), Burkart (1978, 1983), Burkart y Deaton (1987), Burkart y Self (1985), Campa (1978), Campa Uranda (1984), Campa y Coney (1983), Campos Enriquez y Sánchez Zamora (2000), Chen y Clayton (2012), Coney (1983), Correa *et al.* (2009), Couch y Woodcock (1981),

© 2021 Global Journals

Cserna (1984), Coyan *et al.* (2013), Cruz Carrillo (2002), Dañobeitia *et al.* (1997, 2016), Delgado *et al.* (1997), Demant (1978, 1984), DeMets (2001), DeMets y Stein (1990), DeMets y Traylen (2000), DeMets y Wilson (1997), DeMets *et al.* (2007), Dengo (1985), Díaz y Mooser (1972), ERN-CAPRA (2007), Fernández (2002), Ferrari (1995), Ferrari y Rosas Elguera (2000), Ferrari *et al.* (1992), Fisher (1964), Fletcher y Munguia (2000), Frez y González (1991), Garrison y Martín (1973), Gordon y Muehlberger (1994), González Torres (2005), Gusiakov (2002), Gutiérrez *et al.* (2015), Guzmán *et al.* (1989), Guzman Speziale (2001, 2010), Guzmán Speziale y Meneses Rocha (2000), Guzmán Speziale y Gómez (2006), Guzman Speziale *et al.* (1989, 2006), Hamilton (1961), Heil y Silver (1985), Iida *et al.* (1967), Johnston y Thorkelson (197), Khutorskoy *et al.* (1994), Klitgord y Mammerickx (1982), Molina (1997), Kostoglodov y Ponce (1994), Leon Soto *et al.* (2009), Llata Romera (2011), López Ramos (1983), Luhr *et al.* (1985), Lyon Caen *et al.* (2006), Manea y Manea (2011), Manea *et al.* (2005), Mann y Burke (1984), Mann y Corrigan (1990), Mann *et al.* (1981), McNally y Minster (1981), Menard y Fisher (1958), Mercier de Lepinar *et al.* (1997), Meschede y Barckhausen (2000), Michaud *et al.* (1996, 2000, 2001, 2005), Minsihull *et al.* (2005), Morán (1984), Morán *et al.* (2005), Moore y Buffngton (1968), Moore y Castillo (1974), Moore *et al.* (1982, 1985), Mueller y Rockwell (1995), Nieto Samaniego *et al.* (2005), Norini *et al.* (2006), Normark y Curray (1968), Nunn (1985), Núñez Cornú *et al.* (2016), Ortega Gutiérrez *et al.* (1992), Padilla Sánchez (2007, 2013), Pardo y Suárez (1993, 1995), Peláez Gaviria *et al.* (2013), Pérez Campos *et al.* (2008), Petersen (1976), Pindell J., y Kennan (2001), Plafker (1976), Plattner *et al.* (2009), Ponce *et al.* (1992), Protti *et al.* (1994), Ramos Zúñiga *et al.* (2012), Quintero y Guendell (2000), RESIS II (2008), Rojas *et al.* (2012), Rosencratz (1990), Rosenblueth *et al.* (1989), Ross y Scotese (1988), Sandoval (1985), Sedlock *et al.* (1993), Selvans *et al.* (2011), Serpa *et al.* (1989), Serrano Díaz *et al.* (2004), Servicio Oceanográfico Nacional (2009), Shubert y Cebull (1984), Silver *et al.* (1990), Soloviev y Go (1975), Stefan *et al.* (1988), Stock *et al.* (1993), Suarez (2013), Suárez y López (2011), Suter (1987), Suter *et al.* (1992, 2001), Tolson (2005), Urbina y Camacho (1913), Urrutia Fucugauchi y Castillo (1977), Watkins *et al.* (1982), Wdowinski (1998), *World Stress Map* (2016), Zoback (2012), y Zúñiga y Guzmán (1994).

Los países en el margen del Pacífico americano, tienen relación directa con los límites tectónicos del sistema de placas Caribe-Norteamérica-Cocos-Nazca y de la microplaca Rivera (Figura 1). Ellos son parte del "Cinturón de Fuego del Pacífico". En ese margen hay significativas diferencias en la morfología e hipsometría del relieve, las velocidades relativas de movimiento, los niveles de actividad sísmica y volcánica, y los tipos de fuentes sismogenéticas (de interior de placas y de entre placas). En la figura 3 de Demant (1978) se aprecian la geometría, la configuración y los elementos principales del entorno tectónico contemporáneo de MX. Destacamos de ella la posición, el contacto geo-dinámico de las placas Cocos y Caribe y la configuración arqueada de América Central (al S de Chiapas y hasta Panamá).

La fosa Mesoamericana [FM] es una estructura deprimida, relativamente estrecha, y sísmicamente activa que se extiende a lo largo de la costa del Océano Pacífico desde Nayarit-Puerto Vallarta (en MX) hasta el S de Chile. Aquí hay diferentes velocidades de convergencia entre los sistemas de placas Rivera-Norteamérica, Cocos-Norteamérica, Cocos-Caribe, y Cocos-Nazca-Suramérica (Figuras 4 y 5). En ese entorno, cuasi-lineal se distinguen cadenas de montañas en las partes emergidas, fosas y depresiones submarinas y volcanes. Así, se aprecia la diversidad de las zonas de subducción con sus perfiles de Wadati-Benioff [W-B], que están asociadas con la actividad y el peligro. Esa actividad se refiere a los terremotos (Tabla 2), tsunamis y volcanes. La frecuencia de ocurrencia en ese periodo de eventos con $M \geq 6{,}4$ es de 1,4.

La zona de subducción de MX es una franja inmediata a la costa del Pacífico y parte de la FM. Ella está definida no sólo por la geometría batimétrica, la localización de las cadenas volcánicas sino también por la actividad sísmica. En general, la zona de W-B destaca por su diferente buzamiento (ángulos de 50°-70°), y profundidades de los hipocentros de hasta >200 km, en el continente. Entre Nayarit y Chiapas (de N a S), se diferencia por la: 1) edad estimada (en 10^{6} de años) de 8 a 15; y 2) forma de su eje central que cambia de cóncavo a lineal a cóncavo (Figuras 1 y 5).

© 2021 Global Journals

Tabla 2: Terremotos en México de 2000-2017 (M≥ 6,4)

Nº	Fecha	M / h (km)	Coordenadas (N / O)	Nº	Fecha	M / h (km)	Coordenadas (N / O)
1	2000.08.09	7,0/ 9	17,94 / 102,71	13	2012.03.20	7,4/ 16	16,25 / 98,52
2	2001.05.19	6,5/ 20	18,27 / 105,72	14	.04.11	6,4/ 16	17,90 / 103,06
3	2003.01.21	7,6/ 10	18,22 / 104,60	15	.12	6,8/ 10	28,78 / 113,43
4	2006.01.04	6,7/ 10	28,10 / 112,07	16	.11.07	7,3/ 16	14,08 / 93,32
5	2008.02.12	6,6/ 90	16,19 / 94,54	17	2014.04.18	7,2/ 10	17,18 / 101,19
6	.09.23	6,4/ 42	17,16 / 105,16	18	.05.08	6,4/ 17	17,11 / 100,87
7	.10.26	6,6/ 23	13,87 / 92,50	19	.07.07	6,9/ 60	14,75 / 92,63
8	2009.08.03	6,9/ 10	28,48 / 112,24	20	.29	6,4/ 117	17,70 / 95,63
9	2010.04.04	7,2/ 10	32,54 / 115,36	21	2015.09.15	6,7/ 10	24,96 / 109,49
10	.10.21	6,5/ 8	24,62 / 109,43	22	.12.17	6,6/ 90	15,76 / 93,70
11	2011.04.07	6,7/ 167	17,20 / 94,34	23	2017.09.07	8,2/ 58	14,85 / 94,11
12	.12.10	6,5/ 58	17,84 / 99.98	24	.19	7,1/ 57	18,40 / 98,72

Totales: 6,4-6.9= 16; 7,0-7,9= 7; 8,0-8,2= 1

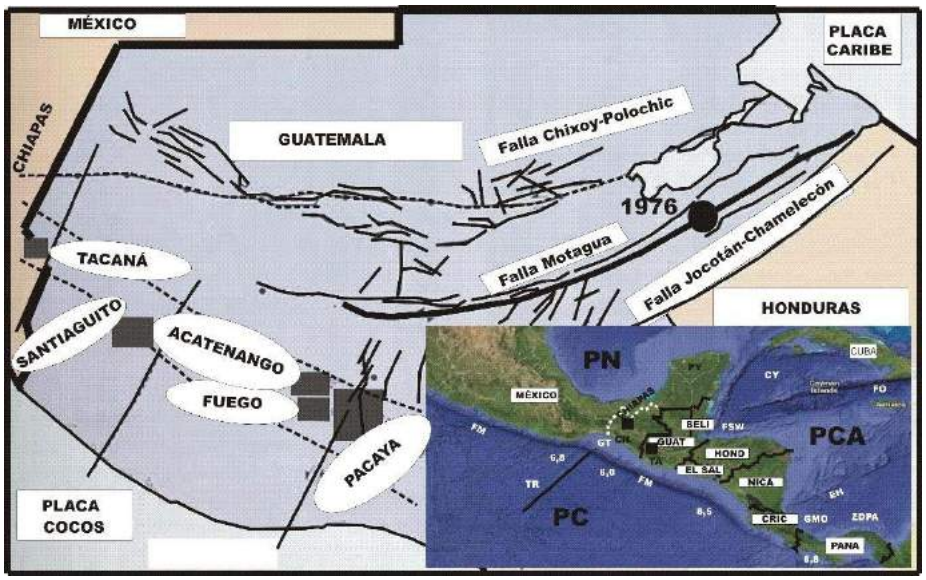

Figura 4: Región de Chiapas-Guatemala

Aparecen: **1)** Principales fallas y fracturas de Guatemala (líneas negras); **2)** Volcanes activos de Guatemala (rectángulos grises); **3)** Epicentro del terremoto del 04.02.1976 (M 7,6) (ver Tabla 3); y **4)** Recuadro: A) con los países, al S y E, de México (BELI= Belize, CRIC= Costa Rica, EL SAL= El Salvador, GUAT= Guatemala, HOND= Honduras, NICA= Nicaragua, y PANA= Panamá); B) Placas (PC= Cocos, PCA= Caribe, y PN= Norteamérica); C) Volcanes (CH= Chichón (Chiapas-México) y TA= Tacaná (Guatemala), indicados con cuadrados negros); D) velocidad relativa (cm/año); y E) Lugares (CY= Cuenca de Yucatán, EH= Escarpe de Hess, FM= Fosa Mesoamericana, FO= Fosa Oriente, SW= Falla Swan, GMO= Golfo de los Mosquitos, GT= Golfo de Tehuantepec, PY= Península de Yucatán, TR= Tehuantepec Ridge, y ZDPA= Zona de deformación de Panamá).

La placa Pacífico abarca la mayor parte del Océano homónimo (Figura 1). En la parte E limita con las placas de Norteamérica (donde está MX) y de Suramérica. En algunos de sus segmentos se definen microplacas (ejemplos: Juan de Fuca, Gorda y Explorador y que están asociadas con la falla de San Andrés). También se configura la cadena volcánica Cascadia, y más al S, de la Península de California, aparecen la microplaca Rivera, la placa Cocos (3.10^6 km^2), y la placa Nazca. Estas 3 últimas son restos de la placa Farallón (23.10^6 años). Las 2 primeras subducen bajo la placa norteamericana y se vinculan con la Cadena Volcánica Trans-mejicana (o Eje Neovolcánico [ENV]) (Figura 6). La microplaca Rivera, ubicada al N de la placa Cocos, se separó de ésta hace $5\text{-}10.10^6$ años y se desplaza con una velocidad relativa de unos 2,5 cm/año, y la placa Cocos con 5 y 8 cm/año cerca de Manzanillo y en Tehuantepec, respectivamente. Además existe una importante disminución de la velocidad relativa de convergencia, entorno a la Cuenca de Manzanillo, de 2-6 cm/año. La zona marina, al S del Golfo y la Península de California y el NO de Puerto Vallarta, tiene un importante cambio estructural, donde hay 3 sistemas de fallas del tipo: 1) transcurrente; 2) inverso (subducción asociada a la FM); y 3) normal (transversal a los anteriores y que se corresponde con el graben de Vallarta). Esta zona es un elemento excepcional y único para la comprensión geodinámica

© 2021 Global Journals

de la región. También en el entorno de MX hay otras 3 importantes zonas tectónicas relacionadas con la intersección de grandes estructuras, los Puntos Triples de las placas: 1) Pacífico-Norteamérica (Cerro Prieto-Laguna Salada-Golfo de California); 2) Norteamérica-Cocos-Rivera (Baja California-Puerto Vallarta); y 3) Caribe-Cocos-Norteamérica (en Chiapas-Guatemala) (Figuras 1, 4 y 6). La primera intersección (Punta Borrascosa) corresponde a la bifurcación de la falla sismogenética de San Andrés en un sistema cuasi paralelo de 3 fallas activas (Cerro Prieto, Amado y Wagner). A este sistema le denominamos Fracturas del Golfo. A menor escala existe una intersección de estructuras en Colima-Laguna de Chapala-Tepic-Zacoalco (Figura 6). Estas últimas son de menor categoría y actividad. Aquí el punto triple se configura con 3 estructuras tipo graben, y direcciones NO-SE (Tepic-Zacoalco), E-O (Chapala), y N-S (Colima). El primer y tercer graben tienen volcanes activos (Sanganguey, Ceboruco y Colima). Todas estas estructuras se vinculan con fallas de tipo normal, la mayoría inactivas en la etapa actual de acuerdo con nuestros datos. No obstante, se considera que atendiendo a la estructura y la disposición espacial de los graben, en las inmediaciones de la laguna de Chapala (Figura 7), hay un tensor resultante del proceso de interacción con dirección ENE. Esa dirección se corresponde con la convergencia de las placas.

El límite del S de MX (entre las placas de Norteamérica y del Caribe, está acompañado por la placa Cocos) (Figura 4), mencionado anteriormente, está dado por 3 sistemas de fallas cuasi paralelas (Chixoy-Polochic, Motagua, y Jocotán-Chamelecón) localizadas, principalmente, en la parte continental de Guatemala. Ellas aunque tienen una misma dirección aproximada E-O y ser de tipo transcurrente, demuestran actividad sísmica muy distinta. En particular la falla Motagua se asocia al terremoto del 04.02.1976 (M 7,9/ h 5 km/ Intensidad de 9 grados/ 22.870 muertos, 76.504 heridos, y $>1.10^6$ damnificados), y considera tiene relación al E con la falla activa Swan. La falla del Polochic no tiene relación aparente con la falla Motagua. Su trazo en el relieve es continuo hasta alcanzar Chiapas donde se divide en 2 segmentos; aunque Authemayou *et al.* (2012) sostiene que es activa. Mientras que la falla Jocotán no tiene actividad sísmica reconocida, pero se describe muy bien por segmentos como tipo falla normal. También se ha determinado, con medidas de GPS, un movimiento relativo (de 1,7 cm/año) entre las mencionadas placas y que la velocidad disminuye hacia el Pacífico. Sin embargo, Authemayou *et al.* (2011) sostienen que en la intersección de 3 las placas se configura un gran punto triple activo (su figura 1), con un modelo de tipo "*pull-up and zipper",* para el sistema de fallas Polochic-Motagua. Con anterioridad, Cotilla y Udías (1999) propusieron para la región un modelo geo-dinámico que contenía un sistema de bloques y zonas sismoactivas. En él se indicaba el importante campo tensional del área de interacción geodinámica de las placas Caribe-Norteamérica-Cocos; y consideraron sólo la sismoactividad de la falla Motagua y su relación lateral con la falla Swan. Esta falla Swan ha tenido una actividad reciente (09.01.2018) con un sismo de M 7,6 / h 10 km / 17,469 N 83,52 O (USGS). El evento ha sido el mayor registrado hasta la fecha en ella; sin embargo, sólo fue percibido en la zona de Quintana Roo, sin daños materiales.

e) Volcanes

Desde el punto de vista tectónico y geo-dinámico resulta muy útil la evaluación de los mapas de: 1) Anomalías de Bouguer Total, escala 1:5.000.000 (la figura 4 de Arnaiz Rodríguez y Garzón, 2012), donde están bien delimitadas las grandes estructuras tectónicas en el entorno 100º/ 50º O y 5º/ 30º N. Aparece la zona continental de América del Norte-México-América del Sur con los valores mínimos que se relacionan con la subducción; mientras que la placa Cocos alcanza un máximo de ~279-340 mGal y se asegura que es joven; y 2) Flujo de Calor de la Corteza, en el sector de MX, que muestra una significativa diferenciación entre la zona Norte-Central, hasta las inmediaciones de Manzanillo y el ENV, con respecto al S de la mencionada Cadena hasta Oaxaca-Chiapas-Yucatán. También en el mapa del espesor continental de Norteamérica se distingue una distribución transversal con incremento al E.

Además, se valoraron otros estudios sobre los sistemas volcánicos: Meyer Abich (1956), Mina (1972), Mooser (1972), Carr y Stoiber (1973), Stoiber (1973), Stoiber y Rose (1974), Cruz y Wyss (1983), Hauback (1984), Lugo *et al.* (1985), Verma (1985), Allan (1986), Johnson y Harrison (1989), Delgado Granados (1993), Fidel Smoll *et al.* (1997), Garduño Monroy *et al.* (1998), Ego y Ansan (2002), CENAPRED (2001), Fisher *et al.* (2003), Husen *et al.* (2003), Macías *et al.* (2003), García Palomo *et al.* (2004), Cox *et al.* (2008), Ferrari *et al.* (2012), y Clemente *et al.* (2013). De ellos se identifica y confirma que en la zona costera continental americana la presencia de una extensa cadena volcánica, que está asociada directamente con la subducción en la FM. Ahí la placa que subduce lo hace con distinto ángulo, profundidad, actividad en diferentes segmentos de la línea de costa y edad. Existe también otro conjunto volcánico activo, pero con dirección transversal (el ENV), y que no es paralelo a la trinchera, aunque su morfología y disposición espacial puede vincularse a la subducción de la microplaca Rivera (Figura 5). Este ENV (L= 900 km, A= 120-130 km, Hmed= 2.500 m) tiene entre sus volcanes a 4 estructuras relacionadas con la neotectónica (altitud (m)/ año última actividad): Ceboruco (2.280/1875), Colima (3.880/2016), Nevado de Colima (4.250), y Popocatépetl (5.550/2016). La

© 2021 Global Journals

figura 40 de CENAPRED (2001) expone que son 7 los volcanes con mayor peligrosidad en MX (Ceboruco, Colima, El Chichón (1.315/1982), Popocatépetl, Pico de Orizaba (3.690/1858), San Martín de Tuxla (1.650/1796), y Tacaná (en el S de Chiapas: 4.067/1986)).

Seguidamente relacionamos otros volcanes de MX atendiendo a 2 características (altitud (m)/ año de última erupción): (Barcena (332/1953), Citlaltépeti (5.767/1846), El Jorullo (1.330/1967), Jocotitlan (3.900/1.270), Michoacán-Guanajuato (3.860/1952), Paricutin (2.800/1952), Pinacate (2.800/1952), San Andrés Tuxla (en las inmediaciones del GM: 3.690/1858), Socorro (1.050/1993-94) y Tres Vírgenes (1.940/2011): en la Península de California (superficie de 143.600 km^2 (L= 1.400 km, A= 70 km)), en la Sierra homónima (Figura 8)). En la figura 1 de Pardo y Suárez (1995) aparece la relativa interrupción de las cadenas volcánicas en la parte continental del S de MX y Guatemala.

Dean y Drake (1978) aseguran que: 1) la fractura de Tehuantepec afecta a la FM, divide a la placa Cocos, y se extiende en la zona continental hacia Chiapas; y 2) la zona de subducción está dividida, sucesiva y lateralmente, en segmentos de 100-300 km. Sandoval (1985) determina que los principales rasgos morfotectónicos del talud interior de la FM se continúan al interior continental, como la falla Tecpan (en Guerrero), por más de 300 km. También que en la zona costera, y en las inmediaciones de la localidad de Manzanillo, está el graben El Gordo (dirección SSO-NNE), que se asocia espacialmente con el comentado graben de Colima (dirección S-N), donde hay volcanes. Además, hay una importante actividad sísmica (09.10.1995) incluidos tsunamis en Manzanillo. Todos esos elementos lineales estarían en la zona límite de placas Pacífico-MX).

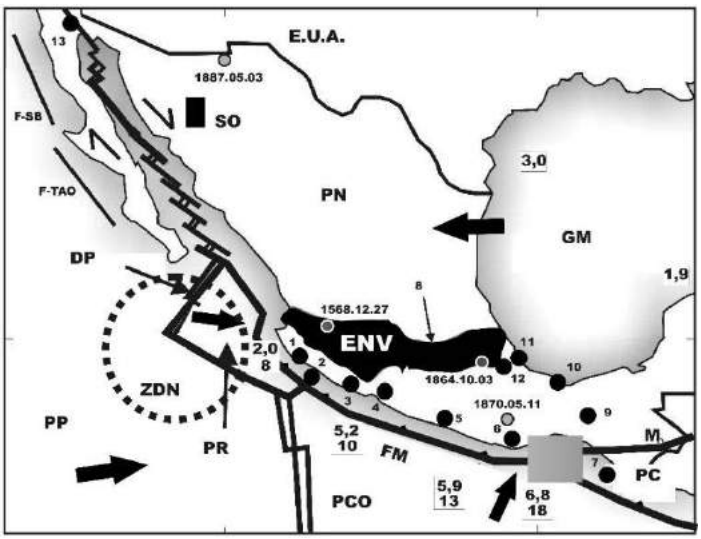

Figura 5: Principales placas

Aparecen: **1)** Placas (PC= Caribe, PCO= Cocos, PN= Norteamérica, PP= Pacífico, y PR= Rivera); **2)** Elementos (DP= Dorsal del Pacífico, ENV= Eje Neovolcánico, E.U.A.= Estados Unidos de Norteamérica, FM= Fosa Mesoamericana, F-SB= Falla de San Benito, F-TAO= Falla Tosco-Abreojos, GM= Golfo de México, M= Motagua, SO= Sonora (rectángulo negro) y ZDN= Zona de deformación neotectónica (círculo de puntos negros); **3)** Sentido de movimiento de las: (A) placas (flechas negras gruesas), B) fallas (flechas negras finas)); **4)** Fallas y fracturas (líneas negras); **5)** velocidad relativa de movimiento (cm/año) y edad (10^6 años) aparecen en un cuadrado; **6)** Epicentros de terremotos: A) (circulo negro y número asociado [1= 1995.10.09 (M 8/ tsunami/ 49 muertos-200 heridos), 2= 2003.01.21 (M 7,6/ 20 muertos-290 heridos), 3= 1985.09.19 (M 8,1/ 9.500 muertos), 4= 1985.09.21 (7,6), 5= 2012.03.20 (M 7,4/ 2 muertos-14 heridos), 6= 1999.09.30 (M 7,4), 7= 2017.09.07 (M 8,2), 8= 2017.09.19 (M 7,1), 9= 1902.09.23 (M 7,8), 10= 1959.08.26 (M 6,4), 11= 1973.08.28 (M 7,3/ 1.200 muertos), 12= 1920.01.03 (M 8,0/ >650 muertos), 13= 2010.04.04 (M 7,2/ 4 muertos)]); B) 4 históricos con I= X grados (circulo gris y fecha asociada) ver Tablas 6 y 7); y **7)** Zona de intersección tectónica Chiapas-Guatemala (rectángulo gris), que incluye al volcán Tacaná. En este entorno está el sismo del SO de Tapachuela, Chiapas (frontera Guatemala-México) del 07.07.2014 (M 6,9/ h 56 km/ 14,65 N 92,56 O/ >250 réplicas).

Al S de MX, en el segmento Chiapas-Guatemala-Caribe, hay una relativa interrupción en el relieve del sistema montañoso continental (en cuanto a los niveles hipsométricos). Aquí el acoplamiento de las placas Caribe y Cocos es relativamente suave, y esta última se hunde con un ángulo menor, por lo que la zona de W-B es más superficial. Mientras que para el segmento de América Central, donde el arco volcánico, hay un mayor buzamiento de la zona W-B de 60º-80º con dirección NE, e hipocentros de hasta 200 km. A lo largo, de la costa, para esa subducción se identifican varios segmentos de hasta 300 km y se aprecian importantes diferencias en el rumbo y el buzamiento en esos planos. Esto se corresponde con los mecanismos focales determinados a distintos rangos de profundidad. Así, en los primeros 10 km hay fallas de tipo normal, que pasan al tipo inverso a 15-50 km. Evidentemente, esto es un marco tectónico activo complejo.

© 2021 Global Journals

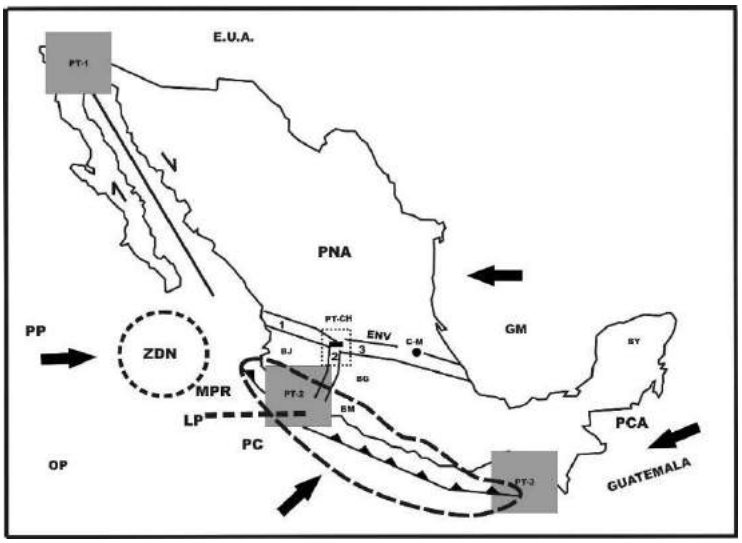

Figura 6: Esquema de las zonas tectónicas significativas

Aparecen: **1)** Lugares (C-M= Ciudad de México, ENV= Eje Neovolcánico, E.U.A.= Estados Unidos de América, GM= Golfo de México, LP= Límite de placas, y OP= Océano Pacífico); Placas (PCO= Cocos, PC= Caribe, PN= Norteamérica, PP= Pacífico, y MPR= Microplaca Rivera); **2)** Sentido de movimiento de las placas (flechas gruesas negras); **3)** Zona de deformación neotectónica (ZDN: circulo con puntos); **4)** Punto Triple (A) cuadrado gris (PT-1= Cerro Prieto-Laguna Salada (Punta Borrascosa), PT-2= California-Vallarta y PT-3= Chiapas-Guatemala), y B) rectángulo de puntos con rectángulo negro en el centro (PT-CH= Chapala. Ver Figura 7); **5)** Graben (1= Tepic-Zacoalco, 2= Colima, y 3= Chapala); **6)** Zona epicentral significativa (elipse con línea discontinua); y **7)** Zona de subducción (línea negra con triángulos), y 10) Fracturas y fallas del Golfo de California (con sentido de movimiento relativo).

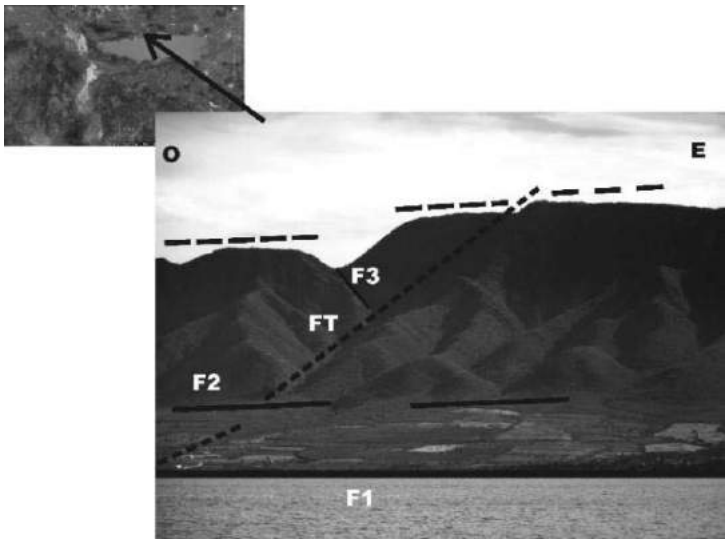

Figura 7: Laguna de Chapala

En la combinación fotográfica de la Laguna de Chapala, dentro del Eje Neovolcánico, aparecen indicados: **1)** parte de los niveles hipsométricos máximos escalonados (líneas largas discontinuas negras); y **2)** sistema de fallas y fracturas (líneas continuas y discontinuas cortas negras, con letras en blanco) determinado y cartografiado por Cotilla *et al.* (2017), ver Figura 6. La Laguna y su entorno montañoso aledaño forman parte del mesobloque activo Guadalajara. Esta región pertenece a la zona sísmica B (ver Figura 10).

Como se comentó, para el caso de MX, el territorio de América Central también se divide en segmentos tectónicos sobre la base de la distribución y posición de las alineaciones volcánicas activas. Esa zonación de 7 partes se corresponde con la morfología y disposición de los volcanes, el patrón de las fallas recientes, la existencia de alineaciones transversales y la ocurrencia de terremotos someros. En ellos se aprecian rupturas diversas de las placas de subducción. La situación tectónica resulta mucho más compleja al E de la Cresta de Panamá, donde aparece la zona de Fracturas de Panamá (Figura 1). Esta zona limita las placas oceánicas Cocos y Nazca y tiene mecanismos focales de tipo transcurrente. En ese marco, la segunda placa penetra con ángulo de buzamiento suave y oblicuamente en la fosa de Panamá, y hacia la placa de Suramérica. Esto se visualiza con la morfología, la hipsometría y la distribución del relieve en la región continental.

© 2021 Global Journals

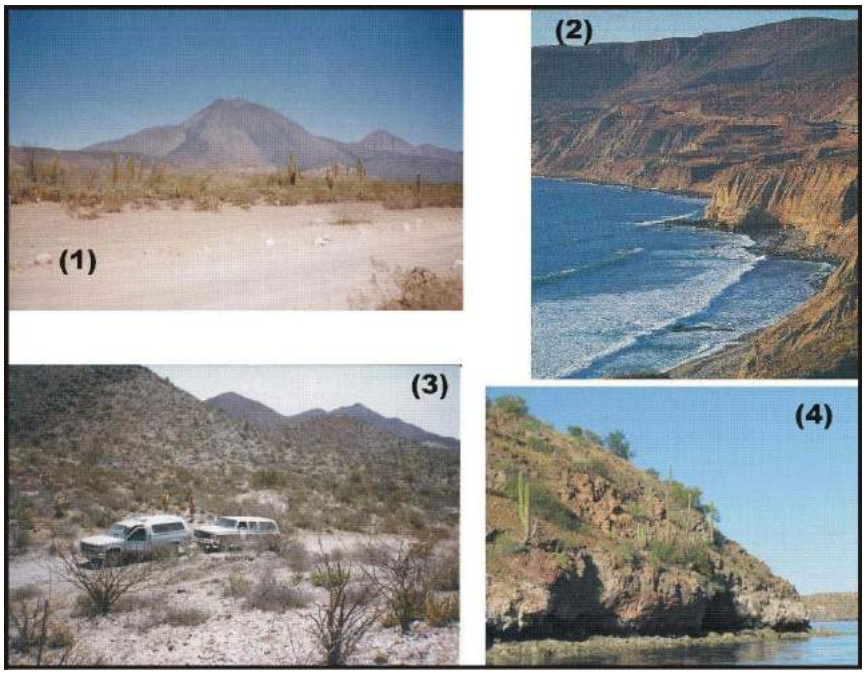

Figura 8: Vistas de la Península de California

Las fotografías muestran 4 áreas diferentes en la Península de California (**(1)**= volcán Tres Vírgenes (1.940 m / año de la última actividad 2011); **(2)**= costa abrupta del Pacífico en Ensenada; **(3)**= alineación montañosa N-S del desierto, con depósitos aluviales, en las inmediaciones de Punta Francisquito; y **(4)**= pendiente rocosa >40° orientada al SE, y en contacto directo con el Golfo de California (ver Figuras 2, 5, y 6). Las zonas sísmicas B, C y D incluyen a estas áreas (ver Figura 10)).

Respecto de la complejidad tectónica mencionada se conoce que en esa parte marina se distinguen algunos otros elementos morfológicos diversos como: sierras y elevaciones montañosas oceánicas (ejemplos: la Cresta de Cocos y los Montes de Fisher). A partir de ellos, se asegura que son los responsables de las modificaciones de los planos de subducción; ya que constituyen "asperezas". También se sostiene que la profundidad de los terremotos entre Costa Rica y Panamá es inferior a 70 km, y que el plano subducción es de ~60°. No obstante, los terremotos de interior de placa se localizan en profundidades superiores a 50 km y tienen fallas normales.

Una somera comparación entre MX y otros países americanos del Pacífico aparece en la tabla 3. En ella hay datos de superficie, población, actividad sísmica, volcanes, y tsunamis. Seguidamente, relacionamos algunos volcanes del arco volcánico del Pacífico (al S de MX). Ese segmento tectónico es mucho más activo y con mayor cantidad de volcanes (altitud (m)/ año de la última erupción). Así por países están 49 estructuras volcánicas activas: 1) *Chile (11)* (Caibuco (2.015/2015), Chaitén (962/2008-09), Chiliques (5.778/2003), Copahue (2.997/2012-14), Cordón Caulle (2.240/2011), Hudson (1.950/2011), Llaima (3.125/2008-09), Nevado de Chillán (3.122/2016), Planchín (3.977/2010), Puyehue (2.240/2011-12), y Villarrica (2.847/2015)); 2) *Costa Rica (5)* (Arenal (1.670/2010), Irazú (3.432/1994), Poás (2.708/2017), Rincón de la Vieja (1.916/2018), y Turrialba (3.340/2018)); 3) *Ecuador (8)* (Chiles (4.756/1936), Cotopaxi (5.897/2015), Pichincha (4.784/1999), Reventador (3.562/2007), Sangay (5.280/2007), Sumaco (3.990/1933), Tungurahua (5.023/2014), y Wolf- Islas Galápagos (1.707/2015)); 4) *El Salvador (5)* (Izalco (1.965/1966), San Miguel (2.130/2013), San Salvador (1.850/1917), San Vicente (2.173/2009), y Santa Ana (2.382/2005)); 5) *Guatemala (5)* (Acatenango (3.976/1972), Fuego (3.763/2015), Pacaya (2.552/2010), Santiaguito (2.500/2016), y Tacaná (4.092/1986)); 6) *Nicaragua (7)* (Cerro Negro (728/1999), Concepción (1.610/2007), Masaya (635/2003), Momotombo (1.297/2015), Momotombito (390/1998), San Cristóbal (1.745/2012), y Telica (1.061/2011)); 7) *Panamá (2)* (Barú (3.474/1550), y La Yeguada (1.297/1620)); y 8) *Perú (6)* (Huaynaputina (4.850/1600), Misti (5.822/1985), Sabancaya (5.967/2016), Tutupaca (5.815/1902), Ubinas (5.672/2016), y Yucamane (5.550/1802)).

© 2021 Global Journals

Tabla 3: Datos de Países del Pacífico Americano al Sur de México

Nº	País	Superficie (km^2)/ Población (aproximadas)	Mmáx / h (km) / fallecidos	Volcanes/ Tsunamis
1	El Salvador	21.10^3/ 733.10^4	8,1/ 25/ 400	22/ 3
2	Chile	756.10^3/ $17,6.10^6$	9,6/ 35/ 1.655-2.000	~500/ 35
3	Costa Rica	51.10^3/ $4,9.10^6$	7,6/ 10/ 125	17/ 15
4	Guatemala	109.10^3/ $17,4.10^6$	7,9/ 60/ 22.870	37/ 5
5	Honduras	$112,5.10^3$/ $911,5.10^4$	7,3/ 10/ 7	4/ 7
6	Nicaragua	62.10^5/ $130,4.10^3$	7,9/ 45/ 22.870	21/ 8
7	Panamá	$75,5.10^3$/ $4,1.10^6$	7,9/ -/ 5	3/ 4
8	Perú	$1,3.10^6$/ 32.10^6	8,4/ 33/ 240	~400/ 123

f) Relieve y Neotectónica

En la revisión bibliográfica realizada también se ha valorado un amplio conjunto de resultados sobre el relieve y la neotectónica de MX de los que destacamos 32 (período 1920-2013) (Tabla 4) y que, evidentemente, sirven de base a nuestros estudios. Así, puede asegurarse que: 1) existe una importante variación del relieve donde se reconoce un conjunto de 15 provincias fisiográficas (Figura 9). En ellas hay 73 sub-provincias; 2) el sistema orográfico puede resumirse en: un conjunto de 3 llanuras (Costera del Pacífico, Costera del Golfo, y de la Península de Yucatán), una altiplanicie (mejicana), una depresión (Balsas), y un grupo de 6 cadenas-sierras montañosas (Baja California, Madre Occidental, Madre Oriental, Madre del Sur, Chiapas, y Volcánica Transversal). Además, se considera que la diferenciación longitudinal y transversal de los sistemas montañosos se relaciona con la transmisión de esfuerzos desde las zonas de placas; 3) las líneas de costa occidental (I-IV) y oriental son heterogéneas y con áreas basculadas (V-IX) (Figura 1); 4) hay una cronología diferencial de terrazas marinas en las costas del occidente y del oriente; y 5) el sistema fluvial de superficie tiene una diferente organización y dimensión con 3 cuencas o vertientes principales (Occidental, Oriental e Interior (situada entre las 2 anteriores, pero de mucha menor dimensión)). En este sentido se ha generalizado y representado una divisoria principal de primer orden de aguas de superficie que divide a MX en sentido longitudinal, y con manifiesta asimetría al Océano Pacífico (Figura 9).

Comparando las figuras de las Provincias Geológicas con las Regiones Fisiográficas se constata una relación unívoca en cuanto a la disposición de sus zonas y sectores. Esto es importante, porque se aprecia en ellas la influencia del sistema de placas sobre el territorio mexicano. De hecho esto último también se reconoce implícitamente en: 1) el patrón de la sismicidad instrumental (Figura 7); y 2) el mapa de Regiones Sísmicas (Figura 10). Otra característica del relieve de MX es la brusca interrupción del sistema de zonas y regiones en las inmediaciones del ENV (Figura 9). Ese sistema tiene dirección N-S y está formado por 7 zonas (Llanura Costera del Pacífico, Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras del Norte-Mesa del Centro, y Grandes Llanuras de Norteamérica-Llanura Costera del Golfo Norte).

En particular la actividad neotectónica vertical se evidencia en la costa de Pacífico mexicano (Woods, 1980), donde hay diversos y variados conjuntos de terrazas marinas emergidas (ejemplo: el Golfo de California). En él, Ortlieb (1978) determinó allí un sistema con altitudes de 3-130 m. En la zona de Puerto Vallarta distinguimos Punta Mita, Farallón, Tecuán, y Manzanillo; y en Oaxaca están Punta Maldonado, Brisa Zicatela, Santa Elena, y Coyote. Ese tipo de estructuras también ha sido identificado y estudiado por Ramírez Herrera y Urrutia Fucugauchi (1999), y Ramírez Herrera (2011).

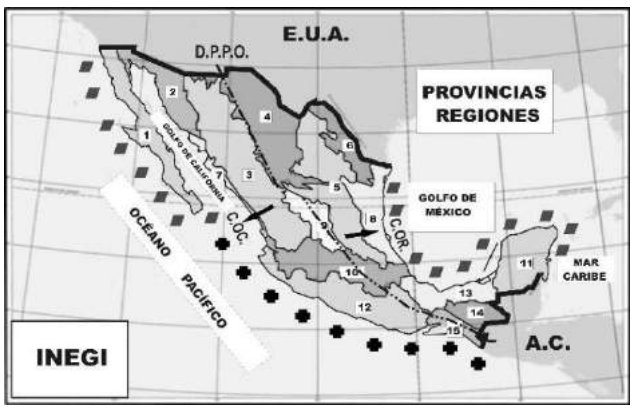

Figura 9: Esquema de las regiones de México

© 2021 Global Journals

Aparecen: **1)** Lugares (A.C.= América Central, y E.U.A.= Estados Unidos de Norteamérica); **2)** Divisoria Principal de Primer Orden [D.P.P.O.] (líneas cortas negras y puntos); **3)** Sentido del escurrimiento superficial (flechas negras) [C.OCC.= Cuenca Occidental, C.OR.= Cuenca Oriental]; **4)** zonas de impacto de tsunamis de Fuentes (Lejanas (diamante de color gris), y Locales (cruz gruesa negra)); y **5)** Provincias fisiográficas del I.N.E.G.I. (1= Península de la Baja California. 2= Llanura Sonorense, 3= Sierra Madre Occidental, 4= Sierras y Llanuras del Norte, 5= Sierra Madre Oriental, 6= Grandes Llanuras de Norteamérica, 7= Llanura Costera del Pacífico, 8=Llanura Costera del Golfo Norte, 9= Mesa del Centro, 10= Sierra Volcánica Transversal (Eje Neovolcánico), 11= Península de Yucatán, 12= Sierra Madre del Sur, 13= Llanura Costera del Golfo Sur, 14= Sierra de Chiapas y Guatemala, y 15= Cordillera Centroamericana). Se aprecia que las zonas tienen un arreglo lateral sucesivo con relación al Océano Pacífico, salvo la Nº 10.

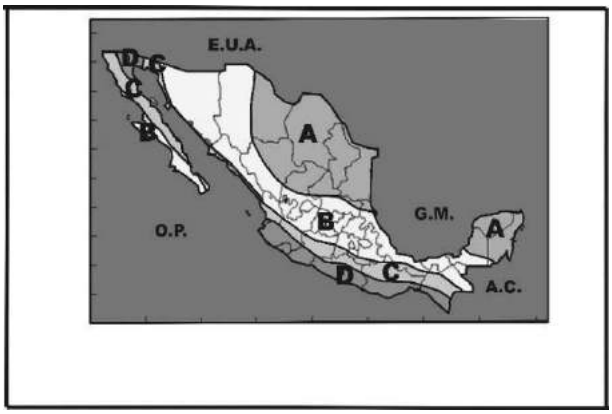

Figura 10: Regiones sísmicas de México

Aparecen: **1)** Lugares (A.C.= América Central, E.U.A.= Estados Unidos de América, G.M.= Golfo de México, y O.P.= Océano Pacífico); y **2)** Regiones de SGM (2017) (nivel-categoría: A= Bajo, B= Medio, C= Alto, y D= Muy alto). La observación realizada en la figura 9 se comprueba también en ésta, el arreglo lateral y sucesivo de las zonas con respecto al Océano Pacífico.

Como se dijo en la Introducción, MX tiene una extensa línea de costa, y ha sido dividida en regiones por Lanza Espino *et al.* (2003) en un conjunto de segmentos (5 en el GM-Mar Caribe, y 9 en la parte del Pacífico). La macro-región del Pacífico además de ser más extensa resulta mucho más compleja que la Oriental. En esa línea se distingue el principal cambio de estilo tectónico regional de MX, en las inmediaciones de Nayarit-Puerto Vallarta, donde el ENV, que pasa de transcurrente (Península de California) a subducción (al S de Nayarit). En ese segmento se ha determinado una zona de deformación neotectónica (Cotilla *et al.,* 2017) (Figuras 1, 5, y 6).

Tabla 4: Estudios sobre el relieve y la neotectónica

Nº	(Año) Autor (es) / Medio	Título
1	(1920) Wittich E./ Bol.Soc.Mex. de Geografía y Estadística, 8, 128-140.	Morfología y origen de la Mesa Central de México.
2	(1941) Ordoñez E./ Revista Geográfica, IPGH, 1(2-3), 1-49.	Las provincias fisiográficas de México.
3	(1961) Álvarez M./ Bol.Soc.Geol. Mexicana, XXIV (2).	Provincias fisiográficas de la República Mexi-cana.
4	(1964) Ordoñez E./ Guía del Explorador Minero, Cap. VI, 103-142.	Principales provincias geográficas y geológi-cas de la República Mexicana.
5	(1964) Raiby E./ Cambridge Mass, 2nd Edition.	Landforms of Mexico.
6	(1964) Rusnak G.A. y Fisher R.L./ Memoirs of the American Association of Petroleum Geologists (3), 144-156.	Structural history and evolution of Gulf of California.
7	(1964) Rushnak G.A., Fisher R.L. y Shepard F.P./ Memoirs of the American Association of Petroleum Geologists (3), 59-75.	Bathymetry and faults of Gulf of California.
8	(1969) Bataillon C./ Editores: Siglo XXI, México.	Las regiones geográficas en México.
9	(1975) Carranza E.A., Gutiérrez E.M. y Rodríguez T.R./ Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, 1(2), 81-88.	Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas.
10	(1978) Ortlieb L./ Revista Inst.Geol., 2(2), 200-211.	Reconocimiento de las terrazas marinas cuaternarias en la parte central de Baja Cali-fornia.
11	(1978) Lugo H.L./ Bol.Soc.Geol. Mexicana, 39(2), 91-100.	Perfil geomorfológico transversal de la Península de Baja California (entre los paralelos 31° y 31°15')
12	(1980) Woods J.A./ Quaternary Research, 13, 346-364.	Geomorphology, deformation and chronology of marine terraces along the Pacific coast of central Baja California.

© 2021 Global Journals

13	(1980) Lugo H.L. y Ortiz M.A./ Bol.Soc.Geol. Mexicana, 48(1-2), 1-14.	Análisis geomorfológico-estructural del con-junto montañoso de la región de Cabo Co-rrientes, Jalisco.
14	(1981) Carfantan J.Ch./ Bol.Inst.Geol., 5(2), 207-216.	Evolución estructural del sureste de México: Paleogeografía e historia tectónica de las zonas internas mesozoicas.
15	(1981) INEGI/ Secretaría de Programación y Presupuesto, México.	Carta fisiográfica de la República Mexicana (8 hojas en escala 1:1.000.000).
16	(1982) Nixon G.T./ Geol.Soc.Am.Bull., 93(6), 514-523.	The relationship between Quaternary volcanism in Central Mexico and the seismicity and the structure of subducted ocean lithosphere.
17	(1986) Lugo H.L./ Bol.Inst. Geog., 15, 9-39.	Morfoestructuras del oceánico mexicano.
18	(1990) Lugo H.L./ Revista Inst.Geol., 9(1), 82-111.	El relieve de la República Mexicana.
19	(1990) Delgado Argote L.A. y Carballido Sánchez E.A./ Bol.Inst.Geol., 9(1), 21-32.	Análisis tectónico del sistema transpresivo neogénico entre Macuspana, Tabasco y Puerto Ángel, Oaxaca.
20	(1990) Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática/ Atlas Nacional de México, Tomo 1, Sección I, 1.1.	Hipsometría y batimetría, escala 1:4.000.000.
21	(1990) Johnson C.A. y Harrison C.G.A./ Phys. Earth Plan.Int., 64, 87-210.	Neotectonics in Central Mexico.
22	(1991) Allan J.F., Nelson S.A., Luhr J.F., Charmichael I.S.E. Wopat M. y Wallace P.J./ En: The Gulf and Peninsular provinces of the California. Editores: J. Dauphin y B. Simoneit. Am.Assoc.Pet.Geol.Bull., Memoir., 47, 425-445.	Pliocene-Holocene rifting and associated volcanism Mexico: An exotic terrane in the making.
23	(1995) Nieto Samaniego A.F., Alainz Álvarez S.A. y Ortega Gutiérrez F./ Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 12(1), 1-8.	Estructura interna de la falla de Oaxaca (México) e influencia de las anisotropías litológicas durante su actividad Cenozoica.
24	(1998) Barrier E., Velasquillo L., Chávez M. y Gaulon R./ Tectonophysics, 287, 77-96.	Neotectonic evolution of Isthmus of Tehuantepec (Southern Mexico).
25	(2001) Suter M., López Martínez M. y Quintero Legorreta O./ Geol.Soc.Am.Bull., 113, 693-703.	Quaternary intra-arc extension in the Central Trans-Mexican Volcanic Belt.
26	(2003) Priego Santander A., Isunza E., Luna G.N. y Pérez J.L./ Dirección del Manejo Inst. de Cuencas Hidrográficas. Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas Inst. Nacional de Ecología.	Cuencas hidrográficas escala 1:250.000 (metadato).
27	(2004) Márquez Azua, Cabral Cano E., Correa Mora F. y DeMets Ch./ Geofísica Internacional, 43(3), 319-330.	A model for Mexican neotectonics based on nationwide GPS measurements, 1993-2001.
28	(2005) Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática/ Dirección General de Geografía.	Provincias fisiográficas de México.
29	(2009) Márquez B. y DeMets C./ Geochemestry, Geophys., Geosystems, 10(2), 1-16.	Deformation of Mexico from continuous GPS from 1993 to 2008.
30	(2010) PEMEX /	Provincias geológicas de México.
31	(2011) Ramírez Herrera Mª T., Kostoglodov V. y Urrutia Fucugauchi J./ Pure appl.geophys., 168, 1.415-1.433.	Overview of recent coastal tectonic deformation in the Mexican subduction zone.
32	(2013) Lanza Espino G de la, Ortiz Pérez M.A. y Carbajal Pérez J.L./ Investigaciones Geográficas, 81, 33-50.	Diferenciación hidrogeomorfológica de los ambientes costeros del Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe.

Coincidimos con Aguayo y Marín (1987) en que: 1) las provincias morfotectónicas de MX resultan de la interacción de 3 placas (Norteamérica, Pacífico y Caribe) que han actuado simultáneamente durante el Cr Superior Tardío-Q; y 2) los rasgos morfotectónicos observados en el continente y el margen Pacífico se asocian con fallas y fracturas (SO-NE). Pero, añadimos que ellas continúan activas. Además, como indicaron Cotilla *et al.* (2017), en su figura 1, hay 14 intersecciones principales de fallas activas en la zona del Océano Pacífico y en el interior de MX (Tabla 5). Entre ellas destaca la zona de deformación neotectónica indicada en las figuras 1, 5, y 6, y que se ajusta a lo expuesto en el párrafo anterior. Así, sobre la base del análisis de esas intersecciones (conocidas también como nudos) entorno a MX entendemos: 1) existe una zona de deformación activa; 2) las fallas activas están segmentadas; y 3) hay más de 7 intersecciones en las inmediaciones de Puerto Vallarta, y 3 en Oaxaca. Al comparar esos 2 territorios, vemos que para la primera región hay mayor: 1) cantidad de fracturas; 2) número de zonas de articulación;

© 2021 Global Journals

3) diversidad de direcciones; y 4) actividad neotectónica (Figura 12). Además, existe una relación inversa en cuanto a las intersecciones y alineamientos entre las partes marina y continental respectiva (Puerto Vallarta= 7/4, y Oaxaca= 3/14). Destaca también que la densidad de epicentros es muy superior en Oaxaca, con respecto a Puerto Vallarta, por lo que consideramos esto es debido, principalmente, a la diferente dimensión de las placas y al muy diferente ángulo de convergencia de esas placas.

La figura 8 de Cotilla *et al.* (2017) muestra las deformaciones neotectónicas y los sistemas de fracturas y fallas para el entorno de Nayarit-Puerto Vallarta-Bahía de Banderas-Colima-Laguna de Chapala. También se ha comprobado la influencia de la transmisión de esfuerzos tectónicos en lugares alejados de la línea de costa del Pacífico como en el entorno del volcán Nevado-Toluca, y el NE de MX. El análisis realizado prueba la presencia de un conjunto de fallas activas (E-O) y de extensión (N-S), así como otras de tipo transcurrente. Además, suponemos que entorno a Puerto Vallarta hay una ligera tendencia de desplazamientos antihorario (al N) y horario (al S), por ser el área de encuentro del sistema de fallas del Golfo de California y la FM, con la intercalación en ángulo de la microplaca Rivera, y con actividad sísmica.

Tabla 5: Intersecciones principales de México

Nº	Fallas – Estructuras	Coordenadas (N / O)
1	Tamayo / Elevado Pacífico-Rivera	22 / 109
2	Tamayo / Fosa Mesoamericana	21 / 107
3	Rivera / Elevado del Pacífico E / Clarion	18 / 106
4	El Gordo / Fosa Mesoamericana	18 / 105
5	Orozco / Balsas	17 / 103
6	O`Gorman / Fosa Mesoamericana	16 / 99
7	Rivera / Elevado del Pacífico E	21 / 110
8	Orozco / Elevado del Pacífico E	15 / 106
9	O`Gorman / Elevado del Pacífico E	12 / 104
10	Tehuantepec / Fosa Mesoamericana	15 / 95
11	Chiapas / Caribe	17 / 87
12	Motagua / Fosa Mesoamericana-Caribe	18 / 92
13	Chapala / 3 graben (Colima-Tepic-Chapala)	20 / 105
14	Punta Borrascosa / Fallas San Andrés-Cerro Prieto-Laguna Salada	31 / 115

Comprobamos que en la Península de California la tectónica determina al relieve, mientras que la litología y el clima tienen mucha menos influencia (Figura 5). Su sistema de elevaciones montañosas tiene un conjunto irregular de escalones (pulsos) y asimetría transversal. Se ha comprobado el desplazamiento lateral al NO con relación a la parte continental adyacente, a través del sistema de fallas del Golfo, que tiene sismicidad asociada. En la figura 6 aparece la representación de un contacto de placas (PT-1= Cerro Prieto-Laguna Salada (Punta Borrascosa)). Así, se identifica a la provincia tectónica de *Salton Through* que conecta al sistema de fallas del Golfo de California con la falla San Andrés (Figura 5). Estos datos sugieren que se puede producir una cuenca oceánica y la ruptura continental. En ella hay cuencas activas con fallas transformes y movimiento lateral derecho que están organizadas "*en-echelon* y *pull-apart*". La cuenca de Salton se subdivide en 2 partes: 1) Cerro Prieto (Mexicali, Baja California); y 2) Brawley (Valle Imperial, California). Ellas son centros de dispersión con deriva continuada desde el final del Mioceno Medio (~12 Ma). En la parte emergida (Figura 9) reconocemos en la región 3 zonas, todas de montaña: 1) Norte, de dirección NNO; 2) Centro, de igual dirección, pero menos enérgico; y 3) Sur, en contacto con el sistema de fallas del Golfo. En este sentido, se puede asegurar que la Península y el Golfo de California pueden ser considerados un polígono geo-dinámico para el estudio de la neotectónica americana (Figura 5).

g) Datos de sismicidad

La información sobre la sismicidad se obtuvo, principalmente, de los siguientes trabajos: Ambraseys (1995), Ambraseys y Adams (1996), Astiz y Kanamori (1984), Bandy *et al.* (1997), Barrientos *et al.* (2006), Bayona Vivieros *et al.* (2017), Benz *et al.* (2010), Bravo *et al.* (2004), Camacho *et al.* (1997), Cheal y Steward (1982), Castro (2015), Cisternas y Vera (2008), Courboulex *et al.* (1997), Dean y Drake (1978), Doser (1987), Doser y Rodriguez (1993), DuBois y Smith (1980), Eissler y McNally (1984), Ellsworth (1990), Esteva (1970), Figueroa (1968, 1970), Flores y Camacho (1922), Franco *et al.* (2013), Frolich (1982), Frohlich y Davis (2002), Galván Ramírez y Montalvo Arrieta (2008), Gangopadhyay y Sen (2008), García Acosta y Suárez (1996), Glowacka y Nava (1996), Glowacka *et al.* (2002), Guendel y Bungum (1995), Hauksson *et al.* (2011), Instituto de Geofísica (2010), Jimenez y Ponce (1978), Kanamori y Stewart (1976), Kostoglodov *et al.* (1996), Lozos (2016), Madariaga (1998), Mazzotti (2007), Medina (1997), Medina *et al.* (1987), Natali y Sbar (1982), Nava (1987), Nettles (2006, 2007), Nieto Samaniego *et al.* (2012), Nishenko y Singh

© 2021 Global Journals

(1987), Norabuena *et al.* (2004), Núñez Cornú y Sánchez Mora (1999), Núñez Cornú *et al.* (1998, 2002, 2004), Pacheco *et al.* (1997, 2006), Pacheco y Sykes (1992), Peraldo y Montero (1999), Quintanar Robles *et al.* (2011), Reyes *et al.* (1979), Rojas *et al.* (1993), Rutz López y Núñez Cornú (2004), Rutz López *et al.* (2013), Sallarés *et al.* (1999), SSN (2016, 2015, 2014, 2014A, 2013, 2011), Shor y Roberts (1958), Singh y Mortera (1991), Singh *et al.* (1981, 1984, 1985, 1985A, 1999, 2007), Suarez *et al.* (1990), Suter *et al.* (1996), SSM (2017), SSN (2000), Torres Vera (2010), Trejo Gómez *et al.* (2015), UNAM- Seismological Group (2010), Shedlock *et al.* (2000), Valdés *et al.* (1986), Warren *et al.* (2008), Wesnousky y Scholz (1980), White *et al.* (2004), Wolters (1986), Yagi *et al.* (2004), Yamamoto *et al.* (1984), Yang *et al.* (2009), y Zúñiga *et al.* (1997).

En las tablas 2 y 6-17 aparecen los datos sobre la sismicidad histórica y la instrumental. Por lo general, se incluyen los terremotos más fuertes. El CENAPRED (2001) asegura que, en 1900-1990, MX ha tenido ~6.10^3 muertos y pérdidas de valor ~$4.500.10^6$ U.S.D. La figura 11, obtenida del SSN de la UNAM, aparece la sismicidad del año 2011. En ella se distingue la distribución espacial de 4.168 epicentros atendiendo a la magnitud. Los terremotos se localizan mayoritariamente (3.135 eventos (~75 %)) en la zona del Océano Pacífico, y ajustados a la línea costera; aunque su alineación, densidad y espaciamiento lateral es diferente por segmentos. La configuración responde a un mismo patrón sismotectónico que también se aprecia en los mapas de los años 2012-2018 (SSN), en cuanto a densidad, magnitud y profundidad. También destacamos los valores porcentuales para tres intervalos de magnitudes (3-4/ 78 %; 4-5/12 %; y 5-7/0,3 %).

Tabla 6: Sismicidad histórica de México en 1805-1900 (M≥7,5)

M	Fecha	Coordenadas (N / O)	M	Fecha	Coordenadas (N / O)
7,5	1805.03.25	18,90 / 103,89	7,7	1818.05.31	19,10 / 103,60
	1845.03.09	16,60 / 97,00		1837.11.22	20,00 / 105,00
	1858.06.19	19,60 / 101,60		1854.05.05	16,30 / 97,30
	1875.02.11	21,00 / 103,80	7,9	1845.04.07	16,60 / 99,20
	1882.07.19	17,70 / 98,20		1870.05.11	15,80 / 96,70
7,6	1806.03.25	20,22 / 103,41		1899.06.24	17,10 / 100,50
	1820.05.04	17,20 / 99,60		1900.01.20	20,00 / 105,00
				Total	*14*

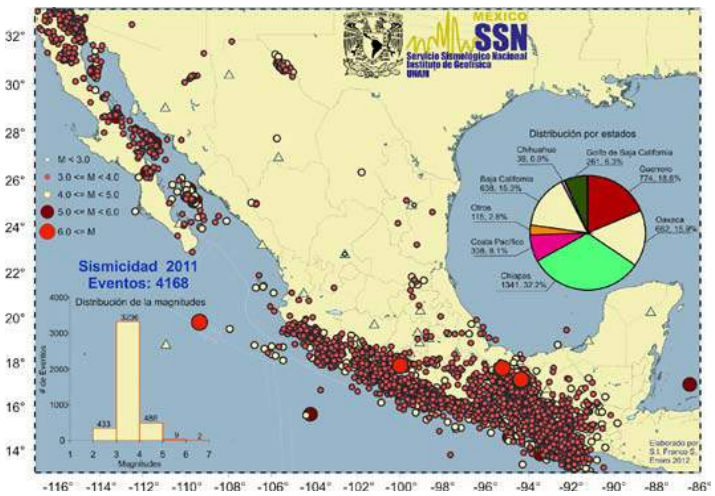

Figura 11: Sismicidad registrada durante 2011 (Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica, UNAM)

El mapa de sismicidad y cuerpos volcánicos de MX y un segmento de América Central de Benz *et al.* (2010) muestra para el periodo 1900-2010 la diferenciación espacial y temporal de la actividad sísmica. Destaca, en él, una estrecha banda de epicentros en color rojo desde el Golfo de California a la América Central. Ella es relativamente estrecha y lineal, ajustada principalmente a la línea de costa. Los eventos tienen ~80 km de profundidad. Los terremotos fuertes están agrupados en 2 segmentos principales: A) Puerto Vallarta-Guerrero (años: 1907, 1909, 1911, 1932, 1941, 1973, 1979, 1985, 1995, y 2003); y B) Oaxaca (años: 1917, 1928, 1931, 1978, y 1999). En esa banda, lógicamente, predominan los terremotos con menores magnitudes. En ese sentido destaca la muy baja densidad epicentral de la Península de California y en el Istmo de Tehuantepec. La mayor densidad está hacia América Central. La disposición de terremotos más profundos (representados en color verde (h> 70 km)) se observa a continuación de la banda anterior y hacia

© 2021 Global Journals

el interior del territorio emergido. En ella también se distingue la muy grande distorsión en cuanto a densidad de epicentros y la geometría en la distribución de conjunto de los eventos. Así, desde las inmediaciones de Veracruz (costa del GM) y hacia América Central la banda de sismicidad es prácticamente homogénea y muy densa. Los terremotos asociados con el ENV son muy escasos, pero en él destaca el terremoto del 23.03.1908 (M 7,5). En ese mapa también aparecen 2 isolíneas de la profundidad de subducción (60 km y 100 km). Ellas son aproximadamente paralelas y ajustadas a la disposición de la línea de costa del Océano Pacífico. Sin embargo, la isolínea de 100 km sólo aparece desde las inmediaciones de Veracruz y hacia América Central.

Tabla 7: Sismicidad histórica más relevante por regiones (1568-1870)

Nº	Fecha	Intensidad	Región	Nº	Fecha	Intensidad	Región
1	1568.12.27	X	Jalisco	11	1787.03.28	IX	Guerrero-Oaxaca
2	1604.03.03	X	Oaxaca	12	1697.02.07	IX	Guerrero
3	1682.03.19	VIII-IX		13	1754.09.01	XI	
4	1696.08.23	IX		14	1820.05.04	IX	
5	1727.03.10	IX		15	1845.04.07	X	
6	1787.04.03	IX		16	1711.08.15	IX	Puebla-Tlaxcala
7	1795.03.23	VIII-IX		17	1864.10.03	X	
8	1801.10.05	IX		18	1776.04.21	IX	Acapulco
9	1870.05.11	X		19	1858.06.19	X	Michoacán
10	1882.07.19	IX		20	1806.03.25	VII	Colima
				21	1818.05.31	X	Jalisco-Colima

Totales: XI= 1, X= 7, IX= 10, VIII-IX= 2, VII= 1

Se mencionó que hay otros 2 mapas que muestran una zonación sismotectónica de MX por profundidad de ocurrencia de terremotos (Zúñiga y Guzmán, 1994; Zúñiga *et al.,* 1997). En ellos aparecen 19 zonas, siendo las de mayor nivel las localizadas en el contacto de las placas. De forma general y esquemática, los autores coinciden con otros especialistas en que MX tiene los 2 tipos de sismicidad: 1) entreplacas (donde se produce el contacto directo); y 2) intraplaca (o del interior de la placa continental). Esas zonas tienen diferencias en cuanto a magnitud y frecuencia de ocurrencia. Los terremotos más fuertes (M> 7,0) en MX están a lo largo de la costa del Pacífico, y son causados por la subducción de las placas oceánicas mencionadas bajo la placa continental de Norteamérica y del Caribe. Para ellas se han estimado profundidades de subducción mayores de 100 km.

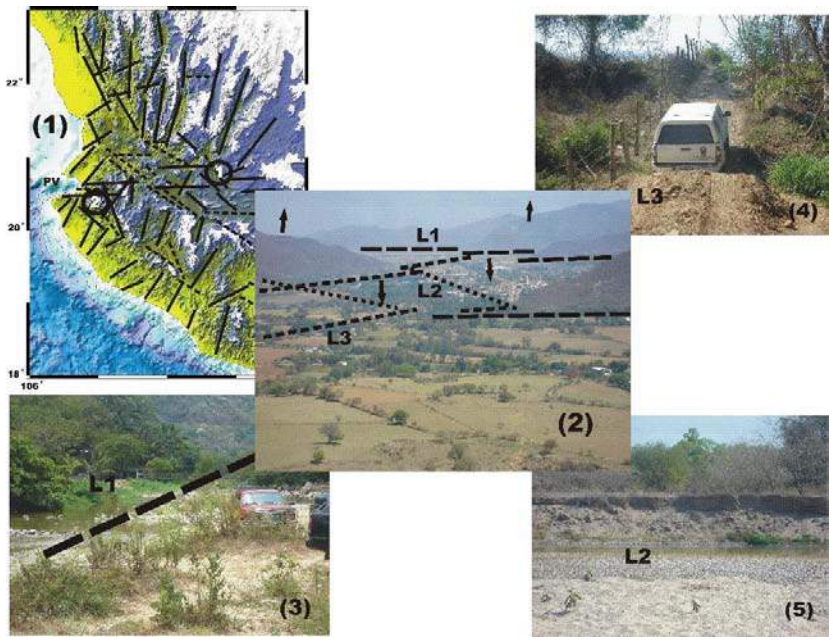

Figura 12: Estructuras lineales y deformaciones del relieve en el entorno de Puerto Vallarta

En la combinación de 5 imágenes aparecen: **(1)** lugar (PV= Puerto Vallarta), red de alineaciones (líneas continuas y discontinuas negras) y 2 zonas morfoestructurales anómalas (1 y 2, en color blanco, y circulo negro) dentro de los bloques Yagariza (B4) y Santo Domingo (B3), respectivamente (Cotilla *et al.,* 2017). Esos 2 bloques, están en las zonas sísmicas D y C, respectivamente (ver Figura 10); **(2)** algunas líneas de debilidad tectónica (en color negro y discontinuas) (L1= E-O, L2= NO, L3= N-S) y las tendencias predominantes de movimientos verticales

© 2021 Global Journals

(flechas negras). Estos elementos se entrecruzan con un total de 11 microbloques (Cotilla *et al.,* 2017), y tienen sismicidad asociada utilizando los datos de Rutz *et al.* (2013); **(3)** alineación transversal E-O a un valle fluvial encajado (tipo V); **(4)** conjunto de ondulaciones (h= -3 a -5 m) N-S del relieve limitadas por alineación E-O; y **(5)** asimetría vertical de un valle fluvial relacionado con la dirección NO. A 3 km al norte de esta zona hay afloramiento de aguas termales.

Como consecuencia de los terremotos, en la FM se producen tsunamis que han afectado al litoral. En ese contacto existe, como hemos visto antes, una zona límite de placas (Pacífico-Norteamérica-Caribe) y es donde se libera, a diferentes profundidades, la mayor cantidad de energía. La zona límite de placas resulta ser una banda, relativamente homogénea y de 100-200 km de ancho, donde están además de la falla principal otras de menores dimensiones (transversales y paralelas) asociadas con ella. También ocurren terremotos fuertes en el continente (interior de placa), pero no son tan frecuentes como los de tipo entreplacas: 1) con M> 7,0/ h> 60 km y frecuente mecanismo de falla normal (Chapala: 27.12.1568 (M 7,5)), aunque hay de falla inversa (Ometepec: 20.03.2012 (M 7,4)); y 2) de M< 7,0 (Acambay: 19.11.1912 (M 6,9); Jalapa: 03.01.1920 (M 6,4)). Estos eventos pueden ocasionar daños considerables. También hay sismos con M< 5,5 que se consideran como sismicidad de fondo, muy difíciles de asociar con una estructura determinada. Los terremotos más importantes de la zona del Pacífico Mexicano, que permiten comprender la diferente interacción de las placas aparecen en las tablas 2 y 6-8. Destaca que en 110 años (1907-2017) han ocurrido 8 terremotos con M≥ 8,0; y considerando la intensidad de XI grados (1754-2017) el periodo sería de 263 años, y la cantidad 9. Las cifras indican recurrencias de 14 y 29 años, respectivamente. Sin embargo, la tabla 11 muestra que en el periodo de 1995-2017 han ocurrido 2 terremotos con M≥ 8,0, lo que da un periodo de recurrencia de 61 años. Esta cifra difiere de las precedentes en ~30 años.

Tabla 8: Sismicidad de 1900-1995 (M≥ 7,5)

M	Fecha	Coordenadas (N / O)	M	Fecha	Coordenadas (N / O)
7,5	1902.04.19	14,90 / 91,50	7,7	1902.09.23	18,00 / 106,50
	1908.03.27	17,00 / 101,00		1911.06.07	19,70 / 103,70
	1911.12.16	16,90 / 100,70		1917.12.29	15,00 / 97,00
	1928.03.22	16,23 / 95,45		1941.04.15	18,85 / 102,94
	.10.09	16,30 / 97,30		1973.01.30	18,38 / 103,00
	1937.12.23	17,10 / 98,07	7,8	1928.06.17	16,33 / 96,70
	1943.02.22	17,62 / 101,15		1932.06.18	19,50 / 103,50
	1957.07.28	17,11 / 99,10		1957.07.28	17,11 / 99,10
	1973.01.30	18,39 / 103,21		1978.11.29	15,77 / 96,80
	1976.02.04	15,26 / 89,20	7,9	1942.08.06	14,80 / 91,30
	1985.09.21	17,62 / 101,82		1985.10.09	18,79 / 104,47
7,6	1903.01.04	15,00 / 93,00	8,0	1907.04.15	16,70 / 99,20
	1911.06.07	17,50 / 102,50		1931.01.15	16,10 / 96,64
	1928.06.17	16,33 / 96,70		1995.10.09	18,99 / 104,25
	.10.09	16,34 / 97,29	8,1	1903.01.14	15,00 / 98,00
	1932.06.18	19,50 / 103,50		1908.03.26	16,70 / 99,20
	1941.04.15	18,85 / 102,94		1985.09.19	18,14 / 102,71
	1965.08.23	16,30 / 95,80	8,2	1932.06.03	19,57 / 104,82
	1973.01.30	18,41 / 103,02		*Totales:*	*7,5-7,9= 33*
	1978.11.29	16,01 / 96,59			*8,0-8,2= 7*
	1979.03.14	17,31 / 101,35			*1900-1960= 28*
	1985.09.21	17,83 / 101,68			*1960-1995= 13*

Hay varios terremotos importantes que permiten comprender la tectónica activa de MX, entre ellos: 1) el del 15.01.1931 (Mw 8,0/ h 40 km) con mecanismo focal de tipo falla normal (E-O), aproximadamente en las coordenadas de la ciudad de Oaxaca. Es decir, el foco estuvo, justamente, en la placa que subduce y bajo el continente. Esto define muy bien la amplitud de la capa sismoactiva; 2) los de 1932 (Figura 1) en Jalisco (03.06: Mw 8,2 y 18.06: Mw 7,8), que tienen una extensa zona de ruptura; 3) el del 11.12.1995 (Mw 6,4) con un plano de falla tipo deslizamiento lateral derecho (N87°E), en la zona de interacción difusa entre la microplaca Rivera y la placa Cocos. Éste es una réplica del terremoto acontecido días antes (09.10.1995: Mw 8,0). Estos últimos estarían en la zona límite de placas; y 4) el ocurrido el 07.09.2017 (Mw 8,2 en el Golfo de Tehuantepec, presentado en la Introducción). Otros sismos que confirman la sismoactividad, diversa y distribuida, del territorio de MX son: 1) los 4 terremotos de Veracruz (1-1) 03.01.1920 (M 8,0), 1-2) 28.08.1973 (M 7,7), 1-3) 07.04.2011 (M 6,7), y 1-4) 29.07.2014 (M 6,4)); 2) un sismo en Mexicali (Baja California) 04.04.2016 (M 4,1); 3) tres enjambres sísmicos en el Golfo de

© 2021 Global Journals

California (3-1) año 1981 con 50 sismos, 3-2) 2007 con 91 terremotos, y 3-3) 25-28.03.2016 con 47 sismos); 4) Guadalajara, Jalisco 11.05.2016 (4,8); 5) dos terremotos en Quintana Roo (5-1) 10.06.2001 (M 4,7), y 5-2) 11.01.2015 (M 4,2)); 6) Chihuahua 27.08-09.2013 con 57 sismos de ellos 30 con M> 4,0; 7) Saltillo, Coahuila 31.05.2015 (M 4,0); y 8) dos enjambres sísmicos en Nuevo León (8-1) 07.10.2013-18.03.2014 con más de 100 terremotos, 8-2) 2012 con 89 sismos). Además, como muestras estadísticas está la sismicidad, registrada, en los años 2017-2015, 2012 y 2011 por cantidad de ocurrencias en los Estados de MX (Tabla 9). De las tablas 2 y 6-12, se extraen las conclusiones: 1) de la mejora constante y sucesiva en la detección de sismos. Concretamente, identificamos 3 periodos: 1-1) 1990-1999= 8.315 eventos (92 evento/año); 1-2) 2000-2011= 82.857 eventos (7.532 evento/año); y 1-3) 2012-2017= 70.650 eventos (14.139 evento/año); 2) que los mayores valores de actividad están en 3 Estados del Pacífico (Oaxaca, Chiapas y Guerrero). Ellos representan, de conjunto, por año las siguientes cifras: 2017= 85 %, 2016= 75 %, 2015= 77 %, 2012= 78 %, y 2011= 65 %; 3) cuando se incluyen los Estados de Colima, Jalisco y Michoacán las cifras por años se incrementan sustancialmente (2017= 93 %, 2016= 89 % y 2015= 88 %); 4) que el terremoto más fuerte, de ese periodo, ocurrió en Oaxaca (8,2); 5) que predomina por cantidad el rango de M 6,0-6,9 (96 eventos) sobre el de 7,0-7,6 (16 eventos); 6) que la cantidad de terremotos en el intervalo de profundidad 8-60 km supera al de >60-167 km (18 / 4); 7) sólo 2 eventos tienen h> 100 km; y 8) las cantidades de terremotos con rango de M 7,5-7,9 / 8,0-8,2, en la tabla 2 (2000-2017) y la tabla 8 (1990-1995), son 1 / 1 y 40 / 7, respectivamente. Esto indica un pulso de mucha actividad en el periodo 1990-1995 respecto al otro periodo. También de los datos del SSN-UNAM es posible conocer la cantidad de terremotos por rangos de magnitud para el entorno del GM en el intervalo 01.01.1999-31.01.2018 (Tablas 13 y 14). La estadística muestra que en 1990-2017 los terremotos con M≥ 6,0 representaron menos del 1 % y que el promedio (por año) de esos terremotos es ~4 (Tabla 11). Esto difiere de los datos de la tabla 2.

Tabla 9: Sismicidad de México en 5 años (SSN-UNAM)

Año (Total) Estado (Nº Figura 2)	2017 (26.413)	2016 (15.460)	2015 (10.946)	2012 (5.081)	2011 (4.168)
Oaxaca (5)	49,7 %	36,4 %	29,3 %	27,3%	15,9 %
Chiapas (11)	22,9 %	18,9 %	29,3 %	26,4%	32,2 %
Guerrero (9)	12,6 %	20,1 %	18,8 %	24,5%	16,6 %
G. California (1-2)	3,3 %	5,7 %	7,3 %	6,1 %	6,3 %
Michoacán (8)	3,4 %	5,6 %	5,8 %		
Jalisco (6)	2,5 %	4,3 %	2,0 %		
Colima (7)	2,3 %	3,9 %	3,1 %		
Veracruz (16)	1,7 %	2,8 %	2,2 %		

Tabla 10: Sismicidad de México (01.01.1999-31.01.2018) (SSN-UNAM)

M	Terremotos	
>0	97.049	
>4	19.753	
>5	699	
>6	79 (0,09 %)	
>7	11	M (Lugar y (h (km)): 7,0 (Chiapas 113- Puebla 63- Michoacán 16)= 3; 7,2 (Guerrero 18- Baja California 10)= 2; y 7,1 (Morelos 57) / 7,3 (Chiapas 17) / 7,4 (Oaxaca 39) / 7,5 (Guerrero 18) / 7,6 (Colima 9) / = 1 cada uno)
>8	1	M (Lugar y (h (km)): 8,2 (Chiapas 58)

Tabla 11: Magnitudes (≥ 6,0) de México (1990-2017) (SSN-UNAM)

Año	Total	M (6,0-6,9)	M (7,0-7,9)	M (≥ 8,0)	Total (M≥ 6,0)
1990	796	2	-	-	2
91	728	1	-	-	1
92	614	-	-	-	-
93	916	5	1	-	6
94	622	3	-	-	3
95	678	6	2	1	9
96	789	2	1	-	3
97	1.019	6	1	-	7
98	1.024	5	-	-	5
99	1.099	4	2	-	6
2000	1.052	2	1	-	3

© 2021 Global Journals

01	1.344	6	-	-	6
02	1.688	3	1	-	4
03	1.323	3	1	-	4
04	1.346	3	-	-	3
05	1.210	-	-	-	-
06	1.355	-	-	-	-
07	1.528	2	-	-	2
08	1.955	2	-	-	2
09	2.302	1	-	-	1
10	3.462	3	1	-	4
11	4.292	5	-	-	5
12	5.244	10	2	-	12
13	5.360	4	-	-	4
14	7.607	7	1	-	8
15	10.945	3	-	-	3
16	15.281	6	-	-	6
17	26.213	2	2	1	5
Totales:	*161.822*	*96*	*16*	*2*	*114 (0,7 %)*

Las figuras 6 y 7 de Pardo y Suárez (1995) representan las soluciones de los mecanismos focales, y los ejes T, respectivamente. Ellas dan una imagen de la situación tectónica actual en el segmento Puerto Vallarta-ENV-Chiapas, así se aprecia la modificación de los planos de subducción. También la figura 2 de Ego y Ansan (2002) recoge, para la parte central del ENV, 4 soluciones de mecanismos focales donde los ejes de esfuerzos principales indican direcciones NO-SE (σ_1) y NE-SO (σ_2). Esto se corresponde con los resultados sobre la extensión del Cuaternario determinada por Suter *et al.* (2001). Estos últimos autores en su figura 5 representan 31 soluciones de mecanismos focales (tipo compresivo) para el tramo de costa Manzanillo-Chiapas.

En la figura 13 se tiene una representación, suficientemente ilustrativa, del *World Stress Map* del 2000, para el territorio de MX-América Central-Caribe. El mismo aunque es más simple que el utilizado anteriormente del año 2016, permite comprobar lo comentado sobre los tensores y las direcciones de subducción, convergencia y contactos de placas. Consideramos que en la zona de interior de placa en MX los mecanismos principales de la generación de terremotos son de 2 tipos: 1) debilidad-fragilidad cortical (por el proceso de subducción); y 2) concentración de esfuerzos (por transmisión desde las placas).

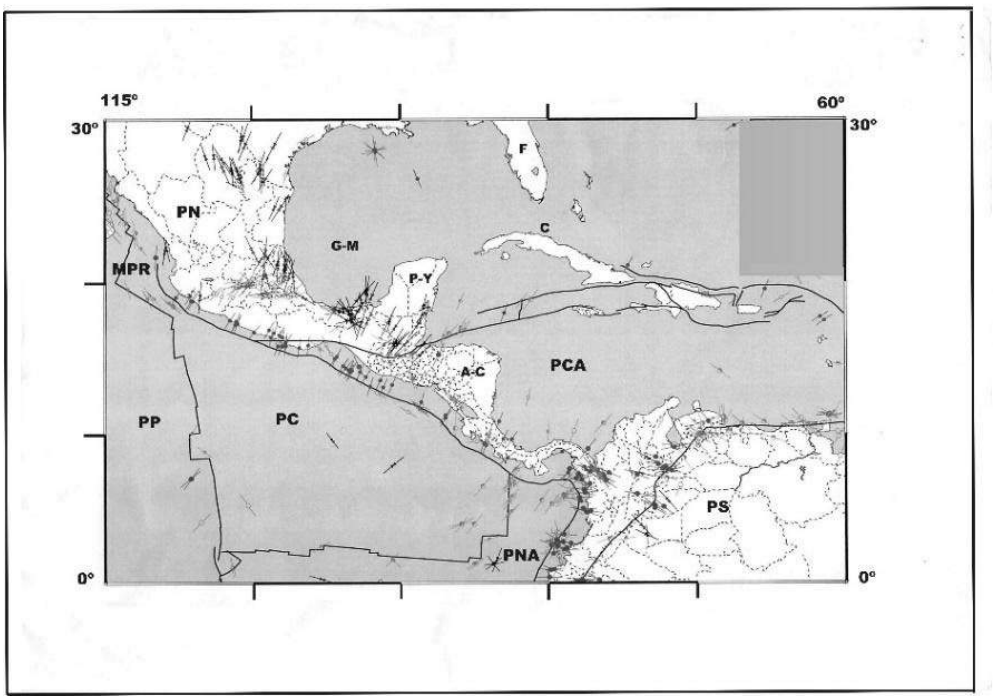

Figura 13: World Stress Map- 2000

© 2021 Global Journals

La sismicidad en la placa Caribe, para el segmento de América Central, tiene una importante densidad de terremotos con profundidades 5-25 km. Algunos de ellos alcanzan magnitudes máximas superiores a 6,0; aunque en las inmediaciones de Guatemala-El Salvador-Nicaragua se han dado los mayores valores. También, muchos terremotos fuertes (cerca del centenar) han sido documentados en la región de Honduras, Costa Rica y Panamá; y de la que hemos comentado el proceso de subducción en la FM. Los eventos fuertes están en el segmento de El Salvador (M 8,1), mientras que en Costa Rica la sismicidad es de menor nivel (Tabla 3). Estas diferencias se corresponden con las variaciones en ángulo de los planos de subducción.

El GM es un mar de tipo intra-continental ($\sim$1,5.10^6 km^2) con una profundidad máxima de $\sim$4 km. Él es una cuenca de tipo carbonatada con grandes espesores de sedimentos, que acumula un volumen muy grande de fluidos. En esa área se han determinado deformaciones tectónicas activas en su parte SO, con registros sísmicos. Además de los terremotos de la tabla 13 están los siguientes, también de tipo interior de placa: 26.08.1959: 18,26 N / 94,43 E (M 6,4/ h(km) 21; 1967: 19,23 N / 95,74 O (M 5,7/ h(km) 26; 29.08.1973: (M 8,3); 10.09.2006: 26,32 N / 86,84 E (M 5,9/ h(km) 30; 23.05.2007: 21,98 N / 96,14 E (M 5,5/ h(km) 44; y 29.10.2009: 19,14 N / 95,58 E (M 5,7/ h(km) 17)), y el segmento costero Tabasco-S de Veracruz, inmediato al Istmo de Tehuantepec, destaca por su actividad sísmica (h> 100 km) (Tabla 14). Aquí los terremotos están relacionados con la subducción de la placa Cocos. Esto le diferencia del N del ENV, que tiene eventos sísmicos someros.

Tabla 12: Algunos terremotos en 4 Estados del oriente y centro de México

Nº	Estado (Nº en Figura 2)	Fecha	M / h (km) / Fallecidos	Nº	Estado (Nº en Figura 2)	Fecha	M / h (km)
1	Veracruz (16)	1864.10.03	7,3 / -	3	Tumaulipas (18)	2016.05.16	3,6 / 5
		1879.05.09	7,0 / -			.06.17	3,7 / 10
		1916.06.02	7,0 / 150			.01.03	3,4 / 5
		1920.01.03	8,0 / - / >650			.08.15	3,6 / 10
		1937.07.25	7,7 / 85 / 34			.15	4,0 / 10
		1959.08.26	6,4 / 21 / 20			.09.14	3,7 / 16
2	Campeche (14)	1973.08.28	7,3 / 84 / 1.200			.10.21	3,5 / 10
		2007.02.09	4,8 / 10		Quintana Roo (12)	2017.01.17	3,7 / 10
		2011.01.23	4,4 / 10	4		.11.13	3,9 / 10
		.02.10	4,0 / 10			2002.06.10	4,1 / 10
		2015.05.10	4,7 / 33			2015.01.12	4,0 / 15
		2016.03.08	3,6 / 5		*Totales:*	*8,0= 1*	*6,0-7,0=1*
		2017.09.25	4,0 / 15			*7,0-7,9= 5*	*3,0,6,0=17*

Desde el punto de vista tectónico el GM es considerado, incorrectamente, un margen continental a-sísmico (Figuras 5 y 8). Pero, su sismicidad se diferencia en 3 sectores: 1) Costa Norte (Luisiana-Misisipi, U.S.A. con eventos débiles (ejemplo: 24.07.1978: 26,49 N/ 88,79 E (M 5,0/ h (km) 5))); 2) Central, también con eventos débiles (Mmáx 5,8); y 3) SO, entre las ciudades de Veracruz y Ciudad del Carmen (con sismicidad superficial y terremotos de magnitudes bajas y medias (M 6,4)). Aquí la cantidad de terremotos registrados en los últimos 50 años es mucho mayor que en los sectores del N y Central. La actividad del sector septentrional está asociada con la acumulación de sedimentos por el río Misisipi. También la concentración de terremotos entorno a Ciudad del Carmen es debido a cambios tensionales por la extracción de fluidos. En áreas alejadas de la costa han ocurrido algunos terremotos, pero sentidos en algunas localidades continentales como Jaltiplan-Veracruz (Tablas 12-14).

Tabla 13: Terremotos del Golfo de México 01.01.1999-31.01.2018 (SSN-UNAM)

Fecha	M/h(km)/ Coordenadas (N/O)	Estado (Nº en Figura 2)	Fecha	M/h(km)/ Coordenadas (N/O)	Estado (Nº en Figura 2)
2006.09.10	5,7/10/26,25/87,26	Q.Roo-12	1993.08.23	4,8/10/22,38/99,23	Tamaulipas-18
2003.04.10	5,4/10/15,87/87,95		1992.11.30	4,8/30/23,26/98,03	
2011.12.10	4,8/34/16,87/86,18		2008.09.23	4,3/12/ 22,45/97,57	
2013.08.24	4,7/10/15,57/86,04		1994.04.09	4,3/12/23,12/99,65	
2012.05.03	4,7/20/17,27/85,55		2015.08.04	4,1/5/24,31/99,04	
2002.06.10	4,6/12/19,04/88,08		2012.06.24	4,1/16/ 22,64/97,99	
2008.06.21	4,5/20/17,96/87,87		2008.10.30	4,1/25/22,54/97,83	
2012.05.11	4,4/10/15,83/86,87		2016.08.14	4,0/10/24,24/98,54	
2014.01.13	4,3/82/16,23/88,67		2015.08.07	4,0/3/ 24,27/99,29	

© 2021 Global Journals

2015.01.11	4,2/20/20,32/87,51		2011.02.12	4,0/35/23,18/99,15	
2008.02.09	4,8/20/19,60/92,25	Tabasco-15	1999.06.15	7,0/63/18,13/97,54	Veracruz-16
2016.03.08	4,7/33/19,54/92.17		2011.04.07	6,7/171/17,22/94,32	
2015.05.10	4,5/13/19,60/92,25		2014.07.29	6,4/117/17,70/95,67	
2005.04.01	4,5/18/18,74/92,04		2011.02.25	6,0/135/17,69/95,21	
1998.06.03	4,4/34/19,04/90,84		2004.06.29	4,2/10/27,91/90,18	
2013.10.20	4,3/5/19,51/92,29		.06.22	4,1/114/19,42/88,82	Yucatán-13
2011.01.22	4,3/10/19,50/92,12		2015.04.07	2,9/10/21,22/89,40	
2000.01.14	4,3/10/19,46/92,01	*Totales:*	*6,0-7,0= 1*	*5,0-6,0= 5 (16 %)*	*2,9-5,0= 31*
2001.07.20	4,2/156/19,04/92,05				
1998.06.03	4,0/34/19,04/90,84				

Tabla 14: Cantidad de terremotos en el entorno del Golfo de México (1990-2017)

Nº	Estado (Nº en Figura 2))	M	Terremotos
1	Veracruz (16)	> 0	1.941 (86 %)
		> 4,0	754
2	Tabasco (15)	> 0	142
3	Yucatán (13)	> 0	82
4	Tamaulipas (18)	> 0	78
5	Quintana Roo (12)	> 0	11
		Total	*2.254*

La figura 1 de Franco *et al.* (2013) muestra un significativo agrupamiento de terremotos en la intersección del ENV y el GM. En él, la sismicidad predominante es de baja energía y poca profundidad (< 70 km), y coincide, aproximadamente, con la ubicación del volcán San Andrés Tuxla. Otros epicentros de características similares, pero más escasos y dispersos, están a ambos lados, hacia Xalapa-Tampico y Veracruz-Campeche. En este último segmento hay una importante cantidad de eventos con profundidades superiores a 70 km. También los especialistas Ramos Zúñiga *et al.* (2012) presentan en su figura 1 un conjunto de 7 terremotos, con los mecanismos focales, incluidos en un fondo de sismicidad (1847-2012) para las partes norte y oriental de MX y del S de Estados Unidos (Texas). Interpretamos de esa interesante representación que la sismicidad, de mayor energía, tiene un marcado desplazamiento temporal del O al E: 1) en la zona de Texas, y con una misma solución de mecanismo focal (tipo normal), hay 3 terremotos: 16.08.1931 (6,4/ 10 km/ Valentine), 14.04.1995 (5,7/ 17 km/ Alpine), y 20.10.2011 (4,8/ 3 km/ San Antonio); 2) en la zona de MX están 4 eventos: 01.11.1928 (6,5/ 10 km/ Parral, Durango), 17.04.2006 (3,3/ 20 km Santiago, Nuevo León), 14.06.2009 (5,0/ 20 km/ General Terán, Nuevo León), y 14.06.2009 (5,1/ 10 km/ China, Nuevo León). Los 2 primeros tienen mecanismos de tipo normal, mientras que los del año 2009, muy cercanos entre sí, son de tipo transcurrente; 3) el tiempo de ocurrencia en esas 2 bandas de actividad sísmica es similar: Texas= 80 años, y MX= 81 años; 4) la distancia entre los primeros eventos, en las bandas respectivas, y los últimos es aproximadamente la misma. Los datos permiten asumir que los terremotos son de una misma familia sismotectónica. También, los valores de magnitud y profundidad de los eventos determinados en 2006-2007, por una red local temporal, en las inmediaciones del graben de Santiaguillo (Estado de Durango) tienen valores <2,5 y <10 km, respectivamente (Gómez González *et al.,* 2007). Esto se corresponde con lo expuesto sobre la tectónica contemporánea y la sismicidad de interior de placa.

En la figura 2 de Franco *et al.* (2013) se presentan, para el GM, 10 soluciones de mecanismos focales, que ilustran la actual dinámica de la región. Esas soluciones corresponden a fallas inversas de dirección NO-SE y buzamiento de 45º y se asocian con los procesos de sedimentación, antes mencionados. Otras soluciones de mecanismos focales de terremotos superficiales (ejemplo: 23.05.2007 del margen occidental del GM) que están relacionados con la falla Oriental Mejicana y un régimen transformante. Un trabajo similar en el GM es el de Singh *et al.* (2015). En él presentan 7 soluciones de mecanismos focales (terremotos de: 26.08.1959 (M 6,4/ 21 km), 11.03.1967 (M 5,7/ h 26 km), 24.07.1978 (M 5,0/ h 15 km), 06.09.1997 (M 4,5/ h 30 km), 10.09.2006 (M 4,9/ h 30 km), 23.03.2007 (M 5,6/ h 24 km), y 29.10.2009 (M 5,4/ h 17 km)) y llegan a conclusiones equivalentes.

La tabla 15 tiene los datos de la sismicidad principal en la Península de California-Golfo de California, para el periodo 1812-1984. Ellos fueron compilados a partir de las referencias antes indicadas. En la tabla 16 hay 44 terremotos determinados por el SSN de MX en el periodo 1999-2018, así vemos que: 1) la magnitud máxima no supera el valor de 7,2; y 2) las profundidades determinadas son predominantemente inferiores a 15 km.

La figura 1B de Márquez Azua *et al.* (2004) contiene los epicentros determinados en la: A) margen occidental mejicana desde Baja California a Chiapas.

© 2021 Global Journals

En ella se aprecia muy bien: 1) la alineación costera de los epicentros; y 2) la muy diferente densidad de epicentros (mucho menor en Baja California); B) zona del GM. En esta última la sismicidad está muy dispersa y su densidad es mucho menor que en el margen Pacífico. También con las tablas 14 y 17 se puede estimar que en el GM y la Península de California ocurren 132 y 325 terremotos / año, respectivamente. Sin embargo, en el Reporte Especial del SSN de MX, para el terremoto del 19.01.2018 (M 6,3 / h 16 km / 10:17:45 / 26,66 N 111,10 O / 11 réplicas) de Loreto, Baja California Sur, se dice que en la región se producen 18 eventos con M 2,9-7,0 / año. También en el informe incluyen otros 2 terremotos con magnitud similar: 1) 18.06.1973 (M 7,0); y 2) 04.01.2006 (M 6,7 / h 10 km). Esto reafirma la mayor sismogenésis de la Península y el Golfo de California. Pero al analizar la sismicidad histórica y los datos de la tabla 17, la región de Baja California es más activa que la de Baja California Sur.

Tabla 15: Terremotos en la Península de California (1812-1984)

Nº	Zona	Fecha	M/h(km)	Observaciones
1	N de Tecate	1812.12.08	7,5/ -	Evento de San Juan Capistrano-40 muertos
2	N Sonora	1887.05.03	7,4/ -	Evento de Bavispe-51 fallecidos
3	B. California	1901.12.08	7,0/ -	
4	California	1902.12.12	7,1/ -	
5	G. California	1907.10.16	7,1/ 10	
6	G. California	1915.11.21	7,0/ 10	
7	B. California	1932.12.31	7,1/ -	
8	-	1934.12.12	7,1/ -	
9	B. California	1940.05.19	7,1/ -	
10	G. California	1954.04.20	7,0/ -	
11	-	1956.02.09	6,7/ -	
12	-	1979.11.21	7,0/ -	
13	-	1980.06.09	6,1/ -	Evento del Valle Imperial
14	-	1987.11.24	6,5/ -	
	Totales:	*6,0-7,0= 7*	*7-7,5= 7*	

Está comprobado que las 3 gráficas de la sismicidad de MX realizadas por Zúñiga *et al.* (1997): Nº 3.1 (Sismicidad en base al catálogo 1900-1994), Nº 4.1a (Temblores de subducción), y Nº 4.1b (Temblores de profundidad intermedia) se corresponden con las actuales determinaciones del Servicio Sismológico Nacional de la UNAM. También analizamos las informaciones sobre zonas sísmicas y peligrosidad sísmica, como sostienen Ulomov *et al.* (1993), Ulomov (1995), y Ulomov y Shemilina (1998). Así que presentamos 6 publicaciones sobre MX que cumplen este objetivo: Esteva (1970), Núñez Cornú (2011), Núñez Cornú y Ponce (1989), Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (2005A), Pacheco y Singh (2010), y Okal y Borrero (2011).

Otros datos sobre los 2 terremotos fuertes del año 2017, incluidos en la Introducción, de Chiapas (M 8,2) y Morelos (M 7,1) son: 1) Chiapas (14.06.2017 (M 7,0/ h 113 km/ 14,77º N 92,08º O), Oaxaca (08.09.2017 (M 6,1/ h 32 km/ 15,62º N 94,85º O)); 2) mecanismos focales de los terremotos de tipo falla normal; y 3) en Oaxaca ocurrió un tsunamis de 1,1 m). Ellos confirman que: 1) MX es un País con un importante peligro sísmico; 2) que los periodos de recurrencia, de los terremotos fuertes y sus premonitores y réplicas, aunque diferentes por regiones, deben ser tenidos en consideración al momento de realizar los planes constructivos; y 3) que algunas de las estructuras sismogenéticas tienen relación de continuidad en los países vecinos (Guatemala, El Salvador, y Honduras).

Las figuras 2.2 y 2.3 de RESIS II (2008) contienen las soluciones de los mecanismos focales del Global CMT-2008, para América Central con Mw >6,0 (11º-19º N/ 82º-95º O) y Mw >5,5 (06º-13º N/ 76º-88º O), para el periodo 1976-2007. En la primera de ellas los mecanismos son de tipo normal en la Depresión de Honduras (parte N) y transcurrentes de izquierda en las fallas de Swan y Motagua (Figura 4). Para la segunda figura destaca la alineación N-S de los mecanismos tipo transcurrente asociados con la Zona de Fracturas de Panamá.

Sabemos por el Informe Especial del SSN (2012) sobre el terremoto del 20.03.2012 (Figura 14) que: 1) el sismo principal tuvo los siguientes datos: M 7,4 / h 15 km / 12:02 horas / 16,42 N y 98,36 O (localizado en las cercanías de Ometepec-Guerrero-Pinotepa Nacional, Oaxaca) / sentido en gran parte de la zona centro de la República Mejicana; 2) en el intervalo temporal 23-26.03 hubo 193 réplicas con M 3,3-5,3 y h (km) 1-24; 3) algunos de los terremotos más importantes en el Estado de Oaxaca están relacionados con: 3-1) la placa de Norteamérica (15.01.1931 (M 8,0), 02.08.1968 (M 7,3), y 30.09.1999 (M 7,6)); y 3-2) el proceso de subducción de la placa Cocos (23.08.1965 (M 7,5), y 29.11.1978 (M 7,6); y 4) las localidades que históricamente han sido más afectadas por sismos son

© 2021 Global Journals

Puerto Escondido, Pochutla, Puerto Ángel, Huatulco, Loxitla, Cacahua, Jamiltepec, Pinotepa Nacional, Ometepec y Miahuatlan. Este terremoto del año 2012 coincide espacialmente con el del 16.02.2017 (M 7,2) ya indicado en la Introducción (Figura 1). Pero, en el actual catálogo del SSN al fuerte evento de 2012, le han modificado algunos datos, pero sin cambiar la esencia de las informaciones: M 7,5 / h 18 km / 16,26 N 98,46 O / en el límite de Guerrero-Oaxaca.

Además, destacamos que en el intervalo 2015-2017 el SSN de MX ha indicado 13 terremotos importantes (3 del 2015, 6 del 2016, y 4 del 2017) (Tabla 18). De ellos sólo uno (13.09.2015 / M 6,7) está localizado en el Golfo de California (Baja California Sur), y el resto está al S de Jalisco, y el de mayor magnitud en Oaxaca. Esto confirma la importante sismoactividad de la costa Occidental mejicana.

Tabla 16: Terremotos de Baja California y Baja California Sur (01.01.1999-31.01.2018) (SSN-UNAM)

Nº	Fecha	M / h(km)	Coordenadas (N/ O)	Estado (Nº en Figura 2)	Fallecidos
1	2010.04.04	7,2/ 10	32,47 / 115,37	Baja California (1)	4
2	2012.12.14	6,4/ 15	31,19 / 119,42		
3	2014.03.21	5,6/ 17	30,39 / 114,08		
4	2013.08.26	5,6/ 17	33,09 / 115,47		
5	2012.08.22	5,5/ 16	23,27 / 115,50		
6	2002.02.22	5,5/ 5	32,20 / 115,44		
7	2016.03.27	5,4/ 15	30,00 / 114,50		
8	2010.04.08	5,4/ 10	32,33 / 115,10		
9	2014.03.21	5,3/ 20	30,25 / 114,13		
10	2008.02.11	5,3/ 16	32,14 / 115,00		
11	2014.09.15	5,2/ 5	30,214 / 114,32		
12	2011.12.23	5,2/ 20	30,52 / 114,27		
13	2014.03.21	5,1/ 5	30,42 / 114,02		
14	.04	5,1/ 15	31,19 / 119,42		
15	2011.02.18	5,1/ 20	32,14 / 115,01		
16	2010.09.50	5,1/ 10	29,90 / 114,18		
17	2004.08.30	5,1/ 10	29,52 / 116,55		
18	2011.02.20	5,0/ 15	32,23 / 115,14		
19	2010.09.14	5,0/ 10	32,17 / 115,08		
20	2005.04.26	5,0/ 10	30,25 / 114,13		
21	2003.02.07	5,0/ 8	31,63 / 115,14		
22	1999.06.03	5,0/ 5	32,37 / 115,22		
23	2012.04.12	6,8/ 5	28,83 / 113,16	Baja California Sur (2)	
24	2015.09.13	6,7/ 8	25,04 / 109,53		
25	2007.09.01	6,5/ 2	24,91 / 109,97		
26	2010.10.21	6,5/ 67	24,34 / 106,69		
27	2018.01.19	6,3/ 16	26,22 / 111,10		
28	2013.10.19	6,3/ 14	26,09 / 110,46		
29	2007.09.01	6,3/ 2	24,91 / 109,97		
30	2012.09.25	6,3/ 15	24,61 / 110,57		
31	2002.10.03	6,2/ 35	23,22 / 108,73		
32	2014.10.07	6,1/ 10	23,70 / 108,76		
33	2012.04.12	6,0/ 15	28,80 / 113,41		
34	2011.11.01	6,0/ 16	19,73 / 109,30		
35	.01	6,0/ 15	19,74 /109,31		
36	2012.10.08	5,8/ 14	20,12 / 109,94		
37	2013.01.13	5,7/ 10	25,92 / 110,34		
38	2012.10.05	5,5/ 10	23,58 / 108,51		
39	2011.04.26	5,4/ 18	27,85 / 111,39		
40	2012.04.15	5,4/ 15	28,94 / 113,22		
41	.09.13	5,3/ 28	24,90 / 109,42		
42	.04.12	5,2/ 16	24,12 / 108,97		
43	2015.09.13	6,7/ 100	25,04 / 109,53		
44	.26	5,0/ 20	24,13 / 108,93		
	Totales:	*>7,0= 1*	*6-7,0= 12 (27 %)*	*5-6,0= 31*	

© 2021 Global Journals

Tabla 17: Cantidad de terremotos en el entorno de P. de California (1990-2017)

Nº	Estado (Nº en Figura 2)	M	Terremotos
1	Baja California (1)	> 0	3.713 (67 %)
		> 4,0	514
		> 5,0	26
2	Baja California Sur (2)	> 0	1.818 (33 %)
		> 4,0	517
		> 5,0	63
		> 6,0	12
		Total	*5.531*



Figura 14: Oaxaca y su entorno

Aparecen: Lugares (FM= Fosa Mesoamericana, 1= Pinotepa Nacional, 2= Puerto Ángel, 3= Ometepec, y 4= Jamiltepec); rectángulo gris indicando el año 2012 (área del evento principal (20.03.2012 M 7,4) y de sus principales réplicas; y localización del epicentro del terremoto de 16.02.2017 (M 7,2)).

Tabla 18: Selección de terremotos del periodo 2015-2017

Nº	Fecha	Tiempo	M / h(km)	Coordenadas (N / O)
1	2015.02.22	08:23:16	6,2/ 16	18,64 / 106,96
2	.09.13	03:14:09	6,7/ 8	25,04 / 109, 53
3	.12.17	13:49:54	6,6/ 91	15,76 / 93,70
4	2016.01.21	12:06:58	6,5/ 10	18,79 / 107,15
5	.04.15	09:11:25	6,1/ 12	13,56 / 92,28
6	.25	02:07:09	6,0/ 16	14,35 / 93,26
7	.27	07:51:19	6,0/ 20	14,35 / 93,26
8	.05.08	02:33:59	6,0/ 35	16,25 / 97,98
9	.06.07	05:51:36	6,1/ 16	18,23 / 105,38
10	2017.06.14	02:29:05	7,0/ 107	17,73 / 92,32
11	.07.09	23:49:17	8,2/ 46	14,76 / 94,10
12	.19	13:14:41	7,1/ 39	18,34 / 98,68
13	.23	07:53:04	6,1/ 11	16,50 / 95,15

Se presentan datos sobre algunos terremotos de América con más de 1.000 fallecidos (Tabla 19). Esta información permite valorar, de una forma muy simple y cuantitativa, el peligro sísmico en MX y de otros países americanos. También destaca la fiabilidad de la información porque los eventos son del periodo con registro instrumental. En la relación se han situado 2 terremotos de MX que corresponden a zonas distintas (México D.F. y Veracruz). Mientras que en la tabla 20 hay información de los 3 eventos más fuertes que han afectado a 2 zonas de América y a Japón. La energía liberada en forma de terremoto y tsunami fue muy elevada. Esos valores nunca se han producido en MX.

© 2021 Global Journals

Tabla 19: Selección de terremotos de América con más de mil fallecidos

Nº	Fecha	M	Fallecidos	País
1	2010.01.12	7,0	300.000	Haití
2	1970.05.31	7,9	50.000	Perú
3	1939.01.24	7,8	30.000	Chile
4	1976.02.04	7,9	22.870	Guatemala
5	1972.12.23	6,2	20.000	Nicaragua
6	1985.09.19	8,1	3.150	México
7	1906.04.17	7,9-8,6	478-3.000	E.U.A.
8	1986.10.10	7,5	2.000	El Salvador
9	1999.01.25	6,2	1.230	Colombia
10	1973.08.28	7,3	1.200	México

Tabla 20: Selección de terremotos y tsunamis devastadores

Nº	Fecha	M (terremoto) / Hmáx olas (m)	País
1	1964.03.27	9,2/ 70	E.U.A. (Alaska)
2	2010.02.27	8,8-9,0/ 10	Chile
3	2011.03.11	9,1/ 40,5	Japón

h) Tsunamis

Los datos utilizados sobre tsunamis y sus peligros para MX aparecen, además de los citados en los epígrafes de Geología-Tectónica y Datos de Sismicidad, en: Soloviev (1970), Lockridge y Smith (1984), Kuroieva (1985, 2004), Sánchez y Farreras (1993), Farreras (1997), Arce *et al.* (1998), CENAPRED (1996, 2001), Ortiz *et al.* (2000), NOAA (2004, 2018), Servicio Geológico Mexicano (2007, 2007A), Brink *et al.* (2009), Suárez y Albini (2009), Cotilla y Córdoba (2011), Ramírez Herrera (2011), SEMAR (2012), y Geophysics Data Center (2017). Así los especialistas consideran que hay 2 tipos de fuentes tsunamigénicas que afectan al territorio mexicano: 1) cercanas (o locales); y 2) lejanas (Figura 9). Los datos analizados (1754-2018) indican que son ~50 los tsunamis que han impactado, diferentemente, la costa del Pacífico Mexicano. De ellos hay ~30 eventos de fuentes locales, con alturas de olas 0,1-10 m. En la tabla 21 se dan los más importantes. Sus efectos se han localizado principalmente (entre N de Puerto Vallarta y América Central). También es conocido, y significativo, que existe una muy importante diferencia entre la altura máxima de las olas por registro instrumental (3 m) y datos históricos (mucho mayores). Esto es similar a lo visto en la sismicidad histórica. En la tabla 22 aparece una selección tsunamis de 10 fuentes lejanas que han afectado las costas mejicanas. El rango de altura de las olas es de 0,2-2,5 m, pero su frecuencia es mayor que la de los tsunamis locales.

Tabla 21: Mayores tsunamis locales de México (1754-2017)

Nº	Fecha	M / I (Mercalli)	Altura (m)	Región	Fallecidos
1	1754.09.01	-/ XI	4	Guerrero	-
2	1787.03.28	8,3/ IX	4	Guerrero-Oaxaca	11
3	1928.06.17	7,8/ -	-	Oaxaca	-
4	1932.06.03	8,2/ -	10	Jalisco	4
5	.22	7,0/ -	10	Jalisco	75
6	1962.05.11	7,1/ -	5	Guerrero	-
7	1985.09.19	8.0/ -	2	Michoacán	-
8	1995.10.19	8,0/ -	5	Michoacán	1

Tabla 22: Tsunamis de fuentes lejanas

Nº	Fuente	Fecha	M	Altura (m)	Región afectada
1	Alaska	1964.03.20	9,2	2,4	Baja California
2	Chile	1960.05.22	8,8-9,0	2,5	Baja California
3	Colombia	1979.12.12	7,9	0,3	Guerrero
4	Hawai	1975.11.29	7,2	0,5	Baja California
5	Islas Aleutinas	1967.03.09	8,3	1,0	Baja California
		1965.02.04	8,2	0,5	Oaxaca
6	Islas Kuriles	1963.10.13	8,1	0,5	Guerrero
7	Japón	1968.05.16	8,0	0,3	Baja California
8	Kamchatka	1952.11.04	8,3	1,2	Oaxaca
9	Kermadec	1976.01.14	7,3	0,2	Guerrero
10	Perú	.11.20	6,8	0,1	Guerrero
		1966.10.17	7,5	0,2	Oaxaca

© 2021 Global Journals

Consideramos que en las costas de MX hay 3 zonas bien diferenciadas con relación a los tsunamis. La costa del Pacífico tiene 2 zonas, una como receptora (Baja California) y otra generadora de tsunamis (Nayarit-Chiapas); y la costa del GM es receptora. Ésta es indicada por primera vez aquí (Figura 9). En la figura 15 se muestran 4 segmentos costeros del Pacífico mexicano que tienen importantes áreas de peligro por desprendimientos rocosos, por gravedad, e impacto de tsunamis. Ellos están en asociados a las zonas físico-geográficas 1 (Península Baja California), 10 (Sierra Volcánica Transversal), y 12 (Sierra Madre del Sur) de la figura 9 y a las zonas sísmicas B, C, y D de la figura 10.

De acuerdo con las fuentes consultadas, y antes indicadas, se puede asegurar, con bastante certidumbre, que: 1) en América Central se han producido ~49 tsunamis (periodo 1539-2000). De ellos 37 son del Océano Pacífico y el resto del Caribe. Esta cifra es equivalente a la de MX; y 2) en MX no han ocurrido eventos como los indicados en la tabla 20.

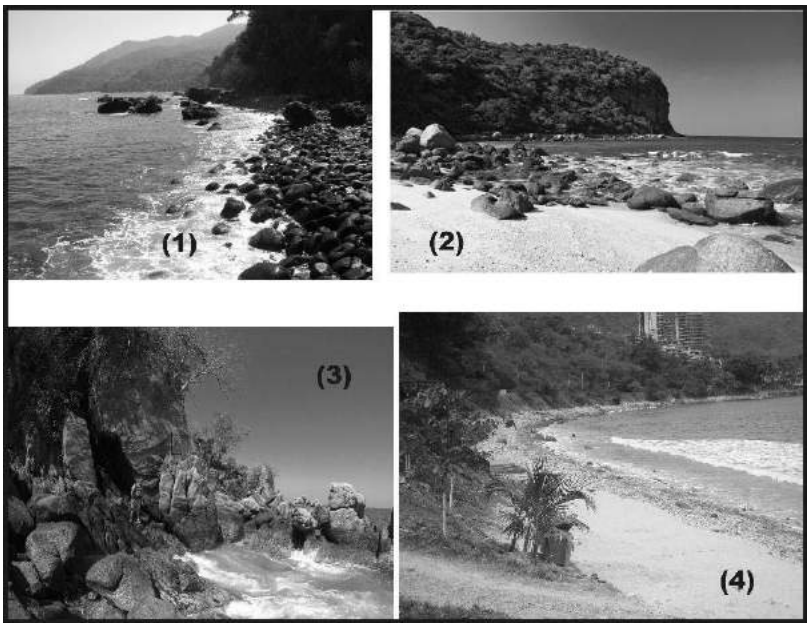

Figura 15: Vistas de costas rocosas del Pacífico mexicano

Las 4 fotos de la costa mejicana tienen características similares en cuanto a configuración, niveles altimétricos, desprendimientos gravitacionales de bloques, contacto directo con el Océano Pacífico, clasificación de zonas sísmicas (ver Figura 10), regiones físico-geográficas (ver Figura 9) y zona tsunamigénica local. Los sectores pertenecen a: **(1)**= Manzanillo; **(2)**= Nayarit; **(3)**=Guerrero; y **(4)**=Puerto Vallarta. Todos ellos son utilizados como áreas de ocio, y evidentemente tienen peligro.

III. Discusión y Conclusiones

Los datos de Azuz Adeath y Rivera Arriaga (2009) muestran para MX que en 2000-2005: 1) son 17 Estados los que tienen relación directa con la mar; 2) que la cantidad de habitantes pasó de 10.848.221 a 11.951.969, en la zona del Pacífico-Mar de Cortés; y 3) de los 265 municipios costeros en esa región, 92 tienen apertura al mar, 31 influencia marina, 32 influencia marina alta-media, y 89 influencia marina alta. Esto significa que hay una importante tendencia al crecimiento, económico y poblacional, en la región, y que evidentemente esas localidades están en peligro por la acción de los terremotos y tsunamis.

Otras informaciones económicas las tenemos del Servicio Portuario Nacional de México (2017). De éstas se confirma que hay 19 puertos deportivos, de ellos 15 están en la zona del Pacífico y 4 en el GM. En la primera zona hay 4 grandes instalaciones que reciben, sistemática y frecuentemente, grandes embarcaciones de Cruceros en: Cabo San Lucas, Ensenada, Mazatlán, y Puerto Vallarta. También existen 117 Puertos y Terminales Portuarias, completa y convenientemente equipados. Todas esas instalaciones conllevan importantes movimientos de personas, puestos de trabajo, y tienen peligro por los mismos fenómenos naturales ya mencionados.

MX es un territorio que tiene 3 tipos de peligros, en ocasiones interrelacionados, como terremotos, volcanes y tsunamis. Todos ellos han sido valorados en los epígrafes precedentes; pero lo principal del asunto es que históricamente esos fenómenos han afectado, considerable y reiteradamente, a la población y sus infraestructuras económicas y sociales. En este sentido, la práctica sismotectónica demuestra que, inclusive, en regiones de alta actividad sísmica no siempre es factible relacionar focos o epicentros con las fallas tectónicas conocidas. Así indicamos que en la página 17 del Informe del Servicio Geológico Mexicano (2007) aparece una figura con 15 Corredores Sismotectónicos (zonas sismogeneradoras) para los Estados de Oaxaca-Chiapas-Tabasco. Ellas son bandas irregulares,

© 2021 Global Journals

en general alargadas y con direcciones muy diferentes, que no tienen relación aparente con la estructura neotectónica. El uso alternativo de estos elementos (alineamientos y zonas sismotectónicas) se encuentra en: *Armenia* (Zhidkov *et al.,* 1975); *California* (Guelfand, 1976); *Cuba* (Belousov *et al.,* 1983; Krestnikov *et al.,* 1983; Cotilla *et al.,* 1991; Cotilla y Córdoba, 2011); *España* (Gvshiani *et al.,* 1987; Cotilla y Córdoba, 2013); *La Española* (Cotilla *et al.,* 2007); *Mar de Barents* (Assinovskaya y Soloviev, 1994); *Rumanía* (Radulian *et al.,* 2000); y *Rusia* (Imaev *et al.,* 1990). Además, se considera que las zonas de debilidad tectónica pre-existentes, en las zonas de interior de placa, determinan en ella la ocurrencia de los terremotos. Esto está demostrado, para los casos de: 1) U.S.A. por Wesnousky y Scholz (1980), y Zoback (2012); 2) MX por Nieto Samaniego *et al.* (2012); y 3) Cuba, por Cotilla Rodríguez (2017). Tal hipótesis relaciona la heterogeneidad de la corteza con la distribución espacial de los eventos sísmicos en un marco tensorial por transmisión de los esfuerzos desde fuentes alejadas (Wdowinski, 1998).

Otra vía diferente, a las del párrafo anterior, es la utilizada en el ejemplo de Oaxaca, para un intervalo temporal de 8 años, por 3 grupos diferentes de autores: (1) Singh *et al.* (1981); (2) Astiz y Kanamori (1984); y (3) Núñez Cornú y Ponce (1989). Estos trabajos se fundamentan en la sismicidad. Seguidamente resumimos así los resultados: El grupo (1) divide la costa de Oaxaca en 3 zonas; el grupo (2) realiza 5 divisiones; y el grupo (3) presenta en la figura 8 (página 609) 8 zonas sísmicas. Todas estas zonas sísmicas cubren por completo la superficie territorial emergida de Oaxaca, y colindan entre sí. Ellas tienen configuraciones diferentes, aunque mantienen un paralelismo aproximado con la línea de costa. Posteriormente Suarez y Comte (1992) realizaron, para MX, por primera vez un análisis sismogénico a partir de la comparación de 2 territorios sísmicamente activos del Pacífico, MX y Chile. En este caso evaluaron las características de la subducción.

Atendiendo a lo expuesto en los epígrafes de Tectónica y Sismicidad se puede asegurar que hay 5 tipos de terremotos en MX. Ellos se localizan en las placas que interaccionan y sus zonas de contacto; y se corresponden con los 2 tipos de sismicidad comentados anteriormente. Así, en un perfil O-E (Pacífico-GM) consideramos que los terremotos son de tipo: 1) ante-fosa (la FM), asociados a la zona inmediata a la deformación o curvatura de la placa Cocos bajo la placa de Norteamérica. Estos eventos corticales son del interior de la placa oceánica, y con magnitudes bajas. No producen tsunamis; 2) entreplacas, que corresponden con la directa interacción de las placas Cocos y Norteamérica, y de la microplaca Rivera y la placa de Norteamérica. Estos eventos ocurren en la zona de contacto-acoplamiento (h <20-30 km), y tienen magnitudes importantes (6,0-8,2). Pueden producir tsunamis; 3) falla transcurrente (o desplazamiento lateral), en el contacto entre: 3-1) la placa Cocos y la microplaca Rivera; 3-2) las placas Pacífico y Norteamérica; y 3-3) las placas Norteamérica, Cocos y Caribe. Los terremotos no generan tsunamis, y sus magnitudes están entre 5 y 7,9; 4) de interior de la placa Cocos, cuando ésta subduce bajo la placa Norteamérica, los hipocentros alcanzan el rango de profundidad 50-200 km, y las magnitudes pueden ser de 8,0. Aquí los efectos y daños son muy importantes en la zona continental mejicana; y 5) de interior de la placa de Norteamérica, donde las profundidades son inferiores a 20 km. Las magnitudes son mayoritariamente bajas, y los terremotos pocos fuertes causan graves pérdidas.

Tomando en consideración lo expresado en los párrafos precedentes, se definen los principales elementos sismotectónicos de MX sobre la base de: 1) las características del entorno tectónico; 2) los principales elementos tectónicos; 3) las características neotectónicas; 4) la extensión geográfica; 5) la composición y configuración del relieve; 6) la sismicidad (histórica e instrumental); 7) los mecanismos focales predominantes; y 8) la estructura de la litósfera. Así hemos establecido la estructuración jerárquica de la sismotectónica del territorio.

Los autores consideran que MX es una Región Sismotectónica activa dentro de las placas de Norteamérica y del Pacífico, perfectamente diferenciada de otros territorios vecinos, incluso dentro de la primera placa. Ella está afectada directamente por las placas de Caribe, Cocos y Pacífico, y la microplaca Rivera. Éstas participan en los procesos de interacción dinámica, que generan la actividad sísmica, volcánica y de tsunamis locales. En la Región Sismotectónica delimitamos 3 PS (Figura 16), sobre la base de lo indicado en el párrafo anterior. En Cotilla y Álvarez (1991) y Cotilla *et al.* (1991) están los conceptos. Las tres PS delimitadas son: 1) PS Norte-Occidental (Península y Golfo de California); 2) PS Occidental (Puerto Vallarta-Tehuantepec); y 3) PS Centro-Oriental (Zonas del N y Centro-GM-Yucatán) (Figura 16). La de mayor nivel es la PS Occidental, donde están las regiones de Colima, Puerto Vallarta y Oaxaca. Cada una de las PS tiene US, y en éstas están las zonas sismogenéticas. Muchas de estas últimas tienen continuidad en regiones vecinas. Las 11 US aparecen en la figura 17 y sus principales características están en la tabla 23.

© 2021 Global Journals



Figura 16: Provincias sismotectónicas

Se presenta la Región Sismotectónica Mejicana. En ella aparecen: **1)** Placas (PC= Caribe, PCO= Cocos, PN= Norteamérica, PNA= Nazca, PP= Pacífico, y PS= Suramérica); **2)** Microplaca (Rivera); **3)** Provincias (áreas indicadas por líneas blancas (1= Norte-Occidental, 2= Occidental, y 3= Centro-Oriental)); y **4)** Lugares (AC= América Central, C= Cuba, y F= Florida).

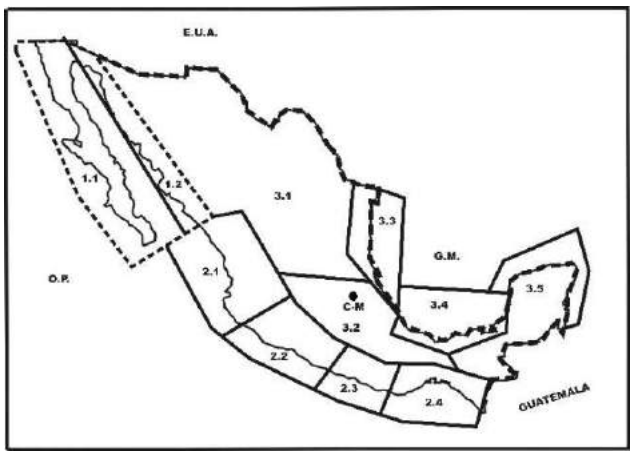

Figura 17: Unidades sismotectónicas

Aparecen: 1) Lugares (C-M= Ciudad de México, E.U.A.= Estados Unidos de América, G.M.= Golfo de México, y O.P.= Océano Pacífico); 2) Unidades Sismotectónicas (1= Provincia Sismotectónica Norte Occidental (1.1= Península, y 1.2= Golfo-Llanura Costera); 2= Provincia Sismotectónica Occidental (2.1= Nayarit-Puerto Vallarta, 2.2= Colima-Michoacán, 2.3= Guerrero, y 2.4= Oaxaca-Chiapas); y 3= Provincia Sismotectónica Centro-Oriental (3.1=Interior, 3.2= México, 3.3= Norte de Veracruz, 3.4= Veracruz, y 3.5= Yucatán)).

Tabla 23: Principales características de las Provincias Sismotectónicas

Nº	Características	Norte-Occidental	Occidental	Centro-Oriental
1	Identificación	1	2	3
2	Unidades	2	4	5
3	Mmáx	7,2	8,2	8,0
4	hmáx (km)	20	60	10-200
5	Terremotos / año	~1.000	~20.000	~600
6	Terremotos (M≥7,5/≥ 8,2)	3 / -	+ 50 / + 6	4 / -
7	Tipo de sismicidad	Entre placas	Entre placas	Interior de placas
8	Zona Sísmica	B-C-D	C-D	A-B
9	Estructura asociada	Fallas San Andrés-Cerro Prieto-Amado-Wagner	Fosa Mesoamericana	Golfo de México-Oriente de México
10	Fuente de tsunamis	Lejana	Local y lejana	Lejana
11	Hmáx (m) de las olas	2,5	10	-
12	(cantidad) Placas	(2) Norteamérica y Pacífico	(4) Caribe, Cocos, Norteamérica y Rivera	(1) Norteamérica
13	Peligro	II	I	II-III

© 2021 Global Journals

Con relación a la prolongación de las zonas activas a otras regiones, se puede indicar que PEMEX (1982) ya representó en la figura 1 las 48 Provincias Geológicas que definieron para MX. En ella aparecen, por primera vez, 23 Provincias terrestres, 8 Provincias marinas y 17 Provincias mixtas, bajo el siguiente concepto: *"…Provincia Geológica es aquella superficie cartografiable de la superficie sólida del Planeta, de centenares de kilómetros cuadrados de extensión, caracterizada por sus rocas, su estructura y una secuencia de eventos tal que integre una historia evolutiva singular diferente a la de sus áreas adyacentes, de las cuales están separadas por límites estratigráficos, tectónicos, o ambos…"*.

Las US delimitadas en la PS Norte-Occidental, donde se produce el contacto transcurrente, son 2: 1) Península (Bahía Tortugas-San Lucas-La Paz-Angostura); y 2) Golfo-Llanura Costera (San Luis-Puerto Peñasco-La Yuta-Los Mochis-Mazatlán). La PS Centro-Oriental tiene su exclusiva relación, y directa, con la Placa de Norteamérica. En ella, la de menor categoría, pero con mayor área, hay 5 US: 1) Interior; 2) México; 3) Norte de Veracruz; 4) Veracruz (Veracruz-Tabasco-Campeche); y 5) Yucatán. De estas 5 unidades, la más activa es la cuarta. La sismicidad en todas es de interior de placa y con predominio de terremotos someros (h= 20-25 km).

Como se dijo anteriormente, la PS Occidental es la más activa de las 3, y tiene el mayor peligro de tsunamis. Aquí los terremotos tienen profundidades <50 km, mecanismos focales principalmente de subducción, y hay 4 US: 1) Nayarit-Puerto Vallarta; 2) Colima-Michoacán; 3) Guerrero; y 4) Oaxaca-Chiapas. En general, todas tienen características comunes por su relación espacio-temporal con la FM y los sistemas de placas del Pacífico, en una región convergente. Las convergencias de las placas para las Provincias Occidentales es: 1) Norte Occidental (Placas de Norteamérica-Pacífico); y 2) Occidental (Placas de Cocos-Norteamérica-Rivera, Cocos-Norteamérica, y Cocos-Norteamérica-Caribe). Cabe apuntar que Oaxaca-Chiapas tiene, en relación con Nayarit-Puerto Vallarta, un mayor nivel de actividad sísmica.

Los estudios de Kuroieva (1985, 1995, 2004), CEF (1993), Sánchez y Farreras (1993), CENAPRED (1996, 2001), NOAA (2004, 2018), SEMAR (2012) y Servicio Geológico Mexicano (2007, 2007A) recogen datos y recomendaciones sobre los peligros naturales, de nuestro interés aquí. A partir de ellos, principalmente, y con la base cierta de la afectación por terremotos fuertes (M> 7,0), tsunamis, y volcanes, y la cantidad de pérdidas humanas y económicas, se asume una gradación en 3 niveles de Peligro (I-III). Esos niveles por PS son: (I) Occidental, (II) Norte-Occidental y Centro-Oriental, y (III) Centro-Oriental.

Las figuras 18 y 19 son 4 fotografías realizadas en los recorridos por la US 2.1. La figura 18 (1) muestra uno de los resultados de la energía liberada y la virulencia del volcán Ceboruco, en el Estado de Nayarit, ~30 km de distancia de la localidad Ixtlán del Río. Esa localidad se encuentra desde el punto de vista morfotectónico en el bloque B4 (figura 13 de Cotilla *et al.,* 2017). Esta estructura está muy articulada y tiene una importante cantidad de fallas. La figura 18 (2) recoge parte de las ruinas del entonces señorial Hotel Casa Grande, en Melaque, Estado de Jalisco, que se incluye en el bloque morfotectónico B5 (figura 13 de Cotilla *et al.,* 2007). Esta instalación fue destruida por el terremoto del 19.10.1995 (M 8,0). Las aguas del tsunami llegaron a sus bases.

En el entorno de la Presa Santa Rosa (US 2.1), del Río Grande de Santiago en Amatitán, Estado de Jalisco realizamos una campaña de mediciones de grietas, juntas, fracturas y fallas (Figura 19). Este sistema de elementos se corresponde con el determinado en otros puntos del ENV. El bloque morfotectónico B2 (figura 13 de Cotilla *et al.,* 2007) con tendencia a levantamientos incluye a la Presa y al poblado vecino a ella. Comprobamos en la zona la significativa cantidad de grandes bloques desprendidos y desplazados, y que están asociados con esa red de estructuras. Evidentemente, esto es una seria amenaza en caso de un terremoto fuerte.

Las informaciones del INSIVUMEH, para el territorio de Guatemala, en el trienio 2012-2014 muestran un mismo patrón sísmico. Los terremotos registrados se incluyen en la tabla 24. Se observa que: 1) las cantidades de terremotos locales por año son similares (1.215 (2012), 1.734 (2013), y 1.283 (2014)); 2) hay un arreglo lateral sucesivo y cuasi-paralelo de epicentros desde el Océano Pacífico al interior continental; 3) la densidad epicentral disminuye significativamente en ese sentido. Este patrón se visualiza en los 3 pares de figuras 5 y 8 de sus boletines sismológicos. En particular, sus tres figuras 8 tienen las 6 zonas sismogenéticas en que regionalizan al territorio guatemalteco. De nuestro interés son 5 las zonas. Todas ellas tienen una figura geométrica prácticamente rectangular, y las identificadas como G1, G2, G3, y G4 son paralelas a la costa del Pacífico; mientras que la G6 se distingue por su transversalidad y relación con los sistemas de fallas Motagua-Polochic (Figura 4). Esta zona G6 es la que tiene menor cantidad de eventos sísmicos. Las zonas G1-G4 se avienen, de forma aproximada a la dirección y las características de la PS Occidental. Las proporciones de eventos por grupo de 4 zonas (G1-G4) y año son: 82 % (2014), 68 % (2013), y 70 % (2012). Esas cifras porcentuales son equivalentes a las determinadas para el conjunto de 3 Estados mexicanos del Pacífico (Guerrero-Oaxaca-Chiapas) por año: 85 % (2017), 75 % (2016), 77 % (2015), 78 % (2012), y 65 % (2011). Sin embargo, por cantidad de eventos las cifras son muy superiores en MX con respecto a los de Guatemala: 22.503 (2017), 11.656

© 2021 Global Journals

(2016), y 8.472 (2015). Esas estructuras de Guatemala y MX están relacionadas con las zonas de convergencia e interacción geodinámica Cocos-Norteamérica y Cocos-Caribe.

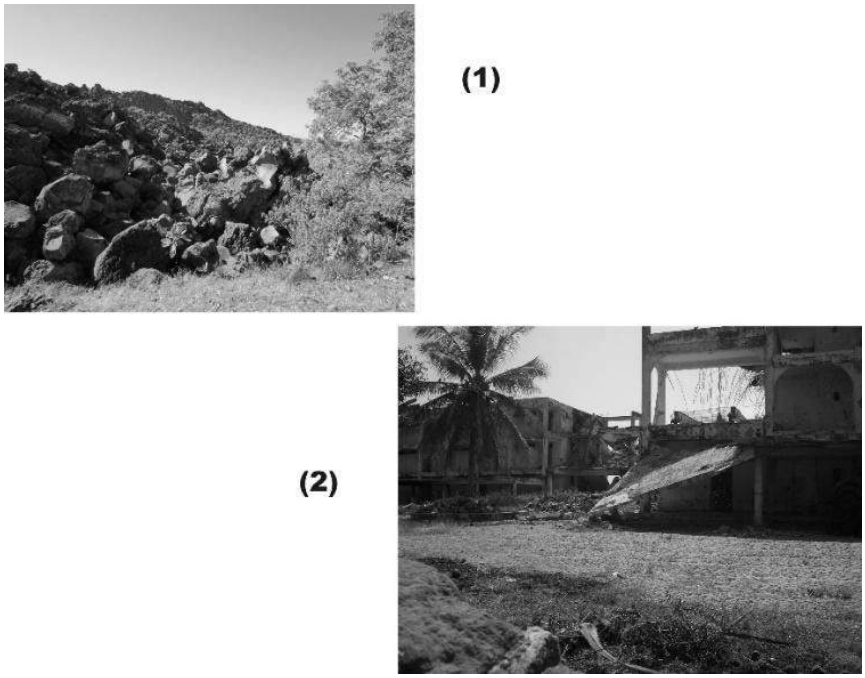

Figura 18: Áreas del volcán Ceboruco y Hotel de Melaque

En la combinación fotográfica se muestran los efectos de 2 importantes fenómenos naturales que han dañado, seriamente, a México: **(1)** Cantos del volcán Ceboruco en Nayarit (por la erupción de 1870); y **(2)** Daños irreparables al Hotel Casa Grande, de Melaque, por el terremoto de 19.10.1995 (M 8,0). El volcán está en el bloque Yaganiza (B4) y la zona sísmica B (ver Figura 10). El hotel pertenece al bloque San Andrés (B5) y la zona sísmica D (ver Figura 10).

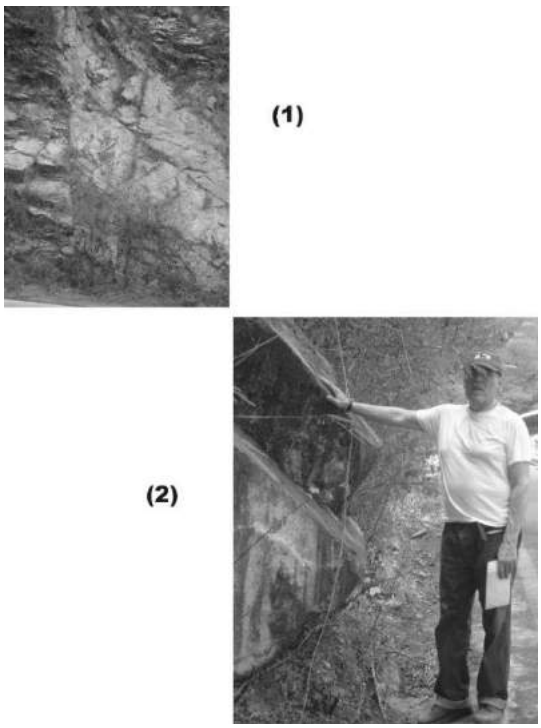

Figura 19: Inmediaciones de la Presa Santa Rosa

Las fotos muestran: **(1)** El sistema predominante de fracturas, cartografiado y analizado, en las inmediaciones de la Presa Santa Rosa en Jalisco; y **(2)** Evidencia del desprendimiento de grandes bloques en dirección al vecino asentamiento urbano, <20 m de distancia a la izquierda del primer autor. Estos sitios están en los límites de los bloques Galera (B2) y San Sebastián (B1) (Cotilla *et al.,* 2017).

© 2021 Global Journals

Tabla 24: Datos de la sismicidad de Guatemala (INSIVUMEH)

Nº	Zona sismogenética	Siglas	Eventos 2012	Eventos 2013	Eventos 2014	Total
1	Guatemala Polochic Motagua Oeste	G6	14	180	152	346
2	Guatemala Pacífico Central	G1	429	395	404	1.229
3	Guatemala Antearco	G2	324	493	462	1.279
4	Guatemala Arco Volcánico Oeste - Guatemala Arco Volcánico Este	G3-G4	98	284	185	567
		Σ G1-G4	*851*	*1.172*	*1.051*	*3.074*

Como una comprobación final, de nuestro análisis y de la propuesta sismotectónica, se presentan datos de la sismicidad registrada (9.918), por el SSN de MX, en los meses de enero-marzo de 2018, considerada muestra de control (Tabla 25). Los Estados donde se concentró esta actividad fueron: Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Michoacán, Colima, y Baja California (en el Pacífico). En ellos hay, para ese periodo, 15 terremotos con M≥ 5 (Oaxaca= 10, Chiapas= 2, y en Guerrero, Jalisco y Baja California Sur, uno cada uno). Estos eventos están en la PS Occidental y la PS Norte-Occidental. También se puede observar para 2 grupos de Estados la diferente cantidad de terremotos registrada con M≥ 4,0: 1) 727 en Guerrero-Chiapas-Oaxaca; y 2) 31 para Baja California-Baja California Sur. Destaca que para ese periodo en: 1) Campeche, Quintana Roo, y Yucatán no se registró sismicidad; y 2) Oaxaca el promedio de sismos es del 64 %. Esto significa, sin margen de duda alguna, que el patrón de sismicidad (Figura 20) es el mismo que hemos visto en epígrafes anteriores (Figura 11).

Tabla 25: Datos de la sismicidad principal de México del año 2018 (enero-marzo)

Mes	Total de terremotos / Estado con mayor (%)	M	Mmáx / h(km) / Fecha / Coordenadas / Lugar / mecanismo / réplicas
Enero	2.575/ Oaxaca (62)	2,2-6,3	6,3/ 16 / 19.01 / 26,66 N 111,11 O/ Loreto, Baja California Sur / transcurrente derecho / 22
Febrero	4.165/ Oaxaca (60)	1,5-7,2	7,2/ 12 / 16.02 / 16,25 N 98,03 O/ Pinotepa Nacional, Oaxaca / inverso / 4.894
Marzo	3.178/ Oaxaca (71)	1,6-5,3	5,3 / 13 / 20.03 / 15,87 N 98,72 O / Pinotepa Nacional, Oaxaca / - / ~60
Total	*9.918*		

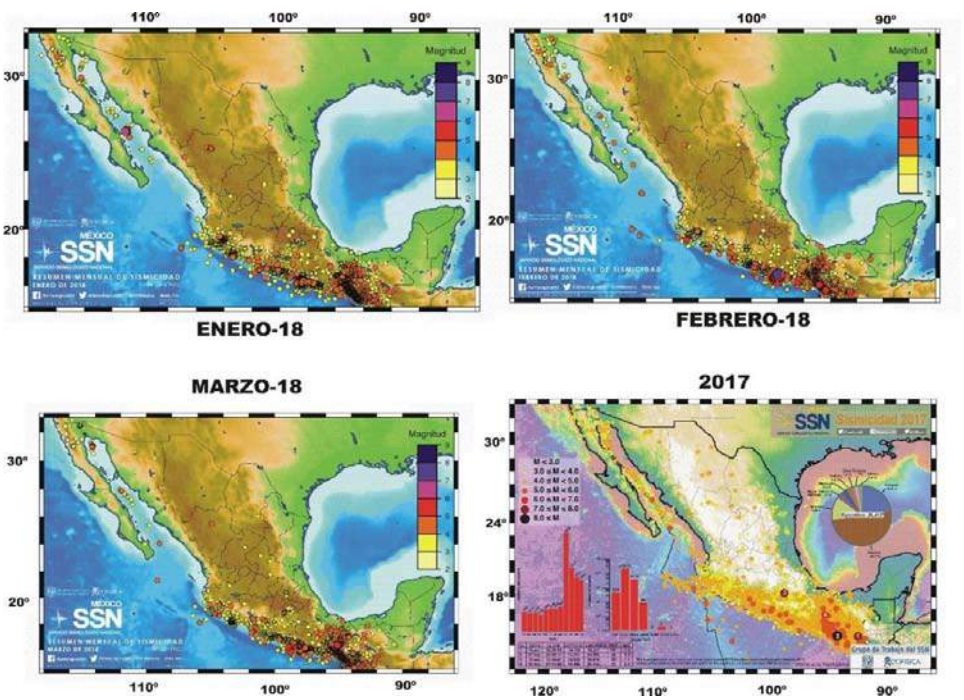

Figura 20: Mapas de sismicidad registrada por el SSN de México

Los 4 mapas del Servicio Sismológico Nacional de México representan la sismicidad registrada en los meses de enero-marzo de 2018 y el año 2017.

© 2021 Global Journals

Concluimos que los datos expuestos en el trabajo demuestran que México puede sufrir terremotos fuertes y tsunamis, con importantes pérdidas humanas y económicas. Por esto, está justificada la nueva regionalización, aquí presentada; y que servirá de base al proyecto de un mapa sismotectónico. Sostenemos que México es una extensa y compleja Región Sismotectónica localizada, mayoritariamente, en la placa continental de Norteamérica y tiene 2 tipos de sismicidad (entreplacas y de interior de placa). Desde este punto de vista, hay en ella una estructura jerárquica activa e interrelacionada con Provincias, Unidades, y Zonas Sismogenéticas. Ha quedado de manifiesto que sus principales elementos sismotectónicos tienen relación de continuidad en otros países vecinos, como Estados Unidos de Norteamérica y Guatemala.

IV. Agradecimientos

Al Centro de Sismología y Volcanología de Occidente, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara por los vehículos, el combustible, la coordinación del personal, y el material auxiliar. Los colegas mejicanos (Adán Gómez Hernández, Juan Ignacio Pinzón López, y Leonardo Daniel Rivera Rodríguez) fueron fundamentales en las intensas jornadas de trabajos de campo. Diana Núnez Escribano nos apoyó con la recopilación de separtas y mapas. Muchas personas anónimas y propietarios de terrenos facilitaron nuestra labor de campo. Todas las autoridades locales y regionales mejicanas, a las que solicitamos apoyo, nos ayudaron con gran profesionalidad. A Salvador Crespillo Maristegui (España) por la preparación de los medios para las campañas y los programas informáticos en el tratamiento de la información. A la Hemeroteca de la Facultad de Ciencias Físicas, de la Universidad Complutense de Madrid por las numerosas búsquedas bibliográficas. Al Departamento de Física de la Tierra y Astrofísica, por el uso de las instalaciones y medios informáticos. Los fondos económicos provinieron, en su mayor parte, del proyecto (CGL, 2011-29474-C02-01, Plan Nacional I+D+i, España; CONACYT-FOMIXJAL 2012-08-189965, México).

References Références Referencias

1. Adamek S., Tajima F. y Wien D.A. (1987). Seismic rupture associated with subduction of the Cocos Ridge. *Tectonics,* 6, 757-774.
2. Adamek S., Frohlich C. y Pennington W.D. (1988). Seismicity of the Caribbean boundary: Constraints on microplate tectonics of the Panama region. *J.Geophys.Res.,* 93, 2.053-2.075.
3. Aguayo C.J.E. y Marín C.E. (1987). Origen y evolución de los rasgos morfotectónicos de México. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, 48(2), 15-39.
4. Alaniz Álvarez S.A., Nieto Samaniego A.F., Orozco Esquivel Ma.T., Vassallo L.F. y Xu S. (2002). El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende: Implicaciones en la deformación post-eocénica del centro de México. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, LV(1), 12-29.
5. Allan J.F. (1986). Geology of the northern Colima and Zocoalco graben southwest Mexico: Late Cenozoic rifting in the Mexican Volcanic Belt. *Geol.Soc.Am.Bull*., 97, 473-485.
6. Almela A. y Puyal V. *Mapa sismotectónico de España Peninsular y Baleares*. Instituto Geológico y Minero e Instituto Geográfico y Catastral de España, 1960.
7. Alvarez R. (2002). Banderas rift zone: A plausible NW limit of the Jalisco block. *Geophys.Res.Lett*., 29, 20, DOI: 10.1029/2002GL016089.
8. Álvarez R. (2007). Submarine topography and faulting of the Bahía de Banderas, México. *Geofísica Internacional*, 46(2), 93-116.
9. Álvarez Gómez J.A., Meijer P.Th., Martínez Díaz J.J. y Capote R. (2008). Constraints from finite element modeling on the active tectonics of northern Central America and Middle America Trench. *Tectonics,* 27, TC1008.
10. Ambraseys N. (1995). Magnitudes of Central Americ a earthquakes, 1898-1930. *Geophys.J.Int.,* 121, 545-546.
11. Ambraseys N. y Adams R. (1996). Large magnitude of Central America earthquakes, 1898-1994. *Geophys.J. Int.,* 127, 665-692.
12. Anderson J.G., Singh S.K., Espindola M. y Yamamoto J. (1989). Seismic strain release in the Mexican subduction thrust. *Phys. Earth Plan.Int.,* 58(4), 307-322.
13. Antoine J.W. y Pyle T.E. (1970). Crustal studies in the Gulf of Mexico. *Tectonophysics*, 10(5-6), 477-494.
14. Antonelis K. (1999). GPS determination of current Pacific-North American plate motion. *Geology*, 27, 299-302.
15. Arch C. y Johnston B.J. (1985). Seismotectonics of the southern Appalachians. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 75(1), 291 p.
16. Arce M.F., Molina E., Havskov J. y Atakan K. *Tsunamis in Central America*. Tech. Rep., 11:1-12. Reduction of Natural Disasters in Central America. Earthquake Preparedness and Hazard Mitigation. Inst. Solid Earth Physics, Univ. Bergen, Norway, 1998.
17. Arnaiz Rodríguez M.S. y Garzón Y. (2012). Nuevos mapas de anomalías gravimétricas del Caribe. *Interciencia,* 37(3), 176-182.
18. Assinovskaya B.A. y Soloviev S.L. (1994). Definition and description of the zones of potential earthquake sources in the Barents Sea. *Izv.Phys. Solid* Earth, 29(8), 664-675.

© 2021 Global Journals

19. Astiz L. y Kanamori H. (1984). An earthquake doublet in Ometepec, Guerrero, Mexico. *Phys. Earth Plan.Int.,* 34, 24-45.
20. Aubouin J., Huene R. von, Arnott R., Bourgois J., y Filewicz M. (1982). Subduction without accretion: Middle America Trench off Guatemala. *Nature*, 94, 458-460.
21. Aubouin J., Bourgois J. y Azema J. (1984). A new type of active margin: The convergent-extensional margin, as exemplified by the Middle America Trench off Guatemala. *Earth Plan.Sci.Lett.,* 67, 211-218.
22. Authemayou Ch., Brocard G., Teyssier Ch., Simon-Labric T., Guttiérrez-Orrego A., Cacao Chiquín E.N., y Morán Ical S. (2011). The Caribbean - North America - Cocos triple junction and the dynamics of the Polochic-Motagua fault systems: pull-up and zipper models. *Tectonics,* 30, doi: 10.1029/2010 TC002814.
23. Authemayou Ch. Brocard G., Teyssier Ch., Suski B., Cosenza B., 6 Morán-Ical S., Walther González-Véliz C., Aguilar-Hengstenberg M.A., y Holliger K. (2012). Quaternary seismo-tectonic activity of the Polochic fault, Guatemala. *J.Geophys.Res.,* 117, B7403, doi: 10.1029/2012JB009444.
24. Axen G.J. (1995). Extensional segmentation of the main Gulf Escarpment, Mexico and United States. *Geology*, 23(6), 515-518.
25. Azéma J., Biju-Duval B., Bizon J.J., Carfantan J.C., Mascle A. y Tardy M. *Le Honduras (Amerique Centrale Nucleaire) et le bloc d'Oaxaca (Sud du Mexique): Deux ensembles comparables du continent Nord-Americain separés par le jeu decrochant senestre des failles du systeme Polochic-Motagua.* En: Mascle Géodynamique des Caräibes. Editions Technic. Paris, 1985, 427-438.
26. Azuz Adeath I. y Rivera Arriaga E. (2009). Descripción de la dinámica poblacional en la zona costera mexicana durante el periodo 2000-2005. *Papeles de Población,* 62, 75-107.
27. Bandy W. *Geological and geophysical investigations of the Rivera-Cocos plate boundary implications for plate fragmentation*. Ph.D. Texas A&M University, College Satation, 1992, 195 p.
28. Bandy W., Kostoglodov V., Singh S.K., Pardo M., Pacheco J. y Urrutia Fugugauchi J. (1997). Implications of the October 1995 Colima-Jalisco Mexico earthquakes on the Rivera-North America Euler vector. *Geophys.Res.Lett.,* 24(4), 485-488.
29. Bandy W., Michaud F., Bourgois J., Calmus T., Dyment J., Mortera Gutiérrez C.A., Ortega Ramírez J., Pontoise B., Royer J.Y., Sichler B., Sosson M., Rebolledo Vieyra M., Bigot Cormier F., Díaz Molina O., Hurtado Artunduaga A.D., Pardo Castro G. y Trouillard Perrot C. (2005). Subsidence and strike-slip tectonism of the upper continental slope off Manzanillo, Mexico. *Tectonophysics,* 398,115-140.
30. Bandy W., Michaud F., Mortera Gutiérrez C.A., Dyment J., Bourgois J., Royer J.Y., Calmus T., Sosson M. y Ortega Ramírez J. (2011). The Mid Rivera transform discordance: Morphology and tectonic development. *Pure appl.geophys.,* 168(8-9), 1.391-1.413.
31. Barrientos L., Fernández J.J. y Rivero F.J. (2006). Análisis geográfico y estadístico de la sismicidad en la costa mexicana del Pacífico. *Boletín de los Sistemas Nacionales Estadístico y de Información Geográfica,* 3, 3-26.
32. Bartolomé R., Gónzalez E., Dañobeitia J.J., Córdoba D., Martí D., Camiselle A.L., Núñez Cornú F., Bandy W.L., Mortera Gutiérrez C.A., Núñez D., Castellón A. y Alonso J.L. (2016). Multichannel seismic imaging of the Rivera plate subduction at the seismogenic Jalisco block area (Western Mexican Margin). *Pure appl.geophys.,* 173, 3.575-3.594.
33. Batllori Sampedro E., González Piedra J.I., Díaz Sosa J. y Febles Patrón J.L. (2006). Caracterización hidrológica de la región costera noroccidental del estado de Yucatán, México. *Investigaciones Geográficas,* 59, 74-92. Instituto de Geografía, UNAM.
34. Bayona Viveros J.A., Suárez Reynosa G. y Ordaz Schroeder M.G. (2017). A probabilistic seismic hazard assessment of the Trans Mexican Volcanic Belt, Mexico, based on historical and instrumentally recorded seismicity. *Geofísica Internacional,* 56(1), 87-101.
35. Beck S. y Ruff L. (1989). Great earthquakes and subduction along the Peru Trench. *Phys. Earth Planet. Int.,* 57, 199-224.
36. Belousov T.P, Krestnikov V.N. y Shebalin N.V. *Delimitación de zonas sismogeneradoras de Cuba Central y estimación de su magnitud máxima.* En: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central). Editorial Nauka, Moscú, 1983, 81-85.
37. Benz H.M., Dart R.L., Villaseñor A., Hayes G.P., Tarr A.C., Furlong K.P. y Rhea S. *Seismicity of the Earth 1900-2010 Mexico and vicinity*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2010–1083-F, scale 1:8.000.000.
38. Bergantino R.M. (1971). Submarine regional geomorphology of the Gulf of Mexico. *Geol.Soc.Am.Bull.,* 82, 741-752.
39. Bernardeu L., Baena Pérez L. y Gabaldón López V. *Mapa neotectónico, sismotectónico y de actividad de fallas de la región de Murcia (escalas 1:200.000 y 1:100.000)*. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1993.
40. Blackwell D.D. y Richards M. (2004). Geothermal map of North America, scale 1:6.500.000. Product CODE 423. *Am.Asoc.Petrol.Geol.Bull.*

© 2021 Global Journals

41. Bourgois J. y Michaud F. (1991). Active fragmentation of the North America plate at the Mexican Triple Junction area of Manzanillo. *Geo-Marine Letters*, 11, 59-65.
42. Barckhausen U., Ranero C.R., Huene R. von, Cande S.C. y Roeser H.A. (2001). Revised tectonic boundaries in the Cocos Plate off Costa Rica: Implication for the segmentation of the convergent margin and for plate tectonic models. *J.Geophys.Res*., 106, 19.207-19.220.
43. Bravo H., Rebollar C., Uribe A. y Jimenez O. (2004). Geometry and state of stress of the Wadati-Benioff zone in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *J.Geophys.Res*., 109, 10.1029/2003JB002854.
44. Brink U.T., Twichell D., Lynett P., Geist E., Chaytor J., Lee H., Berczkowski B. y Flores C. *Regional assessment of tsunamis potential in the Gulf of Mexico.* Report to the National Tsunami Hazard Mitigation Program. USGS, 2009, 98 p.
45. Bryant W.R., Antoine J., Ewing M. y Jone B. (1968). Structure of the Mexican continental shelf and slope, Gulf of Mexico. *Am.Asoc.Petrol.Geol.Bull.,* 52, 1.204-1.228.
46. Buffler R.T., Shaub F.J., Watkins J.S. y Worzel J.L. (1979). Anatomy of the Mexican ridges southwestern Gulf of Mexico. *AAPG Special*, 29, 319-327.
47. Buné V.I. y Gorshkov G.P. *Regionalización sísmica de la URSS. Cuestiones metodológicas y descripción del mapa de 1978.* Editorial Nauka, Moscú, 1980, 308 p.
48. Buné V.I., Nikolaev N.I. y Polyakova J.P. *Scheme of seismotectonic regions of Europe, distribution of strong earthquake foci and seismicity in 1956-1965*. En: Proceedings of XII Assemblèe de la Comission Sèismologique Européenne, 88-98. Luxembourg, 21-29 September, 1970.
49. Bureau e Reserches Geologiques et Minéres (1981). Carte sismotectonique de la France. *Memoire B.R.G.N*., 111, 36 p.
50. Burbach G., Frohlich C., Pennington W. y Matumoto T. (1984). Seismicity and tectonics of the subducted Cocos plate. *J.Geophys.Res.*, 81,4.885-4.896.
51. Burkart B. (1978). Offset across the Polochic fault of Guatemala and Chiapas, Mexico. *Geology*, 6, 328-332.
52. Burkart B. (1983). Neogene North American-Caribbean plate boundary across Northern Central America: Offset along the Polochic fault. *Tectonophysics,* 99, 251-270.
53. Burkart B. y Deaton C. (1987). Tectonic wedges and offset of Laramide structures along the Polochic fault of Guatemala and Chiapas, Mexico reaffirmation of large Neogene displacement. *Tectonics,* 6, 441-422.
54. Burkart B. y Self S. (1985). Extension and rotation of crustal blocks in northern Central America and effect on the volcanic arc. *Geology*, 13, 22-26.
55. Byrkjeland U., Bugum H. y Eldholm O. (2000). Seismotectonics of the Norwegian continental margin. *J.Geophys.Res.*, 105, 6.221-6.236.
56. Camacho E., Sanchez L., Tapia A. y Cowan H. *Seismotectonics of the Azuero-Sona fault zone, Central America.* Seismotectonic Regionalization Proyect. SAREC Report, 1997.
57. Campa M.F. (1978). La evolución tectónica de Tierras Calientes, Guerrero. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, 39, 52-64.
58. Campa Uranda M.F. (1984). Interpretación tectónica de la región mixteca. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, 45 (1-2), 1-113.
59. Campa M.F. y Coney P.J. (1983). Tectono-stratigraphic terranes and mineral resources distributions in Mexico. *Can.J. Earth Sci.,* 20, 1.040-1.051.
60. Campos Enriquez J.O. y Sánchez Zamora O. (2000). Crustal structure across southern México inferred from gravity data. *Jour. South Amer. Earth Sci.*, 13, 479-489.
61. Cardona J.R. *Sismotectónica del Valle de Cochabamba*. Tesis de Grado, Universidad La Paz, Bolivia, 1983, 108 p.
62. Cardona C., Salcedo E. de J. y Mora H. (2005). Caracterización sismotectónica y geodinámica de la fuente sismogenética de Murindó-Colombia. *Boletín de Geología,* 27(44), 115-132.
63. Carr M.J. y Stoiber R.E. (1973). Intermediate depth earthquakes and volcanic eruptions in Central America, 1961-1972. *Bulletin Volcanologique*, 37, 326- 337.
64. Carranza Edwards A., Gutiérrez Estrada M. y Rodríguez Torres R. (1975). Unidades morfotectónicas continentales de las costas mexicanas. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*, 1(2), 81-88.
65. Castro R. (2015). Seismicity in the basin and range province of Sonora, México, between 2003 and 2011, near the rupture of the 3 May 1887 Mw 7.5 earthquake. *Geofísica Internacional*, 54(1), 83-94.
66. CEF. *Manual de diseño de obras civiles para el diseño sísmico de 1993*. Regionalización sísmica de Veracruz. México, 1993.
67. CENAPRED. *Tsunamis*. Fascículo, 12. 1ª edición, Secretaría de Gobernación y Sistema Nacional de Protección Civil, México, 1996, 27 p.
68. CENAPRED. *Programa especial de prevención y mitigación del riesgo de desastres, 2001-2006*. Secretaría de Gobernación. ISBN: 970-628-594-6, México, D.F., 2001, 138 p.
69. Cheal E. y Stewart G. (1982). Recent large earthquakes along the Middle American Trench and

© 2021 Global Journals

their implication for the subduction process. *J.Geophys.Res.,* 87, 329-338.
70. Chen T. y Clayton R.W. (2012). Structure of central and southern Mexico from velocity and attenuation tomography. *J.Geophys.Res.,* 117, doi: 10.1029/2013JB009233.
71. Cid Villegas G. *Aplicación de sistemas de información geográfica en la documentación de fallas cuaternarias en México.* Tesis de maestría, UNAM, 2015, 192 p.
72. Cisternas A. y Vera E. (2008). Sismos históricos y recientes en Magallanes. *Magallania*, 36(1), 43-51.
73. Clemente Chavez A., Figueroa Soto A., Zúñiga F.R., Arroyo M., Montiel M. y Chavez O. (2013). Seismicity at northeast edge of the Mexico Volcanic Belt (MVB) and activation of an undocumented fault: The Peñamiller earthquake sequences of 2010-2011, Quétaro, Mexico. *Nat. Hazards Earth Syst.Sci.,* 13, 2.521-2.531.
74. Coney P.J. (1983). Un modelo tectónico de México y sus relaciones con América del Norte, América del Sur y el Caribe. *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo,* 15(1), 6-15.
75. Correa Mora F., DeMets C., Alvarado D., Turner H.L., Mattioli G., Hernandez C., Pullinger C., Rodriguez M. y Tenorio C. (2009). GPS-derived coupling estimates for the Central America subduction zone and volcanic arc faults: El Salvador, Honduras and Nicaragua. *Geophys.Int.,* 179(3), 1.279-1.291.
76. Cotilla Rodríguez M.O. (2017). Evaluation of recent intraplate seismic activity on Cochinos Bay, Cuba. *Revista Geográfica de América Central*, 58, 195-222.
77. Cotilla M. (2014). Alternative interpretation for the active zones of Cuba. *Geotectonics*, 48(6), 459-483.
78. Cotilla M.O. y Álvarez J.L. (1991). Principios del mapa sismotectónico de Cuba. *Revista Geofísica*, 35, 113-124.
79. Cotilla M.O. y Córdoba D. (2004). Morphotectonics of the Iberian Peninsula. *Pure appl.geophys.,* 42(4), 589-602.
80. Cotilla M. y Córdoba D. *Comments about tsunami occurrence in the Northern Caribbean*. En: Tsunami-A growing disaster. Editor: M. Mokhtari. ISBN 978-953-307-431.3, 2011.
81. Cotilla M.O. y Córdoba D. (2011). Study of the earthquake of the January 23, 1880, in San Cristóbal, Cuba and the Guane fault. *Izvestiya Physics of the Solid Earth*, 47(6), 496-518.
82. Cotilla M. y Córdoba D. (2013). El terremoto de Lorca-Murcia, España (2011). Interpretación morfotectónica. *Revista Geográfica*, 154, 115-131.
83. Cotilla M.O., Córdoba D. y Calzadilla M. (2007). Morphotectonic study of Hispaniola. *Geotectonics,* 41(5), 368-391.
84. Cotilla Rodríguez M., Franzke H.J. y Córdoba Barba D. (2007A). Seismicity and seismoactive faults of Cuba. *Russian Geology and Geophysics*, 48(6), 505-522.
85. Cotilla M.O., Bankwitz P., Álvarez L., Franzke H.J., González E., Grünthal G., Pilarski J., Díaz J. y Arteaga F. (1991). Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1.000.000. *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía,* 3, 25 p.
86. Cotilla M., Córdoba D., Núñez Cornú F., Gómez A., Pinzón J.I., y Rivera L. (2017). Morfotectónica de Jalisco y Oaxaca (1), México. *Revista Geográfica de América Central*, 59, 197-248.
87. Cotilla M. y Udías A. (1999). Geodinámica del límite Caribe-Norteamérica. *Rev.Soc.Geol.España*, 12(2), 175-186.
88. Courboulex F., Singh S.K., Pacheco J.F. y Ammon C.J. (1997). The 1995 Colima-Jalisco, Mexico, earthquake (Mw 8): A study of the rupture process. *Geophys.Res.Lett.,* 24, 1.019-1.022.
89. Couch R. y Woodcock S. (1981). Gravity structure of the continental margins of southwestern Mexico and northwestern Guatemala. *J.Geophys.Res.,* 86, 1.829-1.840.
90. Cox T.F., Gardine M. y West M. *June 2006 seismic swarm and dike injection event beneath the Michoacan-Guanajuato volcanic field*. American Geophysical Union, Fall Meeting. Abstract, V51D2071, 2008.
91. Cruz C.G. *Notas generales sobre los estudios sismotectónicos y el riesgo sísmico en Honduras*. Conferencia en el CEPREDENAD, Guatemala, 1990, 63-72.
92. Cruz C.G. *Notas generales sobre los estudios sismotectónicos y de riesgo sísmico en Honduras.* Proyecto Regionalización Sismotectónica de América Central, Guatemala, SAREC, 1999.
93. Cruz Castillo M. (2002). Catálogo de las fallas regionales activas en el norte de Baja California, México, *GEOS*, 37-42.
94. Cruz G. y Wyss M. (1983). Large earthquakes, mean sea level, and tsunami along the Pacific Coast of Mexico and Central America. *Bull.Seism.Soc.Am.*, 73, 553-570.
95. Cserna Z. de (1984). Margen continental de colisión activo en la parte suroccidental del Golfo de México. *Revista del Instituto de Geología,* 5(2), 255-261.
96. Coyan M.M., Arrowsmith J.R., Umhoefer P., Coyan J., Kent G., Driscoll N. y Martínez Gutíerrez G. (2013). Geometry and Quaternary slip behavior of the San Juan de los Planes and Saltito fault zones, Baja California Sur, Mexico: Characterization of rift-margin normal faults. *Geosphere,* 9(3), 426-443.
97. Dañobeitia J.J., Córdoba D., Delgado Argote L.A., Michaud F., Bartolomé R., Ferrán M., Carbonell M., Núñez Cornú F. y CORTES-96 Working Group (1997). Expedition gathers new data on crust

© 2021 Global Journals

beneath Mexican west coast. *EOS Trans.Am.Geophys. Union,* 78, 565-572.
98. Dañobeitia J.J., Bartolomé R., Núñez Cornú F., Córdoba D., Bandy W., Prada M., Nuñez D., Castellón A. y Alonso J.L. (2016). Crustal architecture at the collision zone between Rivera and North American plates at the Jalisco block: TSUJAL project. *Pure appl.geophys.,* 173, 3.553-3.573.
99. Dean B.W. y Drake C.L. (1978). Focal mechanism solutions and tectonic of the Middle American arc. *J. Geology,* 86(1), 111-128.
100. Delgado Granados H. (1993). Late Cenozoic tectonics offshore western Mexico and its relation to the structure and volcanic activity in the western Trans Mexican Volcanic Belt. *Geofísica Internacional,* 30, 543-560.
101. Delgado H., Nieto Obregon J., Lermo Samaniego J.F., Silva Romo G., Mendoza Rosales C.C., y Campos Enriquez J.O. (1997). La Pera fault system: A major active structure in central Mexico, *EOS* Trans. AGU, 78(46), F823, 21.
102. DeShon H., Schwartz S., Bilek S., Dorman T., González V., Protti J., Flueh E. y Dixon T. (2003). Sismogenic zone structure of the southern Middle America Trench, Costa Rica. *J.Geophys.Res.*, 108, 2.491-2.294.
103. Díaz E.C. y Mooser F. *Formación del Graben de Chapala*. Sociedad Geológica Mexicana. Memoria II. Convención Nacional, 1972, 144-145.
104. Dlala M. (1992). Seismotectonics study in northern Tunisia. *Tectonophysics,* 209, 171-174.
105. Demant A. (1978). Características del Eje Neovolcánico Transmexicano: Sus problemas de interpretación. *Revista del Instituto de Geología*, 2, 172-179.
106. Demant A. (1984). Interpretación geodinámica de volcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano. *Revista del Instituto de Geología*, 5, 217-222.
107. DeMets Ch. (2001). A new structure for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central American Volcanic Arc. *Geophys.Res.Lett.*, 28, 4.043-4.046.
108. DeMets Ch. y Stein S. (1990). Present-day kinematics of the Rivera plate and implications for the tectonics in southwestern Mexico. *J.Geophys.Res.,* 95, 21.931-21.948.
109. DeMets Ch. y Traylen S. (2000). Motion of the Rivera plate since 10 Ma relative to the Pacific and North American plates and the mantle. *Tectonophysics*, 318, 119-159.
110. DeMets Ch. y Wilson D.S. (1997). Relative motions of the Pacific, Rivera, North American, and Cocos plates since 0,78 Ma. *J.Geophys.Res.,* 102(B2), 2.789-2.806.
111. DeMets C., Mattioli G., Jansma P., Rogers R., Tenor i C. y Tuner H. (2007). Present motion and deformation of the Caribbean plate: Constraints from new GPS geodetic measurements from Honduras and Nicaragua. *Bull.Seism.Soc. Am.,* 428, 21-36.
112. Dengo G. The Pacific margin from southern Mexico to northwestern Colombia. En: The Ocean basins and margins. Editores: A.E.M. Nairn y F.G. Stehli. Plenum Press, New York, 1985, 7, 123-180.
113. Doser D.I. (1987). The 16 August 1931 Valentine, Texas, earthquake: Evidence for normal faulting in west Texas. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 77, 2005-2017.
114. Doser D.I. y Rodriguez J. (1993). The seismicity of Chihuahua, Mexico, and the 1928 Parral earthquake. *Phys. of the Earth and Plan.Int.*, 78, 97-104.
115. DuBois S.M. y Smith A.W. *The 1887 earthquake in San Bernandino Valley, Sonora: Historic accounts and intensity patterns in Arizona.* Special Paper, 3. The University of Arizona, 1980.
116. Ebel J.E., Lazarewicz A.R. y Kafka A. *Investigating seismotectonics in the eastern United States using a geographic information system.* En: Boston College, Weston Observatory. U.S. Nuclear Regulatory Commission. NUREG/CR-6573, 1998, 117 p.
117. Eck T. van y Stoyanov T. (1996). Seismotectonics and seismic hazard modelling for Southern Bulgaria. *Tectonophysics,* 262, 77-100.
118. Ego F. y Ansan V.D. (2002). Why is the Central Trans Mexican Volcanic Belt (102°-99°W) in transtensive deformation. *Tectonophysics,* 329, 189-205.
119. Eissler H.K. y McNally K.C. (1984). Seismicity and tectonics of the Rivera Plate and implications for the 1932 Jalisco, Mexico, earthquake. *J.Geophys.Res.*, 89, 4.520-4.530.
120. Ellsworth W.L. *Earthquake history, 1769-1989. The San Andreas Fault System, California*. USGS Professional Paper 1515. United States Geological Survey, ISBN 978-0607716269.1990, p. 157.
121. England P. y Jackson J. (1989). Active deformation in the continents. *Annu.Rev. Earth Pl.Sc.,* 17, 197-226.
122. ERN-CAPRA Evaluación de Riesgos Naturales-América Latina. *Riesgo por tsunami de Puntarenas. Análisis probabilista de amenazas y riesgos naturales*. Informe técnico, Tomo 2-9, 2007, 27p. www.ern-la.com.
123. Esteva L. (1970). Regionalización sísmica de México para fines de ingeniería. *Serie Azul Instituto de Ingeniería,* 246, 1-33.
124. Farreras S. *Tsunamis en México*. Editor: M.F. Lavín. En: Contribuciones a la Oceanografía Física en México, Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana, 1997, 75-98.
125. Feld Ch., Haberland Ch., Schurr B., Sippl Ch., Wetzel H-U., Roessner S., Ickrath M., Abdybachaev U. y Ornubaev S. (2015). Seismotectonic study of

© 2021 Global Journals

the Fergana region (southern Kyrgyzstan): Distribution and kinematics of local seismicity. *Earth, Planets and Space,* 67, 40 p. doi.org/10.1186/s40623-015-0195-1

126. Fernández M. (2002). Daños, efectos y amenaza de tsunamis en América Central. *Rev.Geol. de América Central,* 26, 71-83.
127. Ferrari L. (1995). Miocene shearing along the northern boundary of the Jalisco block and the opening of the southern Gulf of the California. *Geol.Soc. of Amer.*, 23(8), 751-754.
128. Ferrari L. y Rosas Elguera J. (2000). Late Miocene to Quaternary extension at the northern boundary of the Jalisco block, western Mexico-The Tepic-Zacoalco Rift revised, Cenozoic tectonics and volcanism of Mexico. *Geol.Soc. of Amer.*, 334, 41-63.
129. Ferrari L., Pasquarè Venegas S., Castillo D. y Romero D. (1992). Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco block. *Geofísica Internacional*, 33(1), 139-151.
130. Ferrari L., Orozco Esquivel T., Manea V.C. y Manea M. (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. *Tectonophysics*, 522-523, 122-149.
131. Fidel Smoll L., Morche W. y Núñez Juárez S. (1997). Inventario de volcanes del Perú. *Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica,* 79. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET).
132. Fiedler G. *Mapa de epicentros, superficies de volúmenes sísmicos e isosistas para el período 1530 a 1969*. Comandancia General de la Marina, Instituto Sismológico, MOP-Cartografía Nacional. Caracas, 1969.
133. Fiedler G. y Rivero L. *Mapa sísmico: Principales sismos ocurridos en Venezuela (1530-1975)*. Cartografía Nacional, Caracas, 1977.
134. Figueroa J. (1968). La sismicidad en el estado de Veracruz: Macrosismo del 11 de marzo de 1967. *Serie*, 167, 16. Instituto de Ingeniería, UNAM.
135. Figueroa J. (1970). Catálogo de sismos ocurridos en la República Mexicana. *Reporte Nº 272, Serie Investigaciones y Desarrollo (azul).* Coordinación: Sismología e Instrumentación Sísmica. Instituto de Geología, UNAM.
136. Fisher R. (1964). Middle American Trench: Topography and structure. *Geol.Soc.Am.Bull.,* 72 (5), 703-720.
137. Fisher A., Stein C., Harris R., Wang K., Silver E., Pfe nder M., Hutnak M., Cherkaoui A., Bodzin R. y Villinger H. (2003). Abrupt thermal transition reveals hydrothermal boundary and role of seamounts within the Cocos plate. *Geophys. Res. Lett.,* 30(11), 1550, doi:10.1029/2002GLO16766.
138. Fletcher J.M. y Munguia L. (2000). Active continental rifling in southern Baja California, Mexico: Implications for plate motion partitioning and the transition to seafloor spreading in the Gulf of California. *Tectonics*, 19(6), 1.107-1.123.
139. Flores T. y Camacho H. (1922). Terremoto mexicano del 3 de enero de 1920. *Boletín,* 38. Instituto Geológico Mexicano. http://bcct.unam.mx/bogeolpdf/geo38/geo381.pdf.
140. Franco S.I., Canet C., Iglesias A. y Valdés González C. (2013). Seismic activity in the Gulf of Mexico: A preliminary analysis. *Bol.Soc.Geol. Mexicana,* 65, 447-455.
141. Frez J. y González J.J. *Crustal structure and seismotectonics of northern Baja California. En: The Gulf and Peninsular Provinces of the Californias*. Editores: J.P. Dauphin y B.T. Simoneit. American Association of Petroleum Geologists Memoir 47, 1991, 261-283.
142. Frohlich C. (1982). Seismicity of the Central Gulf of Mexico. *Geology,* 10(2), 103-106.
143. Frohlich C. y Davis S.D. *Texas earthquakes*. Springer, 2002, 277 p.
144. Fujita K., Kozmin B.M., Mackey K.G., *et al. Seismotectonics of the Chersky seismic belt, eastern Russia (Yakutia) and Magadan district, Russia*. En: Geology, Geophysics and Tectonics of Northeastern Russia: A Tribute to Leonid Parfenov. Editor: Stephan Mueller. Spec. Publ. Ser., 2009, 4, 117-145.
145. Galván Ramírez I.N. y Montalvo Arrieta J.C. (2008). The historical seismicity and prediction of ground motion in northeast Mexico. *J. of South Amer. Earth Sc.*, 25, 37-48.
146. Gangopadhyay A. y Sen M.K. (2008). A possible mechanism for the spatial distribution of seismicity in northern Gulf of Mexico. *Geophys.J.Int.,* 175, 1.141-1.153.
147. García Acosta V. y Suárez G. (1996). Los sismos en la historia de México. *Serie Texto Científico Universitario*, Vol. 1. Ediciones Científicas Universitarias UNAM.
148. García Palomo A., Macías J.L. y Espíndola J.M. (2004). Strike-slip faults and K-alkaline volcanism at El Chichón volcano, southeastern Mexico. *J. of Volcanology and Geothermal Res.,* 136, 247-268.
149. Garduño Monroy V.H., Saucedo Girón R., Jiménez Z., Gavilanes Ruiz J.C., Cortés A. y Uribe Cifuentes R.M[a] (1998). La falla Tamazula, límite suroriental del bloque Jalisco, y sus relaciones con el complejo volcánico de Colima, México. *Rev. Volcánica de Ciencias Geológicas*, 15(3), 132-144.
150. Garrison L.E. y Martín R.G. *Geologic structure in the Gulf of Mexico*. US Geol. Survey, Prof. Paper, 773, 1973, 85 p.

© 2021 Global Journals

151. Geophysics Data Center / World Data Service (NGDC / WDS): *Global historical tsunami database*. doi: 10.7289/V5TD9V7K, 2017. http://www-world data.info/america/mexico/tsunamis.php
152. Glowacka E. y Nava F.A. (1995). Major earthquakes in Mexicali Valley, Mexico and field extraction at Cerro Prieto geothermal field. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 86, 93-105.
153. Glowacka E., Nava F.A., Díaz de Cossio G., Wong V. y Farfán F. (2002). Fault slip, seismicity and deformation in Mexicali Valley, Baja California, Mexico, after the 7,1 Hector Mine earthquake. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 92, 1.290-1.299.
154. Gómez González J.M., Barajas García I., Nieto Samaniego Á.F., Díaz Báez I. y Alaniz Álvarez S. (2007). Análisis estructural y monitoreo sísmico del semi-graben de Santiaguillo, Durango. *GEOS,* 27(1), GET-14, 59 p.
155. González Torres E. (2005). Bosquejo sobre la evolución geológica de México (1904-2004). *B. de la Soc.Geol. Mexicana,* LVII (2), 123-136.
156. Gordon R.G. (1998). The plate tectonic approximation: Plate non rigidity, diffuse plate boundaries and global plate reconstructions. *Ann.Rev. Earth Pl.Sc.,* 26, 615-642.
157. Gordon M.B. y Muehlberger W.R. (1994). Rotation of the Chortis block causes dextral slip on the Guayape fault. *Tectonics*, 13(4), 858-872.
158. Gorshkov G.P. *Sismotectónica regional del territorio suroccidental de la URSS, Cinturón Alpino*. Editorial Nauka. Moscú, 1984, 271 p.
159. Grases J. y Lirio B. (2006). Sismicidad histórica y modelos sismotectónicos, sustento de índices de peligrosidad sísmica. *Revista Facultad de Ingeniería,* 9, 38-49. Universidad Católica Andrés Bello.
160. Grünthal G., Bankwitz P. y Bankwtiz E. (1985). Results about regional seismotectonic studies in Central Europe. *Gerlands Beltr.Geophysik*, 94, 4-6.
161. Gubin I. (1990). Sismotectónica de la URSS. *Ciencias de la URSS,* 4, 3-10.
162. Guelfand I.M., Guberman S.A., KeylisBorok V.I., Knopoff L., Press F.S., Rantsman E.Y., Rotvain I.M. y Skii A.M. (1976). Condiciones de surgimiento de terremotos fuertes (California y otras regiones). *Vichislitielnaya Seismologiya*, 9, 3-91.
163. Guendel F. y Protti M. (1998). Sismicidad y sismote ctónica de América Central. *Fisica de la Tierra*, 10, 19-51.
164. Güendel F. y Bungum H. (1995). Earthquakes and seismic hazards in Central America. *Seism. Res. Lett.,* 66(5), 19-25.
165. Gutiérrez Q.J., Escudero Ch.R. y Núñez Cornú F.J. (2015). Geometry of the Rivera-Cocos subduction zone inferred from local seismicity. *Bull.Seism.Soc. Am.*, 105(6), 3.104-3.113.
166. Gusiakov V. *Basic Pacific tsunami catalog and database, 47 BC- 2000 AD: Results of the first stage of the project*. Tsunami Laboratory, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, 2002.
167. Guzman M., Pennington W.D. y Matsumoto T. (1989). The triple junction of the North America, Cocos and Caribbean plates: Seismicity and tectonics. *Tectonics*, 8, 981-997.
168. Guzman Speziale M. (2001). Active seismic deformation in the grabens of northern Central Ame rica and its relationship to the relative motion of the North America-Caribbean plate boundary. *Tectonophysics,* 337(1), 39-51.
169. Guzmán Speziale M. (2010). Beyond the Motagua and Polochic faults: Active strike-slip faulting along the western North America-Caribbean plate boundary zone. *Tectonophysics,* 496, 17-27.
170. Guzman Speziale M. y Meneses Rocha J. J. (2000). The North America Caribbean plate boundary west of the Motagua-Polochic fault system: A fault jog in southeastern Mexico. *Jour. of South Amer. Earth Sciences*, 13, 459-468.
171. Guzman Speziale M. y Gómez J.M. (2006). Seismic strain rate along the Middle America Trench reveals significant differences between Cocos-North America and Cocos-Caribbean convergence. *Geophysics.J.Int.,* 166, 179-185.
172. Guzman Speziale M., Pennigton W.D. y Matumoto T. (1989). The triple junction of the North America, Cocos, and the Caribbean plates: Seismicity and tectonics. *Tectonics,* 8(5), 981-997.
173. Guzman Speziale M., Valdés González C., Molina E. y Gómez J.M. (2005). Seismic activity along the Central America Volcanic arc: Is it related to subduction of the Cocos plate? *Tectonophysics,* 400, 241-254.
174. Gvshiani A.D., Gorshkov A., Kosobokov V., Cisternas A., Philip H. y Weber C. (1987). Identification of seismically dangerous zones in the Pyreness. *Annales Geophysicae,* 87, 681-690.
175. Hamilton H. (1961). Origin of the Gulf of California. *Geol.Soc.Am.Bull.*, 72, 1.307-1.318.
176. Hauback B.P. *Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, Mexico*. Editor: V.A. Frizzell, Jr. En: Geology of the Baja California Peninsula: Pacific. Section, SEP M, (39), 219-236, 1984.
177. Hauksson E., Stock J., Hutton K., Yang W, Vidal Villegas J.A. y Kanamori H. (2011). The 2010 Mw 7.2 El Mayor-Cucapah earthquake sequence, Baja California, Mexico and southernmost California, USA: Active seismotectonics along the Mexican Pacific Margin. *Pure appl.geophys*., 168, 1.255-1.277.

© 2021 Global Journals

178. Heil D.J. y Silver E. (1985). Forearc uplift south of Panama: A result of transform ridge subduction. *Geol.Soc.Am.,* Abstracts Prog. 19, 698.
179. Hernández Santana J.R., Lugo Hubp J. y Ortiz M.A. *Morfoestructuras regionales*. En: Nuevo Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. Primera edición, NA-III, 1-3 hojas, 2007.
180. Hernández Santana J.R., Ortiz Pérez M.A. y Figueroa M. (2009). Análisis morfoestructural del Estado de Oaxaca, México: Un enfoque de clasificación tipológica del relieve. *Investigaciones Geográficas*, 68, 7-24.
181. Hernández Santana J.R., Ortiz Pérez M.A. y Zamorano Orozco J.J. (1995). Regionalización morfoestructural de la Sierra Madre del Sur, México. *Investigaciones Geográficas*, 31, 45-67.
182. Husen S, Quintero R., Kissling E. y Hacker B. (2003) . Subduction zone structure and magmatic process beneath Costa Rica constrained by local earthquake tomography and petrological modelling. *Geophys.J.Int.,* 155, 11-32.
183. Iida K., Cox D.C. y Pararas-Carayannis G. *Preliminary catalog of tsunamis occurring in the Pacific Ocean.* University of Hawaii, Honolulu, 1967, 274 p.
184. Ikeda M., Toda S., Kobayashi S., y Ohno I. (2009). Tectonic model and fault segmentation of the median tectonic line active fault system on Shikoku, Japan. *Tectonics,* 28(5), doi: 10.1029/2008TC 002349.
185. Imaev V.S., Imaeva L.P. y Koz'min B.M. *Sismotectónica de Yakutia*. GEOS. Moscú, 2000, 227 p.
186. Imaev V.S., Imaeva L.P. y Koz'min B.M. *Active faults and seismotectonics of the northeastern Yakutia*. En: Yakutskii Nauchnyi Tsentr, 1990.
187. Imaeva L.P., Koz'min B.M. e Imaev V.S. (2009). Seismotectonics of the northeastern segment of Cherskii Range. *Otechestvennaya Geol.*, 5, 94-100.
188. Imaeva L.P., Imaev V.S. y Koz'min B.M. (2011). Análisis sismotectónico del segmento Yana-Indigirka de la zona Chersky. *Fizika Zemli,* 12, 23-36.
189. Imaeva L.P., Imaev V.S., Smekalin O.P. y Grib N.N. (2015). A seismotectonic zonation map of Eastern Siberia: New principles and methods of mapping. *OJER*, 4(4), 115-215.
190. Imaeva L.P., Imaev V.S., Koz`min B.M. y Mel`nikova V.I. (2016). Recent structures and tectonic regimes of the stress-strain state of the earth's crust in the northeastern sector of the Russian Artic region. *Geotectonics,* 6, 535-552.
191. Imaeva L.P., Koz`min B.M., L.P., Imaev V.S., Mackey K.G., y Koz'min B.M. (2016A). Seismotectonic studies of the pleistoseist area of the M_s = 6.9 Ilin-Tass earthquake in northeast Yakutia. *Izvestia Physics of the Solid Earth,* 52(6), 821-835.
192. Instituto Geográfico Nacional [IGN]. *Análisis sismotectónico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, escala 1:1.000.000*. Publicación técnica, 26, Madrid, 1992.
193. Instituto Geográfico Militar de Ecuador (1992). *Mapa sismotectónico del Ecuador*.
194. Instituto Geológico y Minero de España. *Mapa sismotectónico de Granada, escala 1:100.000*. Madrid, 1983, 37p.
195. Instituto de Geofísica (2010). Cien años de sismicidad en México. http://usuarios.geofisica.unam.mx/vladimir/sismos/100a%F1os.html
196. Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática (INEGI). *Zonas sísmicas y principales volcánicas de México*. Dirección General de Geografía, 2005A.
197. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Boletines anuales 2012, 2013, y 2014, de Guatemala. http://www.insivumeh.gob.gt/
198. Instituto Tecnológico y Geominero de España (IGME). *Mapa neotectónico, sismotectónico y de actividad de fallas de la región de Murcia, escalas 1:200.000 y 1:100.000*. Madrid, 1993.
199. Jimenez Z. y Ponce L. (1978). Focal mechanism of six large earthquakes in northern Oaxaca, Mexico, for the period 1928-1973. *Geophys.J.Int.,* 17, 379-386.
200. Johnson C.A. y Harrison C.G.A. (1989). Tectonics and volcanism in central Mexico: A Landsat Thematic Mapper perspective. *Remote Sens.Envir.,* 28, 273-286.
201. Johnston S.T. y Thorkelson D.J. (1997). Cocos-Nazca slab window beneath Central America. *Earth Planet.Sci. Lett.,* 146, 465-474.
202. Jun S., Meixiang B., y Guanglin S. (2013). A brief introduction to the seismotectonic map of Xinjiang and its neighborhood. *Earthquake Research in China*, 27(3), 411-426.
203. Kakimi T., Matsuda T., Aida I., y Kinugasa Y. (2003). A seismotectonic province map in and around the Japanese Islands. *J. of Seimol.Soc. of Japan,* 55(4), 389-406.
204. Kanamori H. y Steward G.S. (1976). Seismological aspects of the Guatemala earthquake of February 4, 1976. *J.Geophys.Res.,* 83, 3.427-3.434.
205. Kayal J.R. (2001). Microearthquake activity in some parts of the Himalaya and tectonic model. *Tectonophysics*, 339(3-4), 331-351.
206. Khutorskoy M.D., Delgado Argote L.A., Fernández R., Kononov V.I. y Polyak B.G. (1994). Tectonics of the offshore Manzanillo and Tecpan basins, Mexican Pacific, from heat flow, bathymetric and seismic data. *Geofísica Internacional*, 33(1), 161-185.

© 2021 Global Journals

207. Klitgord K.D. y Mammerickx J. (1982). Northern East Pacific Rise magnetic anomaly and bathimetric framework. *J.Geophys.Res.,* 87, 6.725-6.750.
208. Kostoglodov V. y Ponce L. (1994). Relationship between subduction and seismicity in the Mexican part of the Middle America trench. *J.Geophys.Res.,* 90, 729-742.
209. Kostoglodov V., Guzman Speziale M. y Bandy W. (1996). Seismotectonic constraints on the age of the lithosphere in the Guatemala basin. *EOS,* AGU Transactions, 77(46), F646.
210. Krestnikov V.N., Frend V.M. y Shebalin V. *Sobre la metodología de las investigaciones geológicas y sismológicas para la estimación de la peligrosidad sísmica*. En: Investigación de la sismicidad de las zonas de baja actividad sísmica (Cuba Central). Editorial Nauka, Moscú, 1983, 81-85.
211. Kuchai O.Q. y Kozina M.E. (2015). Regioanl features of seismotectonic deformation in East Asi base don earthquake focal mechanisms and their use for geodynamic zoning. *Russian Geology and Geophysics,* 56, 1.491-1.499.
212. Kuroiwa J. *Investigation of tsunami hazard mitigation in developing countries*. Seminar Workshop on Technical Aspects of Tsunami, Analysis, Prediction and Communication. Sidney, British Columbia, Canada, 1985.
213. Kuroiwa J. *Tsunamis, evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigación de desastres. Localidades estudiadas entre 1981 y 1994.* Editado y publicado por DHA, Ginebra y Lima, 1995, 46 p.
214. Kuroiwa J. *Disaster reduction*. Editorial NSG S.A.C., 2004.
215. Leon Soto G., Nt J.F., Grand S.P., Sandoval E., Valenzuela R.W., Guzman Speziale M., Gómez González J.M. y Domínguez Reyes T. (2009). Mantle flow in the Rivera-Cocos subduction zone. *Geophys.J.Int.,* 179, 1.004-1.012.
216. Llata Romera R. de la (2011). *Síntesis de la geología de México*. UNAM, 1-22 p.
217. Londsale P. (1995). Segmentation and disruption of the East Pacific Rise in the north of the Gulf of California. *Marine Geophys.Res.,* 17, 323-359.
218. Lockridge P.A. y Smith R.H. *Tsunamis in the Pacific Basin: 1900-1983*. US NOAA, National Geophysical Data Center, 1984.
219. López Ramos E. *Geología de México*. CONACYT, 1983, 357 p.
220. López Fernández C., Pulgar J.A., Gallart J., González Cortina J.M., Díaz J. y Ruiz M. (2008). Zonación sismotectónica del NO de la Península Ibérica. *GeoTemas,* 10, 1.031-1.034.
221. Lozos J.C. (2016). A case for historic joint rupture of the San Andreas and San Jacinto faults. *Science Advances Am.Assoc.,* 2(3), 196-199, doi: 10.1126/sciadv.1500621.
222. Lu R., He D., Xu X., Wang X., Tan X., y Wu X. (2018). Seismotectonics of the 2016 M 6.2 Hutubi earthquake: Implications for the 1906 M 7.7 Manas Earthquake in the northern Tian Shan Belt, China. *Seism.Res.Lett.,* 89(1), 13-21.
223. Lugo H.J., Ortiz P.M.A., Palacio P.J.L. y Bocco V.G. (1985). Las zonas más activas en el Cinturón Volcánico Mexicano (entre Michoacán y Tlaxcala). *Geofísica Internacional*, 24(1), 83-96.
224. Luhr J.F., Nelson S.A., Allan J.F. y Carmichel I.S.E. (1985). Active rifting in southwestern Mexico: Manifestations of the incipient eastward spreading-ridge jump. *Geology,* 13, 54-57.
225. Lyon Caen H., Barrier E., Lasserre C., Franco A., Arzu I., Chiquin L., Chiquin M., Duquesnoy T., Flores O., Galicia O., Luna J., Molina E., Porras O., Requena J., Robles V., Romero J. y Wolf R. (2006). Kinematics of the North American-Caribbean-Cocos plates in Central America from new GPS measurements across the Polochic-Motagua fault system. *Geophys.Res.Lett.,* 33, L19309, doi: 10.1029/2006GL027694.
226. Macías J.L, Capra L., Scott K.M., Espíndola J.M. García P.A. y Costa J.E. (2003). The 26 May 1982 breakout flows derived from failure of a volcanic dam at El Chichón, Chiapas, Mexico. *Geol.Soc. of Am.Bull.,* 116(1), 233-246.
227. Madariaga R. (1998). Sismicidad de Chile. *Revista Física de la Tierra,* 10, 221-258.
228. Manea M. y Manea V.C. (2011). Flat slab thermal structure and evolution beneath central Mexico. *Pure appl.geophys.,* 168(8-9), 1.475-1.487.
229. Manea M., Manea V.C., Kostoglodov V. y Guzmán Speziale M. (2005). Elastic thickness of the oceanic lithosphere beneath Tehuantepec ridge. *Geofísica Internacional*, 44(2), 157-168.
230. Mann P. y Burke K. (1984). Cenozoic rift formation in the northern Caribbean. *Geology*, 12, 7 32-736.
231. Mann P. y Corrigan J. (1990). Model for late Neogene deformation in Panama. *Geology*, 18, 558-562.
232. Mann P., Schubert C. y Burke K. *Review of Caribbean neotectonics*. En: The Caribbean region. Editores: G. Dengo y J.E. Case. Geological Society of America. Boulder Colorado, 1990, 307-338.
233. Márquez Azua B., Cabral Cano E., Correa Mora F. y DeMets Ch. (2004). A model for Mexican neotectonics based on nationwide GPS measurements, 1993-2001. *Geofísica Internacional,* 43(3), 319-330.
234. Mazzotti S. *Geodynamic models for earthquake studies in intraplate North America*, En: Continental intraplate earthquakes: Science, hazard and policy. Editores: S. Stein y S. Mazzotti. Geol.Soc. of Am. Special Paper, 425, 17-33 2007.

© 2021 Global Journals

235. McNally K.C. y Minster J.B. (1981). Nonuniform seismic slip rate along Middle America trench. *J.Geophys.Res.,* 86, 4.949-4.959.
236. Medina F. *Sismicidad y volcanes en México*. ISBN 9789681668761, 1997, 106 p.
237. Medina F., Espíndola J.M. y Gamietea A. (1987). Aspectos estadísticos de la actividad sísmica en México. *Ciencia,* 38, 253-267.
238. Medviedev S.V. *Regionalización sísmica de la URSS*. Editorial Nauka, Moscú, 1968, 476 p.
239. Meghraoui M. e IGCP-601 Working Group (2016). Seismotectonic map of Africa. *Episodes,* 39(1), 9-18.
240. Meghraoui M., Cisternas A. y Phillip H. (1986). Seismotectonic of the lower Chèliff basin: Structural background of the El Asnan (Algeria) earthquake. *Tectonics,* 5(6), 809-836.
241. Meletti C., Patacca P., y Scadone P. (2000). Construction of a seismotectonic model: The case of Italy. *Pure appl.geophys.,* 157(1-2), 11-35.
242. Menard H.W. y Fisher R.L. (1958). Clipperton fracture zone in the northeastern equatorial Pacific. *Jour.Geol.,* 66(3), 239-253.
243. Mercier de Lepinar B., Michaud F. y NAUTIMAT team (1997). Large Neogene subsidence along the Middle America trench off Mexico (18°-19°N): Evidence from submersible observations. *Geology,* 25(5), 387-390.
244. Meschede M. y Barckhausen U. *Plate tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center*. Editores: E.A. Silver, G. Kimura y T.H. Shipley. Proccedings ODP Sci. Results, 170, 1-10. College Station, Tx. USA, 2000.
245. Meyer Abich H. (1956). Los volcanes activos de Guatemala y El Salvador (América Central). *Anales del Servicio Geológico Nacional de El Salvador*, 3, 49-62.
246. Michaud F., Calmus T., Sosson M., Royer J., Bourgois J., Chabert A., Bigot Cormier F., Bandy B., Mortera Gutiérrez C. y Dyment J. (2005). La zona de falla Tosco-Abreojos: Un sistema lateral derecho activo entre la placa Pacífico y la península de Baja California. *Bol.Soc.Geol. Mexicana,* LVII(1), 53-63.
247. Michaud F., Dañobeitia J., Carbonell R., Bartolomé R., Córdoba D., Delgado Argote L., Núñez Cornú F. y Monfret T. (2000). New insights into the subducting ocean crust in the Middle American Trench off western Mexico (17°-19°N). *Tectonophysics,* 318, 187-200.
248. Michaud F., Dañobeitia J., Bartolomé R., Carbonell R., Delgado Argote L., Córdoba D. y Monfret T. (2001). Did the East Pacific Rise subduct beneath the North American plate (western Mexico)? *Geo-Marine Letters,* 20(3), 168-173.
249. Michaud F., Mercier de Lepinay B., Bourgois J. y Calmus T. (1996). Evidence for active extensional tectonic features within the Acapulco trench fill at the Rivera-North America plate boundary. *C.R. Acad.Sci.,* Paris, 321, IIa, 521-528.
250. Mina U.F. (1972). The Mexican Volcanic Belt: Structure tectonic. *Geofísica Internacional,* 12, 55-70.
251. Minsihull T., Bartolomé R., Byrne S. y Dañobeitia J.J. (2005). Low heat flow from young oceanic lithosphere at the Middle America Trench off Mexico. *Earth Plan.Sci.Lett.,* 239, 33-41.
252. Molina E. *Tsunami Catalogue for Central América 1539-1996*. Proyect: Reduction of Natural Disasters in Central America. Earthquake preparedness and hazard reduction. Tsunami en el Caribe, Report II, 1-04. Institute of Solid Earth Physics, Univ. Bergen, Norway, July 1997.
253. Molina E., Marroquín G., Escobar J.J., Talavera E., Rojas W., Climent A., Camacho Astigorrabia E., Benito B. y Lindholm C. (RESIS II). *Evaluación de la actividad sísmica en Centroamérica, Proyecto RESIS II.* 2008, 273 p.
254. Morán D.Z. *Geología de la República Mexicana.* Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática, 1984.
255. Morán Zenteno J.D., Cerca M. y Duncan Keppie J. (2005). La evolución tectónica y magmática cenozoica del suroeste de México: Avances y problemas de interpretación. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, 57(3), 319-341.
256. Moore D.G. y Buffngton E.C. (1968). Transform faulting and growth of the Gulf of California since late Pliocene. *Science*, 161, 1.238-1.241.
257. Moore G.H. y Castillo G.L. del (1974). Tectonic evolution of the southern Gulf of Mexico. *Geol.Soc.Am.Bull.*, 85, 607-618.
258. Moore G., Kellog D., Silver E., Tagudin J., Heil D., Shipley T. y Hussong D. (1985). Structure of the south Panama continental margin: A zone of oblique convergence. *EOS,* 44, 1087.
259. Moore J.C., Watkins J.S. y Shipley T.H. *Summary of accretionary process, deep sea drilling project leg 66: Off scraping, underplating, and deformation of the slope apron*. En: Initial reports of the deep sea drilling project, LXVI, Mazatlan, Mexico to Manzanillo, Mexico. Editores: J.S. Watkins y J.C. Moore. US Government Printing Office, Washington D.C., 1982, 827-836.
260. Mooser F. (1972). The Mexican volcanic belt: Structure and tectonics. *Geofísica Internacional*, 12, 55-70.
261. Mueller K.J. y Rockwell T.K. (1995). Late Quaternary activity of the Laguna Salada fault in northern Baja California, Mexico. *Geol.Soc. of Amer.Bull.,* 107, 8-18.
262. Muir Wood R. (1999). Deglaciation seismotectonics: A principal influence on intraplate seismogenesis at high latitudes. *Quaternary Science Reviews*, 19, 14-15.

© 2021 Global Journals

263. Natali S.G. y Sbar M.L. (1982). Seismicity in the epicentral region of the 1987 northeastern Sonoran earthquake, Mexico. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 72, 181-196.
264. Nava A. *Terremotos*. Fondo de Cultura Económica. La Ciencia desde México, 34, 157, 1987.
265. Nettles M. *Two unusual seismic events in the Gulf of Mexico in 2006*. En: Proceedings of Incorporated Research Institutions in Seismology (IRIS) Annual Workshop (Abstracts), 2006.
266. Nettles M. *Analysis of the 10 February 2006: Gulf of Mexico earthquake from global and regional seismic data*. En: Proceedings of Annual Conference, Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 2007.
267. Nieto Samaniego A.F., Alainz Álvarez S.A. y Camprubi Cano A. (2005). La Mesa Central de México: Estratigrafía, estructura y evolución tectónica. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, 57(3), 285-318.
268. Nieto Samaniego C., Barajas Gea I., Gómez González J.M., Rojas A., Alaniz Álvarez S.A. y Xu S. (2012). Geología, evolución estructural (Eoceno al actual) y eventos sísmicos del graben de Santiaguillo, Durango, México. *Rev. Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29(1), 115-130.
269. Nishenko S.P. y Singh S.K. (1987). Conditional probabilities for the recurrence of large and great interpolate earthquakes along the Mexican subduction zone. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 77, 2.094-2.114.
270. NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration. National Centers for Environmental Information, 2018. https://www.ngdc.noaaa.gov/hazard/tsu_db_shtml
271. NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration. National tsunami hazard mitigation program, 2004. http://www.pmel.noaa.gov/tsunami/Dart.
272. Norabuena E., Dixon T., Schwartz S., DeShon H., N ewman A., Protti M., Gonzalez V., Dorman L., Flueh E., Lundgren P., Pollitz F. y Sampson D. (2004). Geodetic and seismic constrain on some seismogenic zone processes in Costa Rica. *J.Geophys.Res.,* 109, B11403, doi: 10.1028/2003 JB002 931.
273. Norini G., Groppelli G., Lagmay A.M.F. y Capra L. (2006). Recent left-oblique slip faulting in the central eastern Trans-Mexican Volcanic Belt: Seismic hazard and geodynamic implications. *Tectonics*, 25, TC 4012, 21.
274. Normark W. y Curray J. (1968). Geology and structure of the deep of Baja California, Mexico. *Geol.Soc.Am.Bull.*, 79, 1.589-1.600.
275. Nunn J.A. (1985). State of stress in the northern Gulf of Mexico. *Geology,* 13, 429-432.
276. Núñez Cornú F.J. (2011). Peligro sísmico en el bloque de Jalisco, México. *Revista Física de la Tierra,* 23, 199-229.
277. Núñez Cornú F. y Ponce L. (1989). Zonas sísmicas de Oaxaca, México: Sismos máximos y tiempos de ocurrencia para el periodo 1542-1988. *Geofísica Internacional*, 28, 587-641.
278. Núñez Cornú F. y Sánchez Mora, C. (1999). Stress field estimations for Colima Volcano, Mexico, based in seismic data. *Bull.Volcanol.,* 60, 568-580.
279. Núñez Cornú F.J., Cordoba Barba D., Dañobeitia Canales J.J. y TsuJal Team (2016). Geophysical studies across Rivera plate and Jalisco block, Mexico: TSUJAL Project. *Seism.Res.Lett.*, 87(1), 59-72.
280. Núñez Cornú F.J., Reyes Dávila G.A., Rutz M., Trejo Gómez E., Carmena García M.A. y Ramírez Vázquez C.A. (2004). The 2003 Armería, México earthquake (Mw 7,4): Mainland and early aftershocks. *Seism.Res.Lett.,* 75, 734-743.
281. Núñez Cornú F.J., Reyes Dávila G.A., Suárez Plascencia C., Nava F.A., Rutz M., Ramírez A. y Reyes A. (1998). Eventos sísmicos en el bloque Jalisco. *GEOS,* S-12, 286.
282. Núñez Cornú J., Rutz M., Nava F.A., Reyes Dávila G. y Suárez Plascencia C. (2002). Characteristics of seismicity in the coast north of Jalisco block, Mexico. *Phys. Earth Plan.Int*., 132, 141-144.
283. NUREG- 1451. *Staff Technical Position on Investigations to identify fault displacements hazards and seismic hazards at a geologic repository*. (McConnell, Blackford M.E. e Ibrahim A.K.), US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C., 1992.
284. Okal E.A. y Borrero J.C. (2011). The tsunami earthquake of 22 June 1932 in Manzanillo, Mexico: Seismological study and tsunami simulations. *Geophys.J.Int.,* 187, 1.443-1.459.
285. Omerbashich M. y Sijarić G. (2006). Seismotectonics of Bosnia- overview. *Acta Geodyn. Geomater*., 3 (2), 17-29.
286. Ortega Gutiérrez F., Mitre Salazar L.M., Roldán Quintana J., Aranda Gómez J.L., Morán Zenteno D., Alainz Álvarez S.S. y Nieto Samaniego A.F. *Texto explicativo de la 5ª edición de la Carta Geológica de la República Mexicana, escala 1.2.000.000*. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México y el Consejo de Recursos Minerales, de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, 1992.
287. Ortiz Panchi O.E. *Sismotectónica y peligrosidad sísmica en Ecuador*. Trabajo de máster en la Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 2013, 52 p.

© 2021 Global Journals

288. Ortiz Pérez M.A. y Boceo G. (1989). Análisis morfotectónico de las depresiones de Ixtlahuaca y Toluca, México. *Geofisica Internacional*, 28(3), 507-530.
289. Ortiz M.A., Zamorano J.J. y Bonifaz R. (1993). Reconocimiento morfotectónico de una falla transcurrente en Colima. *Geofisica Internacional*, 32(4), 569-574.
290. Ortiz M., Singh S.K., Kostglodov V. y Pacheco J. (2000). Source areas of the Acapulco-San Marcos, Mexico earthquake of 1962 (M 7,1; 7,0) and 1957 (M 7,7), as constrained by tsunamis and uplift records. *Geofísica Internacional,* 39(4), 337-348.
291. Orozco A. y Osorio J.A. *Definición de peligrosidad sísmica.* Informe del Instituto Colombiano de Geología y Minería. Bogotá, 2004, 170 p.
292. Pacheco J.F. y Singh S.K. (2010). Seismicity and state of stress in Guerrero segment of the mexican subduction zone. *J.Geophys.Res*., 115, 1-14.
293. Pacheco J. y Sykes L. (1992). Seismic moment catalog of large, shallow earthquakes, 1900-1989. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 82, 1.306-1.349.
294. Pacheco J.F., Singh S.K., Domínguez J., Hurtado A., Quintana L., Jiménez Z., Yamamoto J., Gutiérrez C., Santoyo M., Guzmán M., Kostoglodov V., Reyes G. y Ramírez C. (1997). The October 9, 1995 Colima-Jalisco earthquake (Mw 8): An aftershock study and a comparison of this earthquake with those of 1931. *Geophys.Res.Lett.,* 24, 2.223-2.226.
295. Pacheco J., Quintero R., Vega F., Segura J., Jiméne z W. y González V. (2006). The Mw 6,4 Damas Costa Rica earthquake of 20 November 2004: Aftershocks and slip distribution. *Bull.Seism.Soc. Am.,* 96(4), doi: 10.1785/0120050261.
296. Padilla Sánchez R. *Tectónic Map of Mexico, escala 1:2,000,000*. División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, 2013.
297. Padilla Sánchez R.J. (2007). Evolución geológica del sureste mexicano desde el Mesozoico al presente en el contexto regional del Golfo de México. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, LIX(1), 19-42.
298. Pardo M. y Suárez G. (1995). Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern Mexico: Seismic and tectonic implications. *J.Geophys.Res.,* 100, 12.357-12.373.
299. Pardo M. y Suárez G. (1993). Steep subduction geometry of the Rivera plate beneath the Jalisco block in western Mexico. *Geophys.Res.Lett*., 20(21), 2.391-2.394.
300. Paris G. y Romero J. (1994). Fallas activas en Colombia: Mapa Neotectónico Preliminar. *Boletín Geológico*, 34(2-3), 3-25.
301. Pavoni N. (1985). Guidelines for the construction of seismotectonic maps. *Tectonophysics,* 117, 1-6.
302. Peláez Gaviria J.R., Mortera Gutiérrez C.A., Bandy W.L. y Michaud F. (2013). Morphology and magnetic survey of the Rivera-Cocos plate boundary of Colima, Mexico. *Geofisica Internacional,* 52(1), 73-85.
303. PEMEX- Pemex Exploración y Producción. *Las provincias geológicas de México.* México, 1982, 18 p.
304. Peraldo G. y Montero W. *Sismología histórica de América Central.* Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1999, 347 p.
305. Pérez Campos X., Kim Y., Husker A., Davis P.M., Clayton R.W., Iglesias A., Pacheco J.F., Singh S.K., Manea V.C. y Gurnis M. (2008). Horizontal subduction and truncation of the Cocos plate beneath Central Mexico. *Geophys.Res.Lett*., 35, L18303.
306. Perucca L. y Bastras H. (2006). Regiones sismotectónicas en el centro-oriental argentino. Provincias de La Rioja, San Juan y Mendoza. *Serie de Correlación Geológica,* 21, 209-222.
307. Petersen E. (1976). Características de la zona de Benioff en el Perú y el Ecuador. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 52, 49-72.
308. Pindell J. y Kennan L. *Kinematic evolution of the Gulf of Mexico and Caribbean*. Editores: R.H. Fillon, N.C. Rosen, y P. Weimer. En: Petroleum Systems of Deep-Water Basins: Global and Gulf of Mexico Experience, Houston, Texas, U.S.A., 2001. GCSSEPM Foundation, 21st Annual Research Conference, 193-220.
309. Plafker G. (1976). Tectonic aspects of the Guatemal a earthquake of 4 February, 1976. *Science,* 193, 1.2 01-1.208.
310. Plattner C., Malsewiso R. y Govers R. (2009). On the plate boundary forces that drive and resist Baja California motion. *Geology*, 37, 359-362.
311. Polonic G. (1986). On seismotectonic in the Moldavian Platform and adjacent units. *Geophysique,* 30, 11-17.
312. Ponce L., Gaulon R., Suárez G. y Lomas L. (1992). Geometry and state of stress of the downgoing Cocos plate in the Isthmus of Tehuantepec, Mexico. *Geophys.Res.Lett*., 19, 773-776.
313. Protti M., Guendel F. y McNally K. (1994). The geometry of the Wadati-Benniof zone under southern Central America and its tectonic significance: Result from a high resolution local seismograph network. *Phys. Earth Planet.Int.,* 84, 271-287.
314. Pushcharovsky Yu.V. (2006). Tectonic types of the Pacific abyssal basins. *Geotectonics*, 5, 25-38.
315. Quintanar Robles L., Rodríguez Lozoya H.E., Ortega R., Gomez Gonzalez J.M., Dominguez T., Javier C., Alcantara L. y Rebollar C.J. (2011). Source characteristics of the 22 January 2003 Mw=

© 2021 Global Journals

7.5 Tecoman, Mexico, earthquake: New insights. *Pure appl.geophys.,* 168(8-9), 1.339-1.353.
316. Quintero R. y Guendell F. (2000). Stress field in Costa Rica, Central America. *J. Seismology*, 4, 297-319.
317. Radulian M., Mandrescu N., Panza G.F., Popescu E. y Utale A. (2000). Characterization of seismogenic zones of Romania. *Pure appl. geophys.,* 157, 57-77.
318. Ramírez Herrera MªT. (2011). Evidencias ambientales de cambios de nivel de la costa del Pacífico de México: Terremotos y tsunamis. *Revista de Geografía Norte Grande,* 49, 99-124.
319. Ramírez Herrera MªT. y Urrutia Fucugauchi J. (1999). Morphotectonic zones along the coast of the Pacific continental margin, southern Mexico. *Geomorphology*, 28, 237-250.
320. Ramos Zúñiga L.G, Medina Ferrusquía H.C. y Montalvo Arrieta J.C. (2012). Patrones de sismicidad en la curvatura de Monterrey, noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29(3), 572-589.
321. Regulatory Guide 1.165. Identification and characterization of seismic sources and determination of safe shutdown earthquake ground motion, 1997.
322. Rey Pastor A. *Mapa sismotectónico de la Península Ibérica, escala 1:2.000.000*. Instituto Geográfico y Catastral, 1956.
323. Reyes Bache G. (2004). Estudio morfotectónico del sur de México. *GEOS*, 24(2), 194.
324. Reyes A., Brune J.N. y Lomnintz C. (1979). Source mechanism and aftershock study of the Colima, Mexico, earthquake of January 10, 1973. *Bull. Seism.Soc.Am*., 69, 1.819-1.840.
325. Riznichenko Yu.V. y Gorbunova I.V. *About methods of construction of seismic activity maps*. En: Seismic zoning of the URSS. Editorial Nauka, Moscú, 1968, 71-83.
326. Rogozhin E.A. *Características de la sismotectónica regional*. IPERAS, Moscú, 2012, 340 p.
327. Rojas W., Bungum H. y Lindholm C.D. (1993). Historical and recent earthquakes in Central America. *Revista Geológica de América Central,* 16, 5-21.
328. Rojas W., Guillermo E. y Alvarado G.E. (2012). Marco geológico y tectónico de la Isla del Coco y la región marítima circunvecina, Costa Rica. *Revista Biol.Trop.,* 60(3), 15-32.
329. Romero R. y Pugliese A. (2000). Seismicity, seismotectonics and seismic hazard of Italy. *Engineering Geology,* 55(4), 241-266.
330. Rosencartz E. (1990). Structure and tectonics of the Yucatan basin, Caribbean Sea, as determined from seismic reflection studies. *Tectonics,* 9, 1.037-1.059.
331. Rosenblueth E., Ordaz M., Sánchez Sesma F.J. y Singh S.K. (1989). Design spectra for Mexico`s Federal District. *Earthquake Spectra,* 5, 273-291.
332. Ross M.I. y Scotese C.E. (1988). A hierarchical model of the Gulf of Mexico and Caribbean region *Tectonophysics*, 155, 139-168.
333. Rutz López M. y Núñez Cornú F.J. (2004). Sismotectónica del Norte y Oeste del Bloque de Jalisco usando datos sísmicos regionales. *GEOS*, 24(1), 2-13.
334. Rutz López M., Núñez Cornú F.J. y Suárez Plascencia C. (2013). Study of seismic clusters at Bahia de Banderas region, Mexico. *Geofísica Internacional*, 52(1), 59-72.
335. Sallarés V., Dañobeitia J. y Flueh E. (1999). Seismic tomography with local earthquakes in Costa Rica. *Tectonophysics*, 329, 61-78.
336. Sánchez A.J. y Farreras S.F. *Estudio de tsunamis (maremotos) en la costa occidental de México*. World Data Center for solid Earth Geophysics, Publication SE-50, NOAA. Boulder, Colorado, USA, 1993, 79 p.
337. Sandoval O.J.H. (1985). The Tecpan regional fault: Evidence for major NE lineaments. *Geofísica Internacional*, 24, 193-205.
338. Schurr B., Ratschbacher L., Sippl C., Gloaguen R., Yuan X., y Mechie J. (2014). Seismotectonics of the Pamir. *Tectonics,* 33(8), 1.501-1.518.
339. Sedlock R.L., Ortega Gutiérrez F., Speed C., Talavera Mendoza D., Ruiz J., Gehrels G., Valencia V. y Centeno García (1993). Tectono-stratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. *Geol.Soc. of Amer.*, Special Paper, 278, 153 p.
340. Selvans M., Stock J.M., DeMets C., Sanchez O. y Marquez Azua B. (2011). Constraints on Jalisco block motion and tectonics of Guadalajara Triple Junction from 1998-2001 Campaign GPS data. *Pure appl.geophys.,* 168(8-9), 1.435-1.447.
341. SEMAR- Secretaría de Marina. *Historia de los tsunamis locales ocurridos en México*. (Compilación). Centro de Alerta de Tsunamis, 2012, 18 p.
342. Serpa L., Katz C. y Skidmore C. (1989). The southeastern boundary of the Jalisco block in West-Central Mexico. *EOS* Trans. AGU, 70(43), 1319.
343. Serrano Díaz G.S., Bandy W.L. y Mortera Guitérrez C.A. (2004). Active rifting and crustal thinning along the Rivera-Cocos plate boundary as inferred from mantle Bouguer gravity anomalies. *Geofísica Internacional*, 43(3), 361-381.
344. Servicio Geológico Mexicano. *Atlas de Peligros del Estado de Chiapas*. Informe Técnico del SG de México y la Secretaría de Seguridad Pública, 2007, 134 p.
345. Servicio Geológico Mexicano. *Atlas de Riesgo Estatales, Municipales y Urbano.* Experiencias en la elaboración de Atlas de Riesgo. Convención

© 2021 Global Journals

Nacional de Geografía-INEGI, SGM y Secretaría de Economía. Guadalajara 2007A, 42 p.
346. Servicio Oceanográfico Nacional. *Historia de los tsunamis en El Salvador, vulnerabilidad de la costa salvadoreña y actuación del Servicio Oceanográfico Nacional ante esta amenaza.* Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General del Servicio Nacional de Estudios Territoriales. San Salvador, 2009, 11 p.
347. Servicio Portuario Nacional de México (2017). https://www.sct.gob.mx/puertos-y-marina/puertos-de-mexico/.html
348. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Sismo del día 07 de Abril de 2011, Istmo de Tehuantepec (M 6,7)*. Instituto de Geofísica, 2011, 4 p.
349. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Sismo del día 20 de Marzo de 2012, Oaxaca (M 7,4)*. Instituto de Geofísica, 2012, 9 p.
350. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Sismo del día 21 de Septiembre de 2013, (M 5,4)*. Instituto de Geofísica, 2013, 9 p.
351. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de actividad sísmica en la región citrícola del Estado de Nuevo León, periodo Octubre 2013-Marzo de 2014.* Instituto de Geofísica, 2014, 8 p.
352. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Sismo del día 29 de Julio de 2014, Veracruz-Oaxaca (M 6,4)*. Instituto de Geofísica, 2014, 5 p.
353. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Sismo del día 11 de Enero de 2015, Quintana de Roo (M 4,2)*. Instituto de Geofísica, 2015, 6 p.
354. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Sismo del día 31 de Mayo de 2015, Saltillo, Coahuila (M 4,0)*. Instituto de Geofísica, 2015, 7 p.
355. Servicio Sismológico Nacional [SSN]. *Reporte de Enjambre Sísmico 25-28 de Marzo de 2016, Golfo de California*. Instituto de Geofísica, 2016, 8 p.
356. Servicio Sismológico Nacional UNAM [SSN]. *Catálogo cien años de sismicidad en México*, 2000.
357. Servicio Sismológico de México [SSM] (2017). Sismología de México. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html
358. Shedlock K.M., Giardini D., Grünthal G. y Zhang P. (2000). The GSHAP global seismic hazard map. *Seism.Res.Lett.,* 71(6), 679-689.
359. Shor Jr.G.G. y Roberts E. (1958). San Miguel, Baja California Norte earthquakes of February 1956. *Seism.Soc.Am.Bull.,* 48, 101-116.
360. Shubert D.H. y Cebull S. (1984). Tectonic of the Trans Mexican volcanic belt. *Tectonophysics,* 101, 159-165.
361. Silver E., Reed L., Tagudin L. y Heil L. (1990). Implications of the North and South Panama Thrust Belts for the origin of the Panama Orocline. *Tectonics,* 9, 261-281.
362. Singh S.K. y Mortera F. (1991). Source time functions of large Mexican subduction earthquakes, morphology of the Benioff zone, age of the plate, and their tectonic implications. *J.Geophys.Res*., 96, 21.487-21.502.
363. Singh S.K., Asitz L. y Harstrov J. (1981). Seismic gap and recurrence periods of large earthquakes along the Mexican subduction zone: A reexamination. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 71(3), 827-843.
364. Singh S.K., Rodríguez M. y Espíndola J.M. (1984). A catalogue of shallow earthquakes of Mexico from 1900 to 1981. *Bull.Seism.Soc.Am*., 74, 267-279.
365. Singh S.K., Ponce L. y Nishenko S.P. (1985). The great Jalisco, Mexico, earthquakes of 1932: subduction of the Rivera plate. *Bull.Seism.Soc.Am*., 75, 1.301-1.313.
366. Singh S.K., Suárez G. y Domínguez T. (1985A). The Oaxaca, México earthquake of 1931: Lithospheric normal faulting in the subducted Cocos plate. *Nature*, 317, 56-58.
367. Singh S.K., Kostoglodov V. y Pacheco J.F. (1999). Interslab eartquakes in the subducting oceanic plates below Mexico. *GEOS,* 20, 347.
368. Singh S.K., Ordaz M., Pacheco J.F., Alcántara L., Iglesias A., Alcocer S., García D., Pérez Campos X., Valdés C. y Almora D. (2007). A report on the Atayac, Mexico, earthquake of 13 April 2007 (M 5,9). *Seism.Res.Lett.*, 78, 635-645.
369. Singh S.K., Pacheco J.F., Pérez Campos X., Ordaz M., y Reinoso M. (2015). The 6 September 1997 (M_w4.5) Coatzacoalcos-Minatitlán, Veracruz, Mexico earthquake: Implications for tectonics and seismic hazard of the region. *Geofísica Internacional,* 54(3), 289-298.
370. Soloviev S.L. *Recurrence of earthquakes and tsunamis in the Pacific Ocean*. En: Tsunamis in the Pacific Ocean. Editor: W.M. Adams. East-West Center Press, Honolulu, 1970, 149-164.
371. Soloviev S.L. y Go Ch. *A catalogue of tsunami on the eastern shore of the Pacific Ocean*. Nauka Publishing House, Moscú, 1975, 202 p.
372. Stefan J.F., Blanchet R. y Mercier de Lepinay B. *Northern and southern Caribbean festoons (Panama, Colombia-Venezuela and Hispaniola-Puerto Rico), interpreted as pseudo-subductions induced by the East-West shortening or the pericaribbean continental frame*. Editor: F.C. Wezel. En: The origin of arcs. Development in Geotectonics, 21. Elsevier, Amsterdam, 1988, 530 p.
373. Stock J.M. (1993). Tectónica de placas y evolución del bloque Jalisco, México. *GEOS*, 13(3), 3-9.
374. Stoiber R.E. y Carr M.J. (1973). Quaternary volcanic segmentation of Central America. *Bulletin of Vulcanology*, 37(3), 304-325.
375. Stoiber R. y Rose W.I. *Volcanology-Nicaragua, El Salvador, Guatemala, selected material.* Darmounth

© 2021 Global Journals

College, October, 1974. http://www.volcano.si.edu/world/region14/elsalv/sanmigue/var.htm#cslp_7004
376. Stockmeyer J.M., Shaw J.H., y Guan S. (2014). Seismic hazards of multisegment thrust-fault ruptures: Insights from the 1906 Mw7.4-8.2 Manas, China, earthquake. *Seismol.Res.Lett*., 85, 801-808.
377. Suárez G. y Albini P. (2009). Evidence for great tsunamigenic earthquakes (M 8.6) along the Mexican Subduction Zone. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 99(2A), 892-896.
378. Suárez G. y López A. *Crustal deformation in the southwestern Gulf of Mexico: Evidence for thrust faulting induced by the subduction of the Cocos plate*. En: Simposio Dr. Zoltan de Cserna (Sesenta años geologizando en México). México D.F, Instituto de Geología, UNAM, 2011, 145.
379. Suarez G., Jaramillo S.H. y Bandy W.L. (2013). Relative motion between the Rivera and North American plates determined from the slip direction of earthquakes. *Pure appl.geophys.,* 170, 2.163-2.172.
380. Suarez G., Monfret T., Wittlinger G. y David C. (1990). Geometry of subduction and depth of the seismic zone in Guerrero gap, Mexico. *Nature*, 345, 336-338.
381. Suter M. (1987). Orientational data on the state of stress in northeastern Mexico as inferred from stress-induced borehole elongations. *J.Geophys. Res.*, 92, 2.617-2.626.
382. Suter M., Quintero, O. y Johnson C.A. (1992). Active faults and stress in the central part of the Trans-Mexican Volcanic Belt Mexico (1). The Venta-Bravo fault. *J.Geophys.Res*., 97, 11.983-11.993.
383. Suter M., Carrillo Martínez M. y Quintero Legorreta O. (1996). Macroseismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans Mexican Volcanic belt, Mexico. *Bull.Seism. Soc.Am.*, 86, 1.952-1.963.
384. Suter M., López Martínez M., Quintero Legorreta O. y Carrillo Martínez C. (2001). Quaternary intra arc extension in the Central Trans-Mexican Volcanic Belt. *Geol.Soc.Am.Bull.,* 113, 693-703.
385. Tolson G. (2005). La falla Chacalapa en el sur de Oaxaca. *Bol.Soc.Geol. Mexicana*, 57(1), 111-123.
386. Torres Vera M.A. (2010). Historical seismicity in Mexico during 1568-1837: Intensity evaluation and data reliability. *Natural Hazards,* 54(3), 863-878.
387. Trejo Gómez E., Ortiz M. y Núñez Cornú F.J. (2015). Source model of the October 9, 1995 Jalisco-Colima tsunami as constrained by field survey reports, and on the numerical simulation of the tsunami. *Geofísica Internacional,* 54(2), 153-162.
388. Trifonov G.V. y Machette N.M. (1993). The world map of major active faults project. *Annali di Geofisica*, 36 (3-4), 225-236.
389. Ulomov V.I. *Key points and technical guidelines for creating a new seismic zoning map for the territory of Russian Federation*. En: Seismicity and seismic zoning of the north Eurasia. Vols. 2-3, Moscú, 1995, 9-26 p.
390. Ulomov V.I. y Shumilina L.S. (1998). The set of general seismic zoning maps of the Russian Federation`s territory. *Seismostoik.Stroit.*, 4, 30-34.
391. Ulomov V.I., Strakhov V. y Giardini D. (1993). Seismic hazard assessment in Northern Eursasia. *Ann.Geofiz.,* 36(3-4), 20-38.
392. UNAM- Seismological Group (2010). Intraslab Mexican earthquake of 27 April 2009 (Mw 5,8) and 29 May 2009 (Mw 5,6): A source and group motion study. *Geofísica Internacional*, 49, 153-163.
393. UNAM- Servicio Sismológico Nacional de México. *Datos de los sismos de México*. México, 2017.
394. UNAM- Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional. *Reporte especial del sismo de Tehuantepec (07.09.2017 Mw 8,2)*. México, 2017, 12 p.
395. UNAM- Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional. *Reporte especial del sismo de Puebla-Morelos (19.09.2017 Mw 7,1)*. México, 2017A, 11 p.
396. UNAM- Grupo de Trabajo del Servicio Sismológico Nacional. *Reporte especial del sismo del Golfo de California (10.01.2018 M 6,3).* México, 2018, 9 p.
397. Urbina F. y Camacho H. *Zona megaseismica Acambay-Tixmadeje, Estado de México*. Instituto Geológico de México, Secretaria de Fomento, 1913.
398. Urrutia Fucugauchi J. y Castillo L. del (1977). Un modelo del Eje Volcánico Mexicano. *Bol.Soc.Geol. Mexicana,* 38, 18-28.
399. Valdés C.M., Money W.D., Singh S.K., Meyer R.P., Lomnitz C., Luetgert J.H., Hesley C.E., Lewis B.T.R. y Mena M. (1986). Crustal structure of Oaxaca, Mexico, from seismic refraction measurements. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 7, 547-563.
400. Verma S.P. (1985). Mexican volcanic belt. *Boletín Geofísico Internacional*, 24(1), 83-96.
401. Vivallos J. *Mapa sismotectónico de Chile*. Cap. 8. Geología Marina., Sismos y tsunamis de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 2010, 66-69.
402. Vogt J. (1981). Presentation de la Carte sismotectonique de la France a 1:1.000.000. *Bull. of the Ins.Assoc. of Engineering Geology,* 23(1), 11-12.
403. Warren L., Langstaff M. y Silver P. (2008). Fault plane orientations of intermediate depth earthquakes in the Middle America Trench. *J.Geophys.Res.,* 113, B01304.
404. Watkins J.S., McMillen K.J., Bachman S.B., Shipley T.H., Moore J.C. y Angevine C. *Tectonic synthesis, Leg 66: Transect and vicinity.* En: Initial reports of the deep sea drilling project, LXVI, Mazatlan, Mexico to Manzanillo, Mexico. Editores: J.S.

© 2021 Global Journals

Watkins, *et al.* US Government Printing Office, Washington DC, 1982, 837-849.
405. Wdowinski S. (1998). A theory of intraplate tectonics, *J.Geophys.Res.*, 103, B3, 5.037-5.059.
406. Wesnousky S.G. y Scholz C.H. (1980). The Craton: Its effect on the distribution of seismicity and stress in North America. *Earth and Planet.Sc.Lett.*, 48, 348-355.
407. Wheeler R.L. y Krystinik K.B. *Segmentation of the Wasatch fault zone, Utah. Summaries, analyses, and interpretations of geological and geophysical data*. US Geological Survey Bulletin, 1827, 47 p.
408. White R., Ligorria J. P. y Cifuentes I. L. *Seismic history of the Middle America subduction zone along El Salvador, Guatemala and Chiapas, Mexico: 1526-2000*. En: Natural Hazards in El Salvador. Geological Society of America, Special Paper, 375, 379-396, 2004.
409. Wolters B. (1986). Seismicity and tectonics of southern Central America and adjacent regions with special attention to the surroundings of Panama. *Tectonophysics*, 128, 21-46.
410. *World Stress Map Database Release*. Editores: O. Heidbach, M. Rajabi, K. Reiter y M. Ziegler- WSM Team. The Helmholtz Centre Potsdam - GFZ German Research Centre for Geosciences, 2016, doi.org/10.5880/WSM.2016.001.
411. Xu S. y Liu Y. (1986). Seismotectonic implication of seismicity pattern. *J.Phys.Earth*, 34, S13-S24, 1
412. Yagi Y., Mikumo T., Pacheco J. y Reyes G. (2004). Source rupture Process of the Tecoman, Colima, Mexico earthquake of 22 January 2003, determined by joint inversion teleseismic body-wave and near-source data. *Bull.Seism.Soc.Am.,* 94, 1.795-1.807.
413. Yamamoto J., Jiménez Z. y Mota R. (1984). El temblor de Huajuapan de León, Oaxaca México del 24 de noviembre de 1980. *Geofísica Internacional*, 23(1), 83-110.
414. Yang J-P. y Aggarwal Y.P. (1981). Seismotectonics of northeastern United States and adjacent Canada. *J.Geophys.Res*., 86, B6, 4.981-4.998.
415. Yang T., Grand S.P., Wilson D., Guzman Speziale M., Gomez Gonzalez J.M., Dominguez Reyes T.A. y Nt J. (2009). Seismic structure beneath the Rivera subduction zone from finite frequency seismic tomography. *J.Geophys.Res.,* 114, B01302, doi: 1029/2008JB005840.
416. Zhidkov M.P., Rotvain I.M. y Sadowskii A.M. (1975). Pronóstico del lugar de posible ocurrencia de terremotos fuertes. IV. Intersecciones múltiples de lineamientos de la Meseta Armeniana, los Balcanes y la Cuenca del Mar Egeo. *Vichislitelnaya Seismologiya*, 8, 53-70.
417. Zoback M.L. (2012). Stress field constraints on intraplate seismicity in eastern North America, *J.Geophys.Res.*, 97, B8, 11.761-11.782.

© 2021 Global Journals