



RIESGO SISMICO

④ TECTÓNICA DE PLACAS Y SISMICIDAD.

El nacimiento de las masas terrestres se dio hace más de 4,000 millones de años, cuando una fisura en la corteza oceánica ocurrió, generando con esto que material magmático proveniente del manto superior ascendiera y rellenara la fisura, con el tiempo, la costra rocosa formada en ese lugar fue creciendo hasta configurar las actuales continentes que conocemos hoy en día.

De acuerdo a la moderna teoría de las placas tectónicas, la corteza terrestre está dividida, a manera de un mosaico, en unas 17 placas principales que se desplazan lateralmente unas respecto a otras, impulsadas por corrientes de convección que se generan en el manto. Conceptos geofísicos modernos advierten que, la mayor parte de la actividad sísmica en el mundo está asociada, directa o indirectamente, con el movimiento relativo de las placas litosféricas y con su interacción a lo largo de las zonas de contacto. En los bordes entre bloques rígidos de litosfera, se genera el 90% de los sismos registrados instrumentalmente. Ver fig 1.

La República Mexicana se encuentra dentro de una placa enorme conocida como Placa Norteamericana, la cual abarca desde Canadá hasta Guatemala. En particular, nuestro país se encuentra en interacción con las

Placas del Pacífico, Cocos, Rivera y del Caribe.

Los límites de placas son la expresión externa de la dinámica interior de la tierra. El proceso de enfriamientos que comenzó en el Precámbrico continúa hoy en día, manifestándose en eventos magmáticos, fallamientos, corrimientos y sismos, consecuencia del movimiento relativo de las Placas terrestres.

De interés particular resultan los límites de placas ya que en ellos se verifican diversos procesos geológicos que transforman el paisaje y han conformado las expresiones orográficas a través del globo.

Los límites de placas son de tres tipos principales:

1. **LÍMITES CONVERGENTES:** En estas zonas existe una cordillera generalmente oceánica, con una grieta en su parte media, conocida como Valle de Grieta o Rift. Es aquí donde material del manto superior asciende desde una cámara magmática situada a poca profundidad rellenando la fisura y haciendo que la placa crezca. El proceso de crecimiento produce movimiento hacia ambos lados de la fisura terrestre. Eventualmente la





placa en crecimiento colisiona con otras placas generando el límite de placas convergentes.

2. **LIMITES TRANSCURRENTES:** En esta zona grandes fallas que separan las cordilleras oceánicas se mueven unas con respecto a otras sin que este movimiento produzca gran acumulación de energía. Ver fig. 2.
3. **LIMITE DE PLACAS CONVERGENTES:** Debido al movimiento generado por el crecimiento de la placa, y esta al colisionar con una placa continental, en este caso, la de Norteamérica, la placa oceánica de Cocos, penetra por debajo de la de Norteamérica debido a su menor densidad, el choque de placas produce en la zona de contacto, metamorfismo, fallamiento y movimientos fuertes o sismos como expresión de la interacción dinámicas de placas.

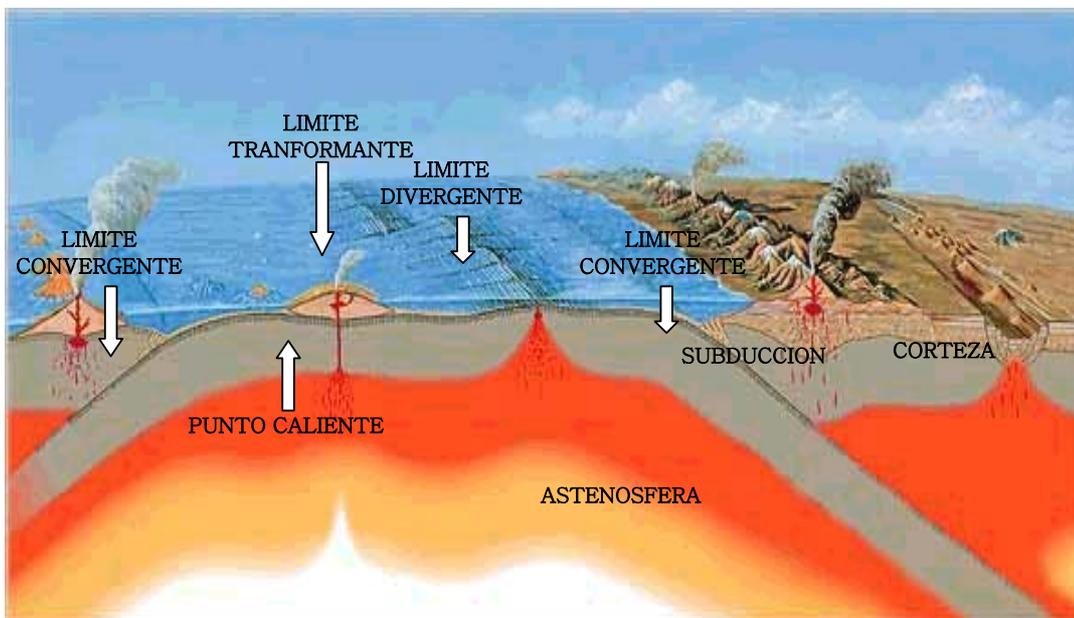


Fig. 2.- Principales tipos de límites tectónicos y procesos geológicos que ocurren en los mismos.

Por debajo de la placa de Norteamérica en su avance hacia el noreste a más de 300 km de la zona de contacto la placa de Cocos alcanza profundidades de más de 80 km, lo que ocasiona el resquebrajamiento de la misma y su fusión parcial. La fusión de la Placa de Cocos a profundidad produce grandes cantidades de magma el cual asciende y se entrapa para después surgir a la superficie a través de zonas de debilidad cortical (grietas y fisuras) formando los aparatos volcánicos del Eje Neovolcánico Mexicano.

En Guerrero, el choque de placas genera aproximadamente 70 km de las costas guerrerenses y a más de 5,000 m de profundidad una fosa oceánica,





conocida como la Fosa de Acapulco, lugar que marca la zona donde la Placa de Cocos comienza a descender hacia el manto superior. Ver fig. 3.





RIESGO SISMICO EN GUERRERO.

Como se menciono anteriormente la Placa de Cocos es su movimiento hacia el noreste choca con la Placa de Norteamérica a través del litoral del Pacifico Mexicano, generando el fenómeno conocido como subducción, este fenómeno es el responsable de la mayoría de los sismos que se presentan en México.

La sismicidad en el estado de Guerrero muestra una distribución en bandas paralelas a la trinchera; particularmente se pueden observar dos bandas sísmicas paralelas. Ver Fig. 4

1. Banda costera de sismicidad: tiene un ancho aproximado de 35 km y los hipocentros tienen profundidades focales de 10 a 25 km., los sismos que ocurren aquí están relacionados con la placa en subducción.
2. Banda sísmica continental: con profundidades focales que varían de 32 a 42 kms. se presenta claramente separada de la banda costera, aquí las profundidades focales varían de 32 a 42 km.

Existe una ausencia notable de sismicidad en el área intermedia entre las dos bandas en donde precisamente el rasgo morfológico dominante de la placa continental lo constituye la parte alta de la sierra costera, tampoco hay actividad sísmica en el lugar de contacto de las placas a lo largo de la Trinchera Mesoamericana, debido a que quizá en esta zona el régimen sedimentológico tiene un papel preponderante.

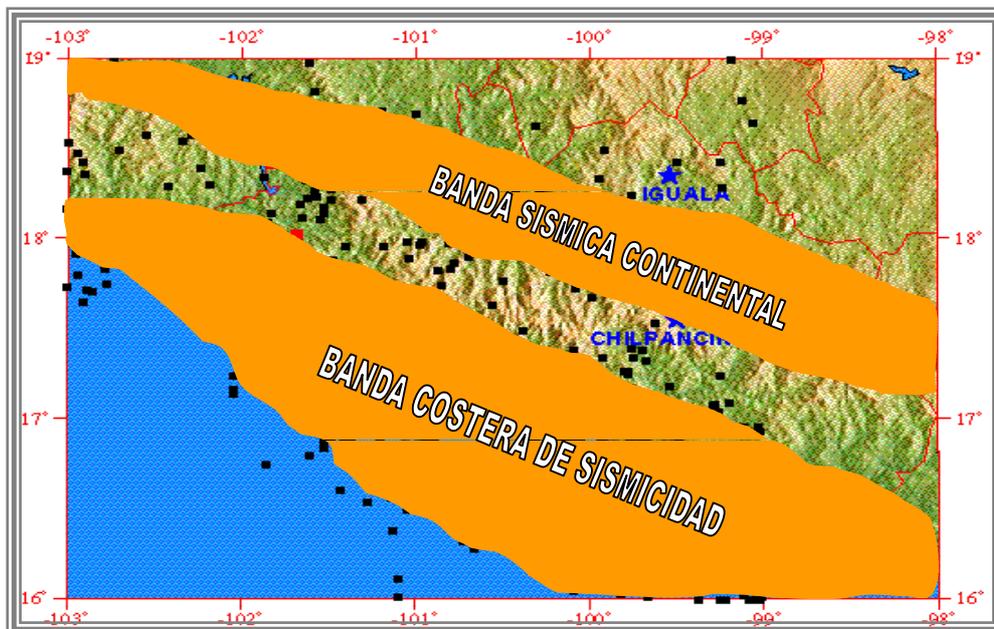


Fig. 4.-Bandas sísmicas costera y continental en el Estado de Guerrero





Considerando a la Placa de Cocos como una placa oceánica relativamente joven que está subduciendo con una velocidad rápida (6.5 cm por año aproximadamente), no se tienen grandes segmentos de ruptura a lo largo de la costa del Pacífico mexicano, como en Chile o en Alaska donde los eventos sísmicos pueden alcanzar magnitudes de más de 8.5° grados Richter.

La geometría de la placa en Guerrero es reminiscente de las observadas en Perú Central y en Argentina, donde la Placa de Nazca subyace a la Placa de Sudamérica. Perú Central, Argentina y el centro de México son las únicas zonas que exhiben una subducción subhorizontal debajo de una placa continental. Sin embargo, existe una diferencia notable entre las placas continentales del sur de México y las de Sudamérica, los eventos sísmicos muestran que mientras en Perú y Argentina el grosor medio de la corteza es de 90 km., en México es de apenas de 45 km. Este grosor correspondería más a una placa oceánica que a una continental. Esto se explica por el hecho de que el sur de México fue formado por la acreción de terrenos alóctonos dentro del continente desde el Paleozoico. El grosor tan delgado de la litosfera en esta zona sugiere que los terrenos tuvieron un origen oceánico.

ZONAS DE RUPTURA.

Las zonas de ruptura determinan zonas sísmicas donde los grandes temblores ocurren a intervalos de tiempo más o menos determinados. Estas zonas de ruptura están compuestas por extensiones geográficas de cientos de kilómetros a lo largo de las zonas de grandes fallas. Generalmente se les representa de forma arredondada donde la superficie dibujada corresponde a la influencia de la zona de ruptura. En Guerrero las zonas de ruptura del Pacífico son de pocos kilómetros de extensión (100 a 200 aproximadamente), comparadas con otras regiones del mundo. La extensión de la ruptura y el tiempo de recurrencia están íntimamente ligados con la magnitud del sismo; así, para una zona de ruptura grande mayor magnitud, e igualmente para un período de recurrencia largo la magnitud esperada aumenta. Las zonas de ruptura se determinan por la configuración de los hipocentros de sismos precursores y réplicas de grandes sismos sobre mapas geográficos.

En el Estado se conocen varios segmentos de ruptura. En la parte oeste se tiene a las brechas de (40 y 70 años aproximadamente) de Michoacán y Petatlán, con tiempos de recurrencia aparentemente regulares; a continuación, la Brecha Guerrero, que no ha presentado actividad importante desde 1911, con tiempos de recurrencia no determinados al no existir antecedentes del siglo XIX, hacia el este se tienen los segmentos de San Marcos y Ometepec, con tiempos de recurrencia muy variables (entre 40 y 50 años aproximadamente).

El origen de los sismos en Guerrero es complejo, parece manifestarse por una gran variabilidad en magnitud y dimensiones de ruptura de un ciclo a otro. Esta





variabilidad influye en la reducción de la habilidad para hacer un pronóstico acertado en su extensión para eventos futuros. Ver Fig. 5.

En el presente, los segmentos de Ometepec-San Marcos y la Brecha Guerrero de la zona mexicana de subducción sobresalen por su alta probabilidad de ocurrencia de un gran temblor en un futuro inmediato. La Brecha Guerrero es considerada la zona más peligrosa donde puede ocurrir un sismo, debido a su largo período de quietud sísmica (más de 90 años). Temblores anteriores, $M > 7.5^\circ$, conocidos o estimados han ocurrido en esta región: el 7 de abril de 1845 (?), $M = 7.9^\circ$; 24 de diciembre de 1899, $M = 7.7^\circ$; 26 de marzo de 1908, $M = 7.8^\circ$; 30 de julio de 1909, $M = 7.5^\circ$; 16 de diciembre de 1911, $M = 7.8^\circ$. Con excepción del evento de 1845, no hay temblores bien documentados en esta región anteriores a 1899, debido a la baja densidad de población durante el siglo XIX, por lo tanto, los tiempos de recurrencia son, en el mejor de los casos, especulativos. Esta zona se distingue por tener uno de los períodos más largos desde un temblor anterior observado a lo largo de la zona de subducción, como los segmentos de Michoacán y Tehuantepec. Los intervalos de recurrencia en esta región quizá pertenezcan a otra periodicidad que no ha sido bien observada históricamente.

Basados en las dimensiones físicas de la Brecha Guerrero, está limitada por el sismo de Petatlán de 1979, $M = 7.6^\circ$. Su límite sureste puede llegar hasta la barrera producida por la segmentación de la placa en la región, es decir, 99° oeste. Los reportes del terremoto de 1907 también sugieren este límite para la propagación de la ruptura de este sismo. Con base en estos límites se puede concluir que la extensión máxima de la Brecha es de 230 km. Tomando el ancho de la falla como 80 km, se obtiene un valor de 8.3° para la magnitud máxima esperada o 3 eventos de magnitud $M = 7.8^\circ$. La Brecha podría romperse de la misma manera que sucedió a principios de siglo cuando varios eventos ocurrieron en la zona. Este patrón ha sido observado en el rompimiento de la Brecha de Michoacán, la cual tiene una extensión parecida a la Brecha Guerrero.

En suma, mientras la carencia de datos sea la constante, la extrapolación de la recurrencia de tiempo observado, con base en la conducta de otros segmentos de la zona mexicana de subducción, indican que la Brecha Guerrero debe ser considerada como un área de alto riesgo sísmico para un futuro inmediato.





HUNDIMIENTO REGIONAL Y AGRIETAMIENTO

El riesgo estructural en el Estado de Guerrero está íntimamente ligado a la historia geológica de la región, ya que se origina como producto de esfuerzos entre materiales de diferente resistencia ocasionados por el empuje de fuerzas tectónicas de grandes dimensiones que han modelado el paisaje guerrerense a través de millones de años.

Los diferentes tipos de rocas y unidades litológicas que forman el Estado nos dan una idea de lo difícil que puede ser la reconstrucción histórica del área. Aunado a esto la complejidad estructural y estratigráfica de Guerrero hace que sea difícil una reconstrucción paleogeográfica que permita una explicación clara sobre el origen de los principales rasgos del Estado.

En una revisión primaria del Mapa Geológico del Estado de Guerrero, se puede apreciar de manera muy general un predominio de rocas de tipo sedimentario en las regiones centro y norte. Abarcando parte de la Montaña y Tierra Caliente, se encuentran depósitos sedimentarios del Mesozoico, con extensiones de cierta importancia al noroeste de la Costa Grande.

En las dos costas extendiéndose hacia el norte, este y oeste de Acapulco, se presentan rocas metamórficas del jurásico, las cuales, en diversos lugares, han sido afectadas por intrusiones graníticas más recientes. Estos granitos se extienden también en un área bastante considerable ubicada al centro de la Costa Grande. Rocas muy antiguas del precámbrico, se encuentran al sur de la región de la montaña y en casi toda la Costa Chica, extendiéndose hacia Oaxaca. Ver fig. 6.

Casi toda la Tierra Caliente, así como el norte de la Costa Grande está cubierta por lavas del Terciario, sedimentos del mismo y cuaternarios cubren, en diversos lugares del Estado a las rocas anteriormente descritas.

En lo que se refiere a la Geología Estructural del Estado, podemos mencionar que prácticamente toda su superficie es afectada por este fenómeno, como consecuencia de las tensiones originadas por el fenómeno de subducción, que debido a los esfuerzos generados, hace que las masas rocosas se plieguen en algunas ocasiones y en otras se rompan, generando gran cantidad de fracturas y fallas, los tres tipos principales de fallas (inversas, normales y laterales) se observan en la carta estructural del estado, las direcciones y trenes estructurales presentan variaciones diversas, así como también las longitudes y desplazamientos de las mismas, no pudiéndose establecer de manera clara las direcciones de los esfuerzos predominantes que les dieron origen.

De una manera rápida se puede decir de los rasgos estructurales del Estado, lo siguiente: En el extremo occidental de la Entidad entre la Región de La Costa Grande y la Tierra Caliente en el municipio de Coahuayutla se observan grandes





estructuras de más de 40km, que parecen formar un bloque de grandes dimensiones limitado por las fallas normales que se encuentran sobre la riera del Río Balsas y fracturas dentadas menores sobre los afluentes del mismo río, y otras que se internan en territorio guerrerense provenientes de Michoacán, que son de tipo inverso y miden mas de 40 km, atravesando comunidades de Zirandaro. Estas fallas forman pequeños bloques en la colindancia de Guerrero y Michoacán y al parecer el posible gran bloque tectónico del Río Balsas, pertenece a esta secuencia. En general las orientaciones predominantes de estas estructuras son NE-SW. Atravesando la cabecera municipal de Zirandaro se encuentra una falla de grandes dimensiones llamada "Falla El Pejo", es de tipo normal, de más de 40 km y de orientación casi N-S, que atraviesa inclusive la carretera Cd. Altamirano-Zihuatanejo y se prolonga hacia el norte perdiéndose en Michoacán, donde solo se infiere su continuación. Más hacia el este en la región de la Tierra Caliente se observan fallas importantes pero de menores dimensiones, que atraviesan o pasan cerca de algunos centros de población como Arcelia, Ajuchitlán del Progreso, Apaxtla de Castrejón, Teloloapán y Tlalchapa. En esta zona no se observa una dirección predominante. En la Región Norte del Estado se pueden ver grandes fallas inversas producto de la colisión y posterior cabalgamiento de las calizas de la Formación Morelos sobre rocas volcánicas metamorfizadas del Jurásico Sup.-Cretácico Inf. Estas fallas tienen más de 30 km de longitud algunas de ellas y orientación casi N-S. preferentemente se observan sobre calizas en una franja de más de 30 km, comenzando al sur de Taxco y llegando hasta el sur del municipio de Cuetzala del Progreso. Hacia el oeste encontramos 2 grandes fracturas, una inicia cerca de Tepecoacuilco de Trujano, y llega al sur de Taxco. Tiene una orientación hacia el NW y una longitud de aproximadamente 25 km, la otra inicia en Taxco pasa por Tetipac y se interna en el Estado de México, esta fractura tiene mas de 50 km y orientación 45° hacia el NW. En general la orientación de las fallas y fracturas de esta zona presentan una ligera orientación predominante de 45° hacia el NW. Hacia el oeste de la Región Norte, cerca de Atenango del Río y Copalillo se tienen fallas y fracturas de diferentes dimensiones, con orientación predominante NE. En la Región Centro se observan pocas estructuras grandes. En el municipio de Heliodoro Castillo y a la altura de Tlacotepec se observan algunas fallas inversas de poco kilometraje y de orientación N-S. En la parte oeste del mismo municipio estructuras circulares de diferentes diámetros se presentan hacia las partes altas de la sierra. A la altura de Filo de Caballos parte una gran fractura de orientación NE, de más de 50 km. En las cercanías de Chilpancingo hacia el este se tiene una fractura de más de 20 km de longitud y orientación NE, y zonas de zizalla. Al oeste de Chilapa de Álvarez se aprecia una falla inversa de más de 30 km, y de orientación N-S. Partiendo del Municipio de Xochihuetlán se observa una fractura de 30 km de longitud, con orientación 45° hacia el SW. Sobre las calizas de la Formación Morelos en toda la Región Centro se observan gran cantidad de dolinas, producto del colapso de material calcáreo al ser disuelto por las aguas meteóricas, algunas de estas estructuras alcanzan más de 5 km de diámetro como la de Tixtla. Al Oeste de Tierra Colorada grandes cabalgaduras son visibles, no pudiéndose definir un modelo de esfuerzos debido a la diversidad de las orientaciones. En general la





zona centro presenta fallas y fracturas de diferentes tipos y orientaciones diversas. En lo que se refiere a la Costa Grande, tampoco se observan grandes estructuras, las fallas que aquí se tienen son predominantemente de tipo normal a diferencia de otras regiones, asimismo podemos ver gran cantidad de estructuras circulares de diferentes tamaños en las zonas altas de la sierra sobre cuerpos graníticos intrusivos. Al norte de Zihuatanejo fallas y fracturas escalonadas de diferentes orientaciones forman bloques pequeños. Las orientaciones y tamaños en esta zona son diversos y no se observan estructuras o bloques de grandes dimensiones. La Región de Acapulco marca el inicio de una zona de grandes fallas normales y transformantes de gran tamaño y con orientación 45° NW preferentemente, este patrón se repite a lo largo de la Costa Chica con variaciones en cuanto al tipo de falla y un poco en la orientación sobre todo en los límites con Oaxaca donde la orientación es diversa. A la altura de El Quemado atraviesa una falla transformante de 30 km aproximadamente y con orientación 30° hacia el NE. Poblaciones como Marquelia y Azoyu son atravesadas por fallas transformantes de más de 40 km. Cuauhtepic es atravesado por una falla lateral de más de 40 km y de orientación NW. Cerca de Cuajinicuilapa, pasa una gran falla transformante de más de 50 km y de orientación NW que se interna en Oaxaca. De igual forma es digno de mencionar la gran falla inferida que pasa cerca de Punta Maldonado y continua hasta Ayutla de los Libres, con una longitud de más de 60 km y una orientación 50° NW, aproximadamente. Las fallas laterales y otros tipos de estructuras forman bloques pequeños en estas zonas, aumentando el grado de complejidad y la reconstrucción de los eventos que los originaron. Finalmente en la Región de la Montaña podemos ver la continuación de las estructuras de la Costa Chica, así como zonas de zizalla en los límites de los terrenos que dieron origen al Estado. Estructuras de no más de 30 km de longitud y de orientación predominante hacia el NW se presentan en territorios poco poblados. Ver fig. 7





RIESGO POR VULCANISMO

Se ha señalado, en el contexto de la Teoría de la Tectónica de Placas, el hecho de que tanto los epicentros de los sismos como el vulcanismo ocurren en los bordes de las Placas. En todo el mundo podemos observar como esta regla se cumple: la gran Cordillera de los Andes corre paralela a la costa de América del Sur, donde se encuentran volcanes importantes como el Cotopaxi, Chimborazo, Nevado de Ruiz, etc., en América del Norte, las Montañas Rocosas constituyen la expresión morfológica de un choque de Placas, volcanes como el Monte Rainier y el Santa Elena son ejemplo de ellos.



Fig. 8.- Volcanes activos de México y su entorno tectónico

Como se ve los volcanes en estas regiones se encuentra en bandas paralelas a las costas, lo que no ocurre en México, donde la zona de volcanes corre en forma transversal al territorio nacional dada la morfología de la placa subducida.

La Placa de Cocos es una placa relativamente joven, la cual se deriva de la vieja Placa Farallón, que dio origen a la de Guadalupe y ésta al disgregarse se segmentó en las actuales Placas de Rivera y de Cocos.

La Placa de Cocos subduce por debajo de la de Norteamérica con un ángulo bajo en Michoacán, Guerrero y Oaxaca. En Chiapas, la placa recupera el ángulo y genera vulcanismo costero (volcán Tacaná). Ver fig. 8.

En general, la Placa de Cocos produce el vulcanismo que se observa desde la parte central de Jalisco hasta Veracruz y Chiapas en una franja llamada Eje





Neovolcánico Transmexicano, donde se localizan los volcanes activos de México (Popocatepetl, Volcán de Fuego, Pico de Orizaba, Chichonal, etc.). El ángulo de la placa y su tamaño determinan que en esa zona y a más de 100 km de profundidad la Placa se fusione con el Manto Superior lo que produce que el material magmático ascienda a la superficie por medio de zonas de debilidad (fallas y fracturas) y se manifieste en forma de vulcanismo.

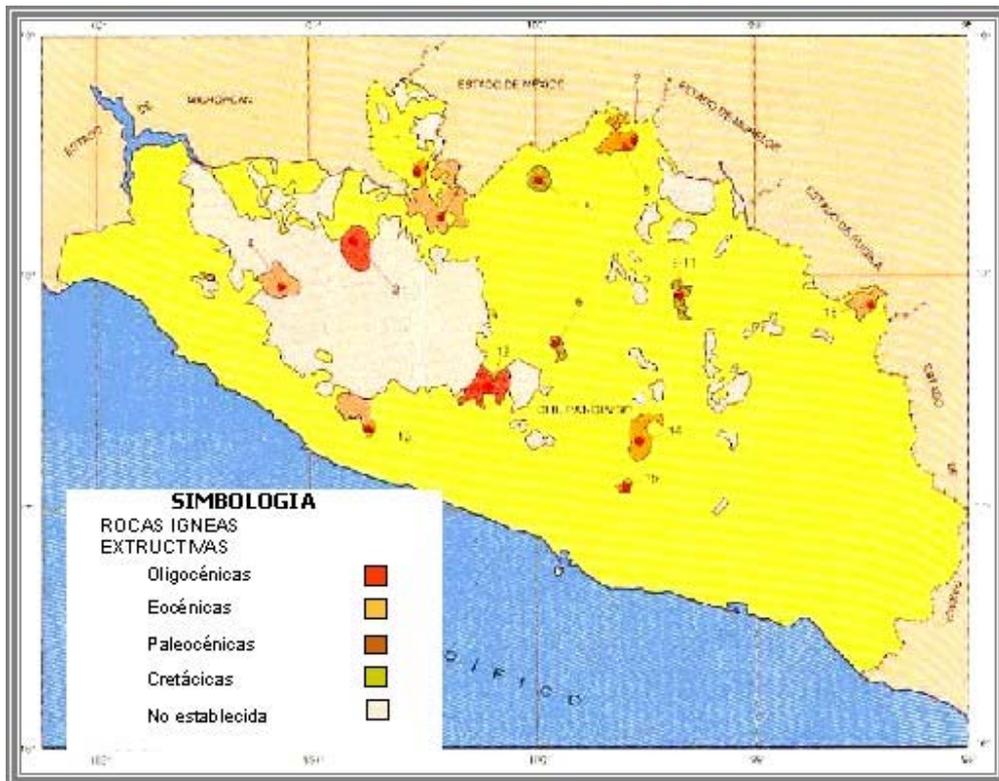


Fig. 9. Distribución de la rocas ígneas eruptivas en el Estado de Guerrero. Fuente Consejo de Recursos Minerales.

El territorio guerrerense ha tenido eventos volcánicos desde el Cretácico, cuando la costa occidental de México evolucionaba en forma parecida a los Andes sudamericanos Ver fig. 6., la mayoría corresponde a un vulcanismo terciario. La composición de los materiales es principalmente Andesita, Basalto, Riolita, Dacita, etc., lo que corresponde a márgenes volcánicos antiguos. Probablemente en el Terciario, el ángulo de subducción era mayor al que actualmente tiene la placa, lo que ocasionó que el material fundido a profundidad ascendiera y formara derrames volcánicos típicos de margen convergente. Ver Fig. 9.

Actualmente la zona volcánica de Guerrero se encuentra en proceso de erosión, y es una zona volcánica inactiva debido a que la placa cambió de ángulo y no recibe aporte de material incandescente de la profundidad.





La mayoría de las estructuras corresponden a derrames viscosos y conservan su forma volcánica típica como los derrames andesíticos de Santa Catarina, cerca de Chilapa de Álvarez. Ver Fig. 10.

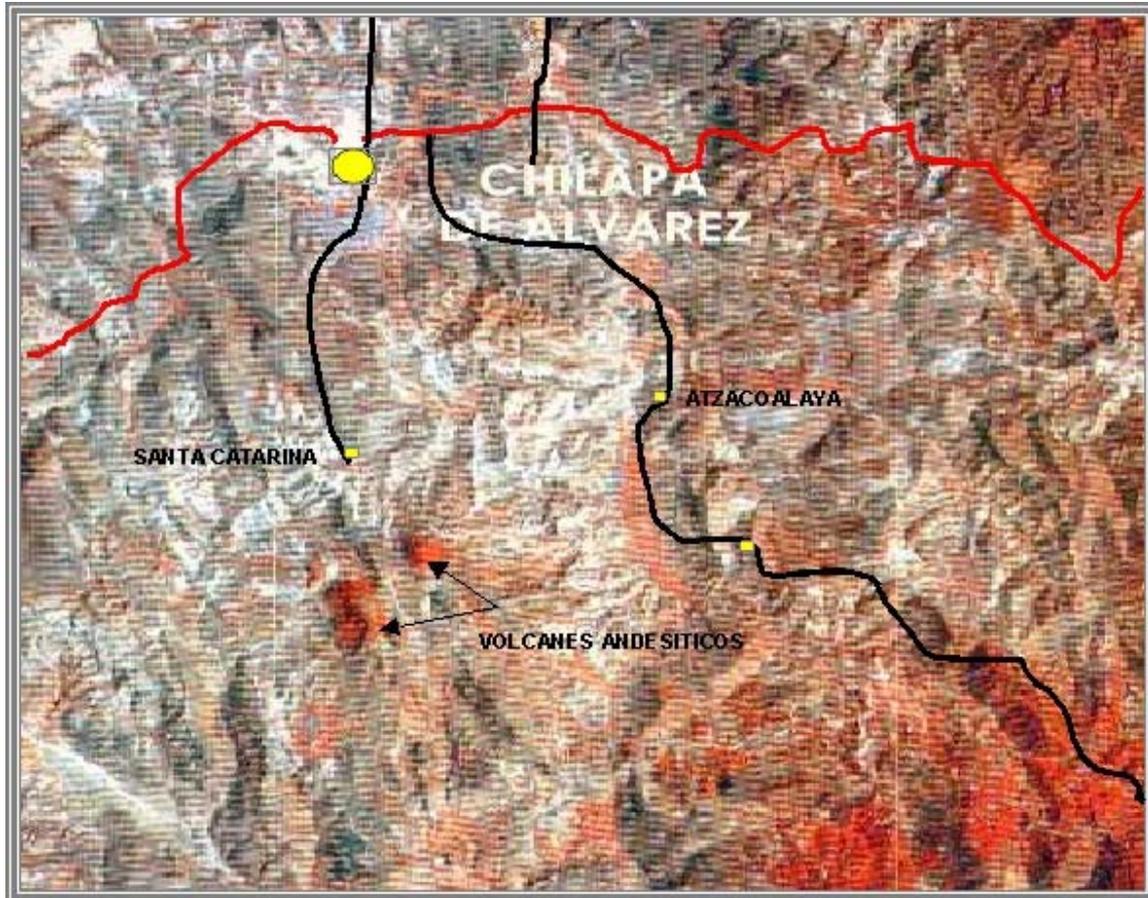


Fig 10. Derrames andesíticos cerca de la cabecera municipal de Chilapa de Álvarez





MAREMOTOS O TSUNAMIS

Tsunami o maremoto. Es una secuencia de olas que se genera por eventos sísmicos, principalmente, con epicentro en el fondo oceánico. Estas grandes olas pueden alcanzar alturas considerables y causar efectos destructivos.

La gran mayoría de los tsunamis se origina por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico (cerca del 80 %), en las zonas de subducción. Ver Fig. 11.

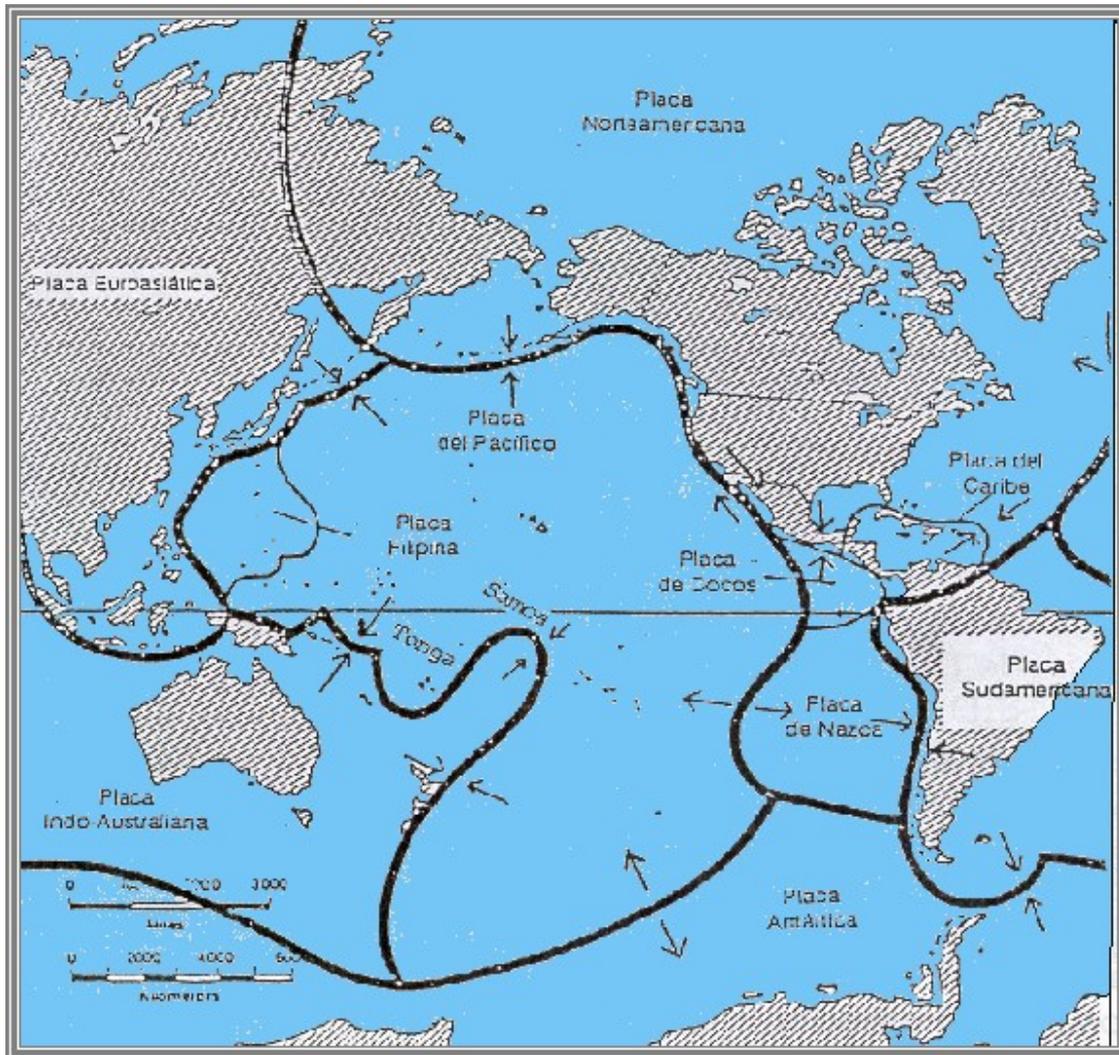


Fig. 11. Área de generación de tsunamis, localizada en las zonas de subducción que bordean el Océano Pacífico.





Toda la costa del Pacífico de México está expuesta al arribo de maremotos, tanto de origen lejano, como de origen local. Fig. 12. La costa del Estado presenta un riesgo mayor por tsunamis locales generados en la Fosa Mesoamericana, que por sismos lejanos. El tsunami generado por el sismo del 19 septiembre de 1985 en la Fosa Mesoamericana, frente a Michoacán, tardó 30 segundos para llegar a Lázaro Cárdenas y 23 minutos a Acapulco.



Fig. 12. Marco sismo-tectónico de la Costa del Pacífico de México y su potencial para generación y recepción de tsunamis.

La velocidad de propagación de un tsunami varía entre 600 y 800 km/h, dependiendo de la profundidad del océano. En la Figura 13 se muestra la Carta de tiempos de propagación de un maremoto originado en la Fosa Mesoamericana frente a Acapulco.

Puesto que los tiempos de desplazamiento del origen al lugar de arribo y viceversa son los mismos, esta carta sirve también para predecir los tiempos de arribo a Acapulco de tsunamis provenientes de diversas regiones del Pacífico.



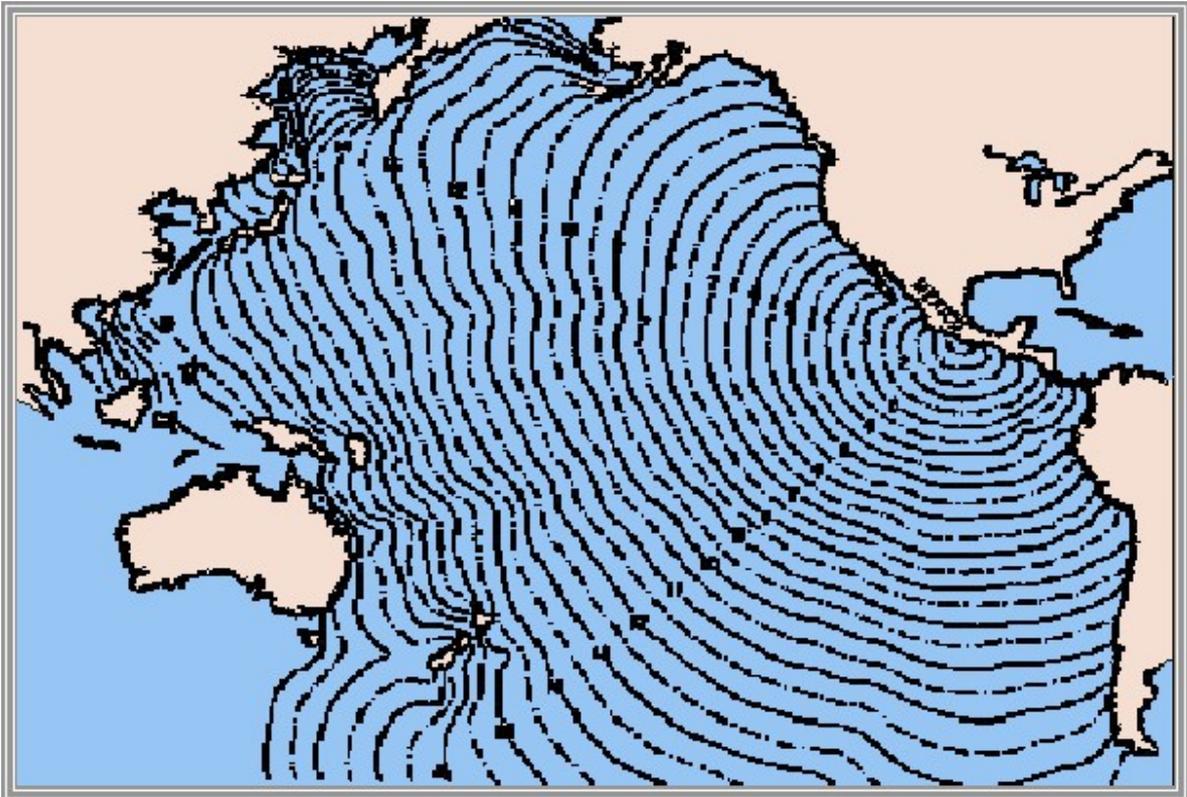


Fig. 13. Carta de tiempos de propagación (tiempo indicado en horas) para un tsunami en la Fosa Mesoamericana frente a Acapulco.

Tabla 1. Tiempos de propagación de tsunamis transpacíficos desde su origen hasta su arribo a Acapulco.

FECHA	ORIGEN	TIEMPO DE VIAJE (hrs:min)
09-marzo-1957	I. Aleutianas	10:51
22-mayo-1960	Chile	09:49
13-oct-1963	I. Kuriles	15:22
28-marzo-1964	Alaska	09:29
16-mayo-1968	Japón	16:31
29-nov-1975	Hawaii	08:11
14-enero-1976	Kermadec	14:02





Tabla 2. Tsunamis de origen local observados o registrados en el Estado de Guerrero.

FECHA	EPICENTRO DEL SISMO (°N, °O)	ZONA DEL SISMO	MAGNITUD DEL SISMO	LUGAR REGISTRADO DEL TSUNAMI	ALTURA MAX. DE OLAS (m)
25-feb-1732	No definido	Guerrero	S/D	Acapulco	4.0
1-sep-1754	No definido	Guerrero	S/D	Acapulco	5.0
28-marzo-1787	No definido	Guerrero	>8.0	Acapulco	3.0-8.0
4-mayo-1820	17.2° 99.6°	Guerrero	7.6	Acapulco	4.0
10-marzo-1833	No definido	Guerrero	S/D	Acapulco	S/D
11-marzo-1834	No definido	Guerrero	S/D	Acapulco	S/D
7-abril-1845	16.6° 99.2°	Guerrero	S/D	Acapulco	S/D
4-dic-1852	No definido	Guerrero	S/D	Acapulco	S/D
14-abril-1907	16.7° 99.2°	Guerrero	8	Acapulco	2.0
30-julio-1909	16.8° 99.8°	Guerrero	7.4	Acapulco	S/D
16-nov-1925	18.5° 107.0°	Guerrero	7.0	Zihuatanejo	7.0-11.0
14-dic-1950	17.0° 98.1°	Guerrero	7.3	Acapulco	0.3
28-julio-1957	16.5° 99.1°	Guerrero	7.9	Acapulco	2.6
11-mayo-1962	17.2° 99.6°	Guerrero	7.0	Acapulco	0.8
19-mayo-1962	17.1° 99.6°	Guerrero	7.2	Acapulco	0.3
23-ago-1965	16.3° 95.8°	Oaxaca	7.3	Acapulco	0.4
30-enero-1973	18.4° 103.2°	Colima	7.5	Acapulco	0.4
14-marzo-1979	17.3° 101.3°	Guerrero	7.6	Acapulco	1.3
25-oct-1981	17.8° 102.3°	Guerrero	7.3	Acapulco	0.1
19-sep-1985	18.1° 102.7°	Michoacán	8.1	Acapulco	1.1
21-sep-1985	17.6° 101.8°	Michoacán	7.5	Acapulco Zihuatanejo	1.2 2.5

El tsunami se caracteriza por una sucesión de varias olas y es precedido por un cambio anómalo del nivel del mar. En muchos casos se ha observado cómo el mar se retira a distancia considerable, un fenómeno que debe ser interpretado como signo premonitorio de la inminencia de una catástrofe. Generalmente la primera ola alcanza mayor altura, pero las olas siguientes son frecuentemente la causa del mayor número de víctimas. Personas cercanas a la playa que sienten un temblor deben estar alertas, observar el descenso o ascenso anómalo del nivel del mar e interpretarlo como un signo precursor.

Para los poblados cercanos al epicentro el lapso entre la ocurrencia del sismo y la llegada del tsunami es de pocos minutos y no da tiempo de aviso; para





aqueellos alejados del mismo el lapso es de varias horas, dando la posibilidad de alerta y la toma de medidas de prevención.

Las poblaciones de toda la costa del Estado que se encuentran cercanas o sobre la zona de playa son las más susceptibles de experimentar daños. Ver Fig. 14. Entre las principales podemos mencionar las siguientes:

MUNICIPIO	COMUNIDAD
LA UNION	<ul style="list-style-type: none"> ● Petacalco. ● El Atracadero. ● El Capire. ● Troncones.
PETATLAN	<ul style="list-style-type: none"> ● Barra de Potosí. ● La Isla. ● La Barrita.
BENITO JUAREZ	<ul style="list-style-type: none"> ● La Providencia. ● Paraíso Escondido. ● Llano Real. ● Magueyes. ● El Guayabo. ● Santa Cruz de Mitla. ● Costa de Plata.
JOSE AZUETA	<ul style="list-style-type: none"> ● Ixtapa ● Zihuatanejo ● Playa Blanca
TECPAN	<ul style="list-style-type: none"> ● EL Cayaquito. ● El Carrizal. ● La Vinata. ● Playa Bocachica. ● Llano del Amante. ● Santa Fe
COPALA	<ul style="list-style-type: none"> ● Colonia General Juan Álvarez. ● (Playa Ventura).
CRUZ GRAN DE	<ul style="list-style-type: none"> ● Pico del Monte.
COYUCA DE BENITEZ	<ul style="list-style-type: none"> ● Playa de Mitla. ● Playa del Carrizal. ● Playa Azul. ● La Estación. ● La Barra. ● Los Mogotes. ● Luces en el Mar.





MUNICIPIO	COMUNIDAD
ACAPULCO	<ul style="list-style-type: none"> ● Copacabana ● Plan de los Amates. ● Bahía de Acapulco ● Revolcadero ● Bahía de Puerto Márquez ● Barra Vieja
SAN MARCOS	<ul style="list-style-type: none"> ● San José Guatemala. ● Medanitos Perros de Agua. ● El Amazquite. ● El Medano.
AZOYU	<ul style="list-style-type: none"> ● Barra de Tecoaapa.
CUAJINICUILAPA	<ul style="list-style-type: none"> ● Colonia Agrícola y Ganadera, Tierra Colorada (La Guadalupe). ● Punta Maldonado.



Fig. 14. La zona de riesgo por tsunami en el Estado abarca prácticamente todo el litoral.





Las manifestaciones de los tsunamis en la costa están en función de la energía de la onda, de la configuración del fondo y del relieve costero.

La presencia de islas en la boca de las bahías, como la de Acapulco, incrementa la extensión del contorno costero, lo cual amplifica las olas del maremoto y limita el escape de su energía, a través de la boca de la bahía.

Debido a lo anterior, la zona de Acapulco resulta particularmente susceptible a los daños que pudiera ocasionar un tsunami, tanto por su ubicación, como por la morfología que presenta la bahía, además de ser una zona densamente poblada.

Un tsunami podría afectar, sobre todo, a las partes que cuentan con playa, la mayor parte de la bahía, parte de Puerto Márquez, parte de Pie de la Cuesta y de la playa El Revolcadero. Ver fig. 15.

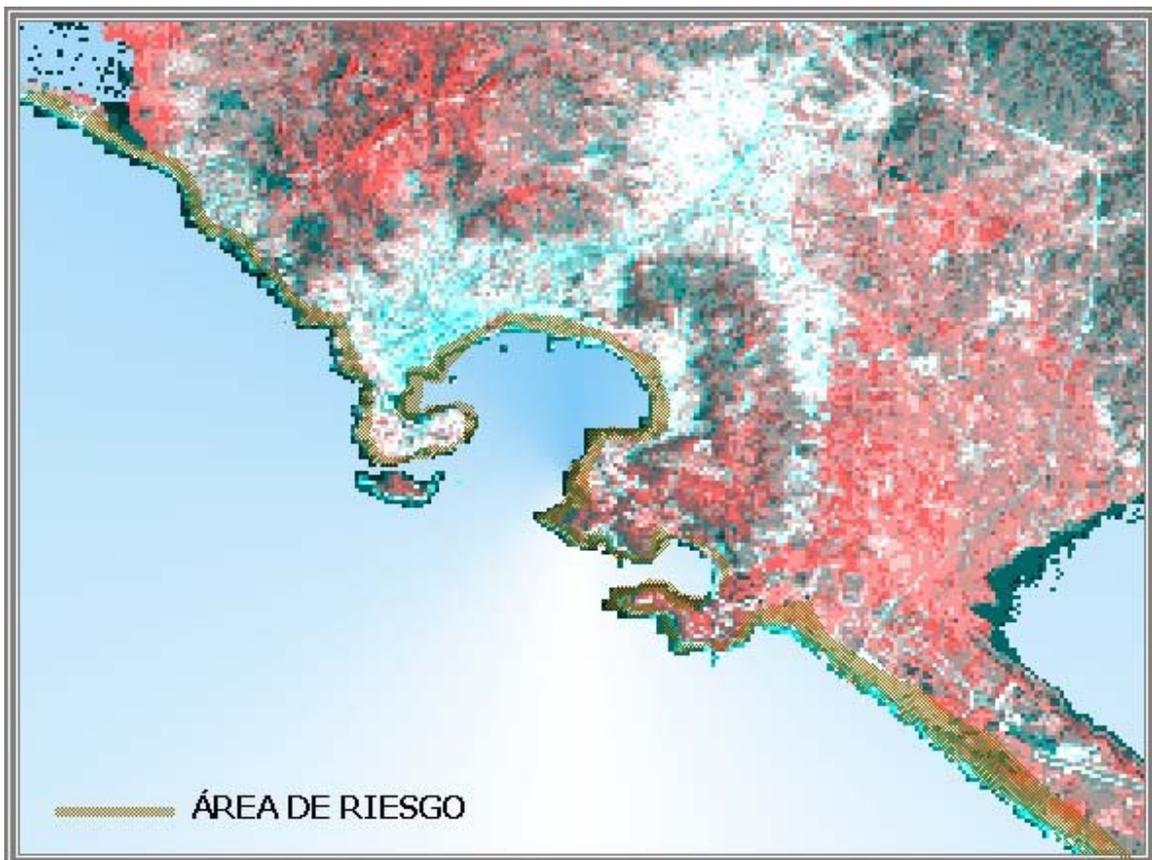


Fig. 15. Zona de riesgo en Acapulco ante la ocurrencia de un tsunami.





Entre los daños materiales que puede causar un tsunami a su arribo están:

-  **Primarios.** Causados directamente por la acción del agua (inundación, presión, flotación, corrientes, fuerzas de arrastre) sobre las estructuras.
-  **Secundarios.** Impacto de objetos sobre las estructuras fijas, incendios (por impacto de objetos en tanques de almacenamiento de combustibles), caída de líneas eléctricas, derrumbe de edificaciones, etc.

El impacto social se manifiesta en la pérdida de vidas y personas lesionadas; destrucción de construcciones y viviendas; daños en vías de comunicación, hospitales y escuelas; interrupción de servicios públicos, etc.





INESTABILIDAD Y DESPLAZAMIENTO DE MATERIALES

El riesgo de desprendimiento de grandes volúmenes de tierra y rocas está vinculado con las condiciones topográficas, geológicas e hidrometeorológicas que imperan en una región determinada.

Estos fenómenos se presentan cuando las condiciones geológicas originales experimentan alteración progresiva, debido a que las formas del relieve se encuentran sujetas a los efectos de las condiciones climatológicas y de la actividad humana. El proceso se inicia cuando se propicia la degradación de las condiciones iniciales de resistencia y deformabilidad de los materiales térreos y rocas.

Un desplazamiento significa cambio de posición de determinada porción de la corteza terrestre. A este grupo pertenecen los desprendimientos de tierra o rocas (deslizamientos), flujos de lodo, flujo de terreno o deslaves (tierra y/o rocas) y hundimientos.

Entre los factores que rigen el comportamiento de las laderas naturales se distinguen tres tipos:

- **Factores geomorfológicos:** topografía de la región, geometría de los taludes, discontinuidades y estratificación del material.
- **Factores internos:** resistencia, deformabilidad y compresibilidad de los materiales y esfuerzos que actúan en el interior del material.
- **Factores climáticos:** régimen de precipitaciones pluviales normales y extraordinarias de la región, acción erosiva natural y actividad humana.

Dada la topografía tan abrupta del Estado de Guerrero es fácil entender que en el se produzcan grandes movimientos de terreno que afecten a muchos centros de población. Como se muestra en la figura 16 el Estado esta conformado por 4 provincias geomorfológicas que engloban a la Sierra Madre del Sur. En primer lugar las Planicies Costeras no revisten peligro alguno ya que se trata de lugares planos en los cuales no existe el problema, salvo raras excepciones y la mayoría de las veces producidos por la mano del hombre al socavar buscando materiales de construcción o para desplante de obras. La parte que corresponde a la Sierra Costera que consta de las llamadas Sierra y Montaña de Guerrero presenta las mayores elevaciones y pendientes, por lo que, en estas zonas los derrumbes y deslizamientos de masas son más frecuentes. En lo que se refiere a la Depresión del Balsas, aquí encontramos lomeríos con pendientes no tan pronunciadas como en la Sierra Costera, pero igualmente inestables que pueden producir importantes afectaciones cuando estas se presentan. Por ultimo las Sierras del Norte que

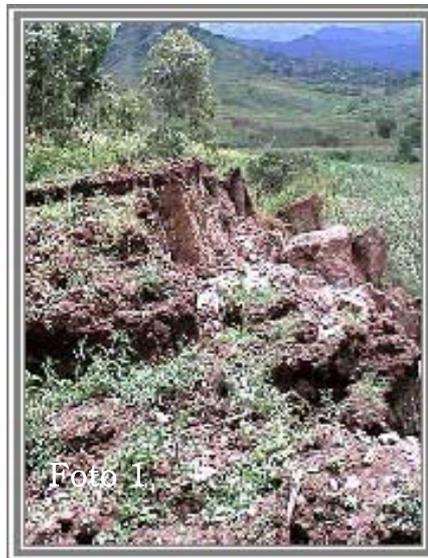




corresponde a la parte norte del Estado en lugares como Taxco, Teloloapan, Buenavista de Cuellar etc. Se presentan desniveles importantes producidos por las Sierras Volcánicas que en esta zona corresponde a rocas intrusivas y extrusivas con un drenaje juvenil y valles angostos de laderas inestables.

En el Estado es común la ocurrencia de desprendimientos y deslaves en las carreteras, por ejemplo: la Autopista del Sol, la carretera Chilpancingo-Tixtla, etc. Los deslaves en las barrancas son muy frecuentes en la capital del Estado, sobre todo durante la temporada de lluvias.

El riesgo por caída de rocas existe en varias zonas del Estado, como el anfiteatro de Acapulco, en la ciudad de Taxco, etc., donde grandes bloques de roca están ubicados en las partes altas de zonas pobladas (Foto 1).



Destaca también la ocurrencia de deslizamientos de terreno, como en el poblado de La Soledad, en Xochitempa (Foto 2) y en la capital (Foto 3), así como hundimientos del terreno, como en el poblado de San Vicente.





Foto 3

Por otro lado, en años anteriores, se han presentado flujos de lodo en diversas localidades, como Chichihualco y Punta Maldonado (Foto 4).

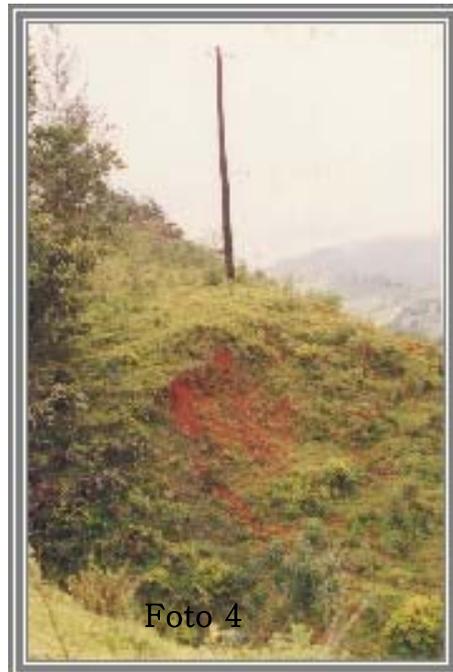


Foto 4





En sitios donde las pendientes naturales del terreno son menores de 15% existen zonas aledañas con terrenos más escarpados o material más propenso a afectación por deslizamientos. Estas áreas vecinas se pueden considerar peligrosas cuando su pendiente natural varía entre 30 y 70%, aún cuando la geología local parezca estable. Ver fig. 17.

Es importante tener presente que las laderas naturales con pendientes entre 5 y 15% pueden parecer estables; sin embargo, existen formaciones de rocas inestables en cuanto a su degradabilidad ante las condiciones de intemperismo existentes en la región, principalmente cuando con el transcurso del tiempo este material inestable se extiende en un área de por lo menos el 70% del total de la superficie de la región.

En términos generales, se pueden considerar zonas de alta a muy alta susceptibilidad a deslizamiento todas las laderas naturales cuyas pendientes sean superiores al 30%, sobre todo si, geológicamente, estas laderas se formaron por el producto de deslizamientos antiguos. En el Mapa de pendientes de la ciudad de Chilpancingo es posible detectar aquellas zonas de riesgo por deslizamiento de materiales. Ver Fig. 18.

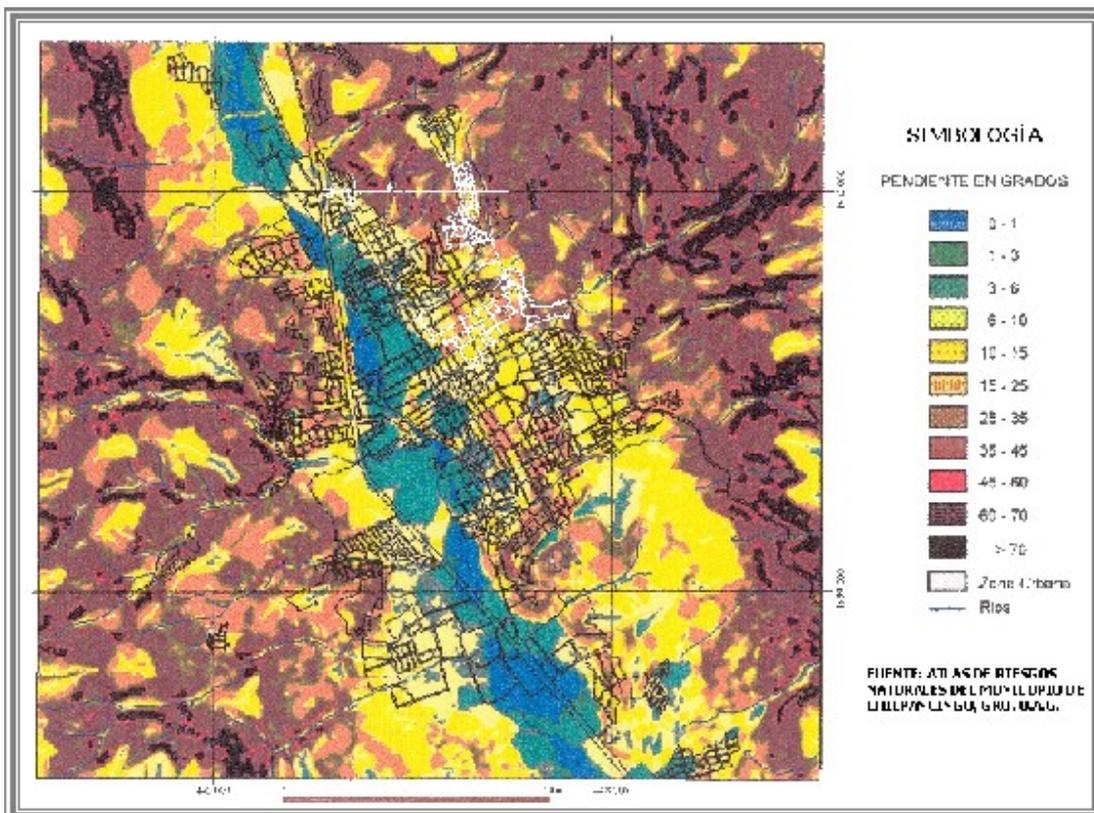


Fig. 18 Pendientes en la Cd. de Chilpancingo

