

INDICE

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA	1
MARCO TECTONICO PARA GUATEMALA	2
IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LOS TERREMOTOS	2
BREVE HISTORIA DEL DESARROLLO DE LA SISMOLOGIA EN GUATEMALA	2
ALGUNOS FUNDAMENTOS DE LA SISMOLOGIA	5
ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA (M. M.)	7
PRINCIPALES EVENTOS SÍSMICOS A PARTIR DEL SIGLO XX EN GUATEMALA	10
El terremoto de 1902:	10
El terremoto de 1913:	10
Los terremotos de 1917 y 1918:	10
El terremoto de 1942:	11
El terremoto de 1959:	12
El terremoto de 1976:	12
El terremoto de Uspantán en 1985:	12
El terremoto de Pochuta en 1991:	12
El terremoto de Tucurú de 1995	13
El sismo del 10 de enero de 1998:	13
El sismo del 11 de julio de 1999	14
Los Terremotos de El Salvador, 13 enero y 13 febrero de 2001:	14
GRANDES TERREMOTOS A TRAVES DE LA HISTORIA	16
GLOSARIO	19

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

INSIVUMEH

Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos

ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

La mayor parte del conocimiento sobre el interior de la Tierra se debe al estudio de la propagación de las ondas sísmicas, las cuales nos permiten medir indirectamente algunas propiedades físicas (densidad y constantes elásticas) del medio a diferentes profundidades. Por sus propiedades físicas la Tierra se divide en: corteza, manto y núcleo, ver Figura 1.

La corteza es la parte exterior de roca, su espesor varía de 20 a 100 Km. en los continentes, y unos 6 Km. en los océanos. La zona que separa a la corteza del manto se conoce como discontinuidad de Mohorovicic.

El manto tiene un espesor de aproximadamente 2,900 Km., el 45% del radio terrestre. Su composición química es muy parecida a la de la corteza, silicatos, pero por las condiciones de presión y temperatura el material es más denso y tiene un comportamiento plástico. El manto se divide en manto superior e inferior. Una segunda discontinuidad denominada de Gutenberg separa el manto del núcleo.

El núcleo tiene un radio de 3,400 Km. aproximadamente, un poco más del 50 % del radio terrestre. Su composición química es de níquel (Ni) y hierro (Fe), la temperatura a esta profundidad se estima entre 4,000 °C a 5,000 °C. Por su estado físico el núcleo se divide en: núcleo externo, líquido, responsable del campo magnético terrestre; y núcleo interno en estado sólido.

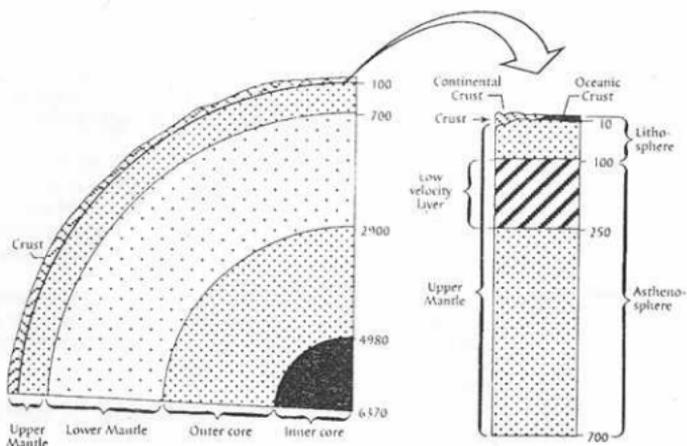


Figura 1. Estructura de la Tierra, NATOMY OF SIESMOGRAMS, Ota Kuhánek

Crust=corteza

Upper mantle= manto superior

lower mantle= manto inferior

outer core= núcleo exterior

Inner Core= núcleo interior

distancias dadas en Km.

Continental crust= corteza continental

Oceanic crust= corteza oceánica

Low velocity layer= capa de baja velocidad

Lithosphere= litósfera

Asthenosphere= astenósfera

La Teoría de Placas Tectónicas propone que los primeros 100 Km. de la superficie terrestre se comportan como un material rígido, quebradizo y poco denso, denominado litósfera. Esta descansa sobre una capa de material más denso y fluido denominado astenósfera.

La litósfera no es una capa continua, está fragmentada en varios bloques o placas que se mueven con velocidades del orden de varios cm/año, ver Figura 2a. El movimiento relativo entre las placas produce roces y deformaciones en los bordes o límites entre las placas, y es principalmente allí donde se localizan la mayoría de terremotos, volcanes y cadenas montañosas.

La dirección del movimiento relativo y la composición de las placas determinan las características del límite o contacto entre las mismas, que son de tres tipos fundamentales: divergente o generación de corteza; convergente o destrucción de corteza y transcurrente o conservación de corteza.

MARCO TECTONICO PARA GUATEMALA

El territorio nacional está repartido en tres placas tectónicas: Norteamérica, Caribe y Cocos. Los movimientos relativos entre éstas determinan los principales rasgos topográficos del país y la distribución de los terremotos y volcanes.

El contacto entre las placas de Norteamérica y Caribe es de tipo transcurrente. Su manifestación en la superficie son las fallas de Chixoy Polochic y Motagua.

El contacto entre las placas de Cocos y del Caribe es de tipo convergente, en el cual la Placa de Cocos se mete por debajo de la Placa del Caribe (fenómeno conocido como subducción). Este proceso da origen a una gran cantidad de temblores y formación de volcanes. El contacto entre estas dos placas está aproximadamente a 50 Km. frente a las costas del Océano Pacífico.

A su vez, estos dos procesos generan deformaciones al interior de la Placa del Caribe, produciendo fallamientos secundarios como: Jalpatagua, Mixco, Santa Catarina Pinula, etc. como se ve en la Figura 2b.

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DE LOS TERREMOTOS

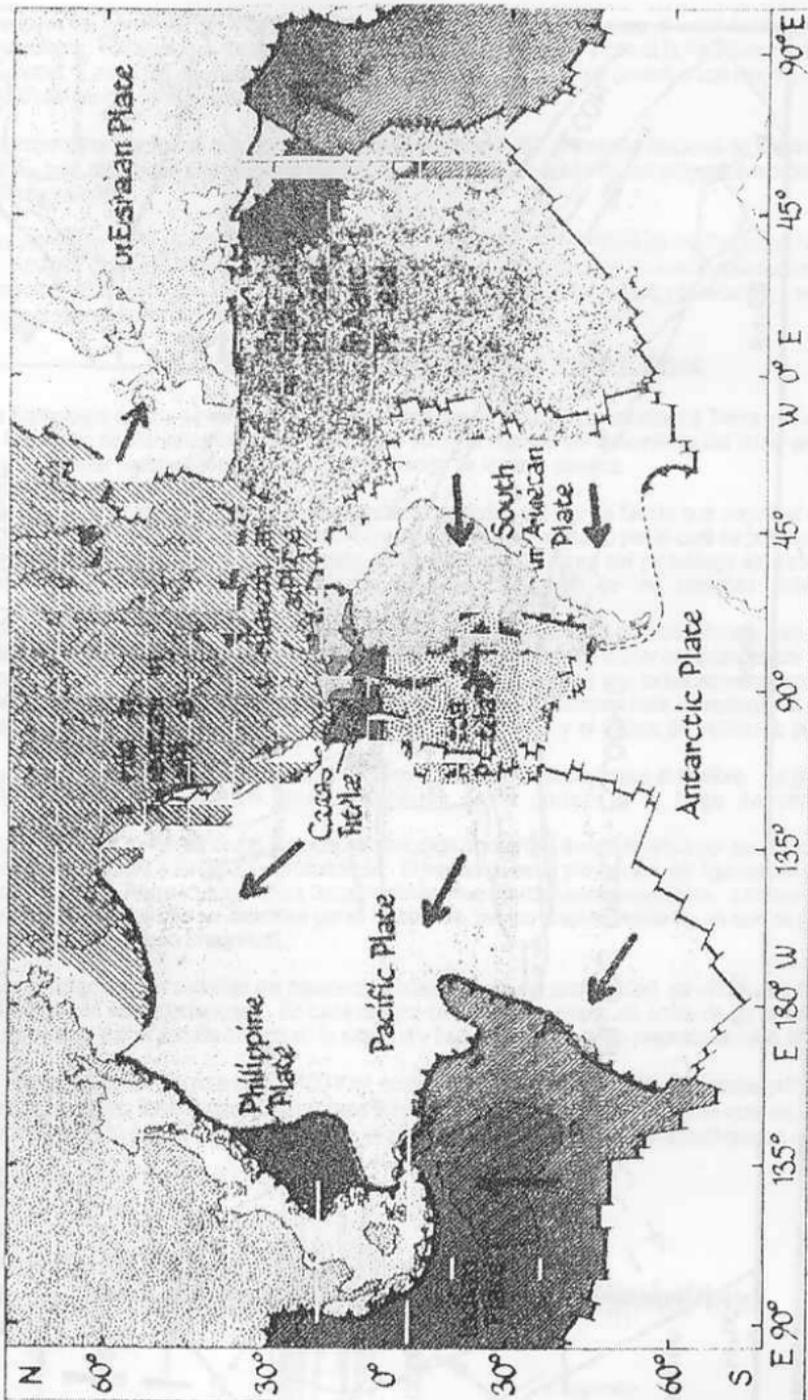
El estudio de los terremotos es útil para disminuir los daños que éstos producen, y aún cuando no es posible saber cuándo y dónde ocurrirá el próximo terremoto, si estamos seguros que habrán más, según lo demuestra la evidencia geológica, los registros históricos y la información instrumental.

¿Qué se puede hacer para disminuir los daños que producen los terremotos? La forma más eficaz y económica ante cualquier tipo de amenaza, es la prevención. Las medidas preventivas contemplan una gran cantidad de acciones, entre las que se puede mencionar: educación a nivel escolar, código o normas de construcción, uso adecuado del suelo y sus recursos, planes de emergencia, etc. Se puede apreciar que esta es una tarea multidisciplinaria que involucra a toda la sociedad.

El papel de las ciencias de la Tierra, entre ellas, la Sismología, es estudiar el fenómeno natural e identificar los factores que pueden producir daños en determinado lugar. Esto último se conoce como evaluación de la amenaza o peligro, que en el caso de los terremotos se denomina evaluación de la amenaza sísmica.

BREVE HISTORIA DEL DESARROLLO DE LA SISMOLOGIA EN GUATEMALA

En Guatemala, los primeros sismógrafos mecánicos fueron instalados en 1925 en el Observatorio Nacional. Posteriormente, a principios de la década de los años 70 se instalaron los primeros seis sismómetros electromagnéticos, como parte de un proyecto con el Servicio Geológico de los Estados Unidos, para vigilar los volcanes activos. Al principio el centro de registro estuvo en el Instituto Geográfico Nacional, y posteriormente fué trasladado al Observatorio Nacional. También durante los años 70's fueron instalados algunos sismoscopios en la capital y otros puntos del país.



ω Figura 2. Tectónica global, ANATOMY OF SISMOGRAMS, Ota Kuhánek

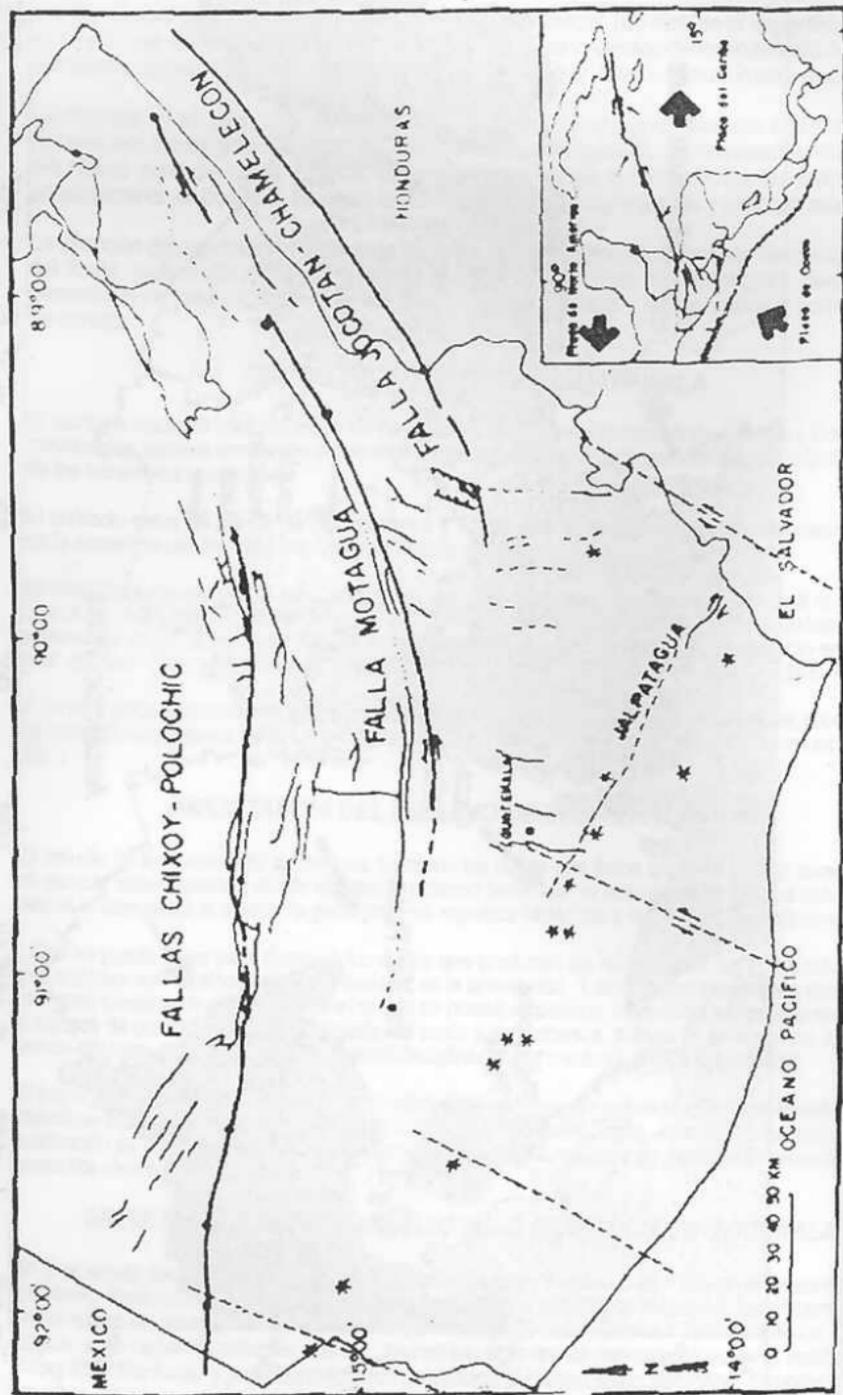


Figura 2b. Marco tectónico de Guatemala.
 * = volcanes

Después del terremoto del 4 de febrero de 1976, el Gobierno decidió crear el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH, y con él la Red Sismográfica Nacional. La red fué diseñada para registrar la actividad microsísmica (eventos con magnitud Richter < 5.0) dentro del Territorio Nacional.

Es importante mencionar que durante la década de los años 80, el Instituto Nacional de Electrificación, INDE, tuvo dos redes sismológicas instaladas en los sitios de presa de los proyectos hidroeléctricos Chixoy y Chulac.

Por último, en 1989 se creó el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, CEPREDENAC, por medio del cual se inició un proyecto para fortalecer los centros sismológicos en la región. Como parte de este proyecto, se adquirió el equipo y la tecnología adecuada para procesar en forma digital los registros sísmicos.

ALGUNOS FUNDAMENTOS DE LA SISMOLOGIA

La Sismología es una de las ramas de la Geofísica que se utiliza para estudiar La Tierra y en especial el fenómeno de los terremotos. La Sismología utiliza el registro del movimiento del suelo producido por un temblor para estudiar el origen y propagación de la onda sísmica.

Las principales características de un sismograma dependen del tipo de fuente que originó el temblor, la posición de la estación que lo registró respecto de la fuente, el medio por el cual se propagaron las ondas sísmicas, y el tipo de instrumento en la estación. La tarea del sismólogo es distinguir la contribución o el efecto en el sismograma de cada uno de los factores anteriores.

Por su origen, los sismos se clasifican en naturales o artificiales. Los sismos naturales son los producidos por fallas geológicas (tectónicas), la actividad volcánica y en menor importancia, por agentes meteorológicos tales como el oleaje del mar. Los sismos artificiales son todos aquellos producidos por la actividad del hombre, entre las principales están las explosiones para la exploración minera, explosivos nucleares, microsismicidad producida por fábricas y el tráfico de vehículos pesados.

Los sismos de origen tectónico presentan el mayor peligro o amenaza para el hombre. Se producen por el movimiento relativo entre dos partes de la corteza a lo largo de una falla.

El punto del cual parten las ondas sísmicas se denomina hipocentro, que se identifica por sus coordenadas geográficas (latitud y longitud) y profundidad. El epicentro es la proyección del hipocentro sobre la superficie de la Tierra y se identifica únicamente con las coordenadas geográficas. Los parámetros principales de un sismo se identifica por el hipocentro, tiempo origen (momento en que se generan las ondas) y el tamaño (magnitud).

Para calcular las coordenadas del hipocentro: latitud, longitud y profundidad, se utilizan los registros del temblor en varias estaciones. En cada registro se miden los tiempos de arribo de las ondas, éstas se reconocen por el cambio brusco en la amplitud y frecuencia del registro respecto al ruido ambiente.

En el registro de un sismo local ($L < 100$ Km) se distinguen dos fases o arribos de ondas principales, conocidas como fase P (primaria) y fase S (secundaria). La fase P es con la que se inicia el sismograma y la fase S es, generalmente, el segundo cambio grande en amplitud que se observa.

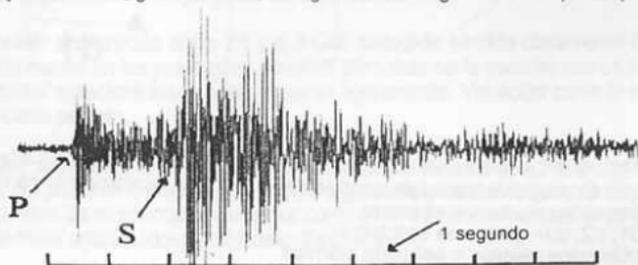


Figura 3. Sismograma

La diferencia en los tiempos de arribo entre las fases P y S, (S-P), depende de la distancia entre la fuente y la estación, y las propiedades del medio.

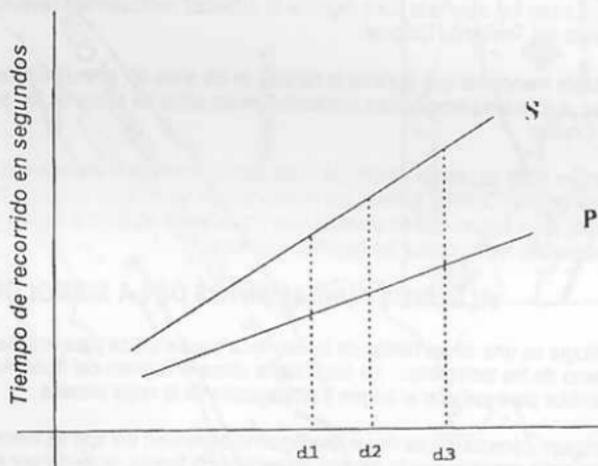


Figura 4. Si podemos medir la diferencia entre los tiempos de arribo de las fases S y P (S-P) es posible conocer la distancia a la cual ocurrió el evento respecto de la estación.

Si conocemos la distancia del evento en por lo menos 3 estaciones es posible calcular las coordenadas del epicentro, ver figura 5.

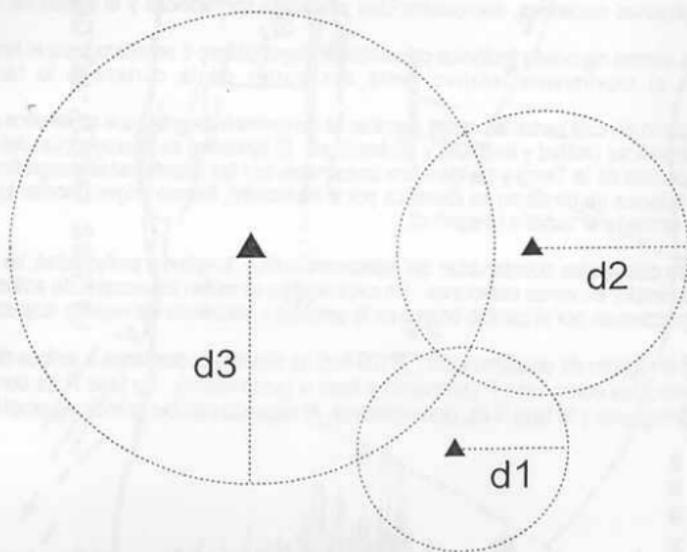


Figura 5. Localización del epicentro, la zona sombreada indica la zona epicentral, la que es proporcional al porcentaje de error en la localización, es decir, mientras más pequeña, menor es el error.
 d_1 , d_2 , d_3 = distancia epicentral
 triángulos negros = estación sísmica.

La magnitud de un temblor está directamente relacionado con la cantidad de energía liberada durante el movimiento en la falla. Esa energía se puede medir, indirectamente, de la amplitud máxima observada en el sismograma. La magnitud Richter es un número que indica el tamaño de dicha amplitud y por lo tanto de la cantidad de energía liberada. La magnitud Richter es única para cada temblor y no depende del lugar en que se mida. Esta es una de las formas cuantitativas de medir el tamaño de un temblor, existen otras escalas de magnitud, pero en principio miden lo mismo.

TABLA 1
MAGNITUD, ENERGÍA LIBERADA Y EQUIVALENTE.

Magnitud	Energía liberada (ergios)	equivalente a
-2	0.0e+00	Una bombilla de 100 Watts encendida por una semana
-1	2.0e+05	
0	6.0e+06	Ondas sísmicas provocadas por una libra de explosivos
1	2.0e+08	Un camión de 2 toneladas viajando a 120.7 Km/h
2	6.0e+09	
3	2.0e+11	Los sismos más pequeños comúnmente sentidos
4	6.0e+12	1,000 toneladas de explosivos
5	2.0e+14	Terremoto de Pochuta en 1991 (magnitud 5.3)
6	6.0e+15	
7	2.0e+17	Terremoto de 1976 (magnitud 7.5)
8	6.0e+18	Terremoto de 1942 (magnitud 8.3)
9	2.0e+20	Terremoto más grande registrado (magnitud 9.1)

La forma más antigua de estimar el tamaño de un sismo es a partir de los daños o efectos que produce. Dependiendo del tipo y extensión de los daños se asigna un valor de intensidad sísmica. Existen varias escalas de intensidad, una de las más utilizadas es la Escala de Mercalli Modificada (MM), la cual se describe en la Figura 6. y se detalla a continuación :

ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA (M. M.)

Los grados de intensidad se representan en números romanos del I al XII, de acuerdo a los efectos observados:

I grado Mercalli: aceleración menor a 0.5 Gal ; detectado sólo por instrumentos, sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.

II grado Mercalli: aceleración entre 0.5 y 2.5 Gal; sacudida sentida sólo por muy pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios.

III grado Mercalli: aceleración entre 2.5 y 6.0 Gal; sacudida sentida claramente dentro de un edificio, especialmente en los pisos altos, muchas personas no la asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado.

IV grado Mercalli: aceleración entre 6.0 y 10 Gal; sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de las vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.

V grado Mercalli: aceleración entre 10 y 20 Gal; sacudida sentida casi por todos; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etc. se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; objetos inestables caen. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Detención de relojes de péndulo.

ESCALA DE INTENSIDADES

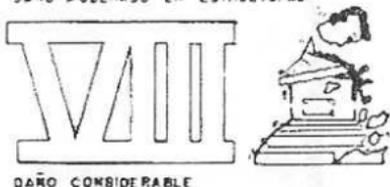
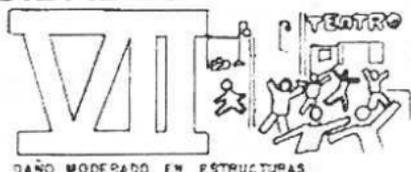
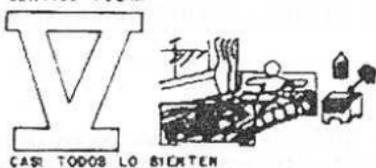
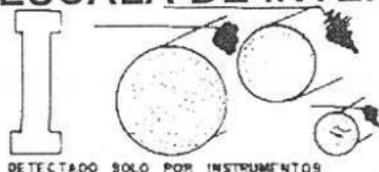


Figura 6. Escala de intensidad sísmica (Mercalli Modificada)

VI grado Mercalli: aceleración entre 20 y 35 Gal; sacudida sentida por todos; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio, pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.

VII grado Mercalli: aceleración entre 35 y 60 Gal; advertida por todos. La gente huye hacia el exterior. Daño moderado sin importancia en estructuras de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas, daños considerables en las débiles o mal planeadas; ruptura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.

VIII grado Mercalli: aceleración entre 60 y 100 Gal; daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel de agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor.

IX grado Mercalli: aceleración entre 100 y 250 Gal; daño considerable en estructuras de buen diseño; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen. Pánico general.

X grado Mercalli: aceleración entre 250 y 500 Gal; destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.

XI grado Mercalli: aceleración mayor a 500 Gal; casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.

XII grado Mercalli: destrucción total, ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados al aire hacia arriba. Catástrofe.

A diferencia de la magnitud, un temblor produce varios grados de intensidad, la cual tiende a ser mayor en el área epicentral y disminuye con la distancia. El tamaño del sismo está relacionado con la intensidad máxima observada y el tamaño del área afectada. Aún cuando ésta es una forma

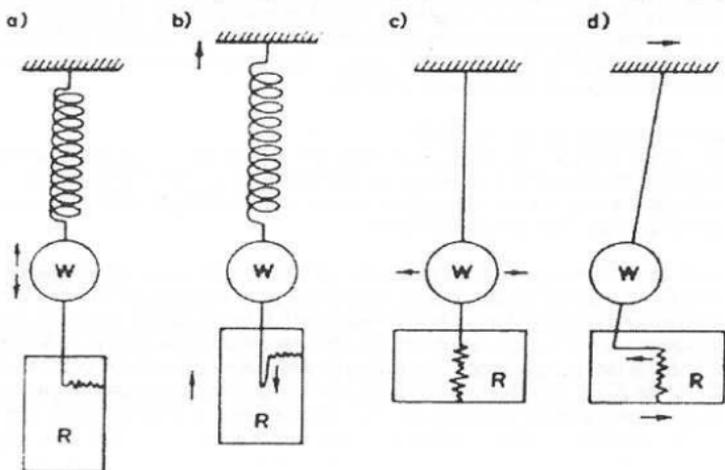


Figura 7. Principios del péndulo

- péndulo vertical en "reposo" y
- en movimiento, registrado en R la relación entre el movimiento del suelo y la masa W
- Péndulo horizontal en "reposo" y
- en movimiento

objetiva de medir los temblores, es muy útil ya que también da información sobre las condiciones locales del terreno, calidad de la construcción y permite reconstruir la historia sísmica, pre-instrumental, de una región.

La Sismología depende de la observación continua y sistemática de los temblores, para ello se utilizan distintos tipos de instrumentos que miden el movimiento del suelo. Estos se conocen con el nombre genérico de sismómetros. Aún cuando su forma, tamaño y componentes (mecánicos o eléctricos) pueden variar, el principio de funcionamiento es el mismo, éste consiste en un péndulo que se observa en la Figura 7.

Al moverse el suelo, la masa tiende a permanecer en reposo, el sistema de registro amplifica por algún tipo de mecanismo el desplazamiento real del suelo y lo graba en papel, película fotográfica o en forma digital. Junto al sistema de registro hay un reloj que da la marca de tiempo.

Para estudiar la sismicidad de una región se utiliza un conjunto de sismómetros. Estos debidamente distribuidos y sincronizados forma una red sismográfica. La red está formada de estaciones remotas y la estación central. Las estaciones remotas funcionan automáticamente, y envían la señal a la estación central por algún sistema de comunicación: radio, línea telefónica, etc. En la estación central se sincronizan y graban las señales de todas las estaciones.

PRINCIPALES EVENTOS SÍSMICOS PARTIR DEL SIGLO XX EN GUATEMALA

A continuación presentamos un pequeño resumen de los principales eventos ocurridos en el presente siglo, indicando los parámetros más importantes y algunos comentarios de carácter macrosísmico.

El terremoto de 1902:

El día 18 de abril a las 20:23:50 hrs. ocurrió un sismo fuerte que ocasionó daños principalmente en Quetzaltenango y Sololá. Hubo reportes de aproximadamente 200 muertos, sin embargo es difícil pensar que un evento tan fuerte no cobrara más vidas. La magnitud del evento fue 7.5. Localización en 14.90 grados de latitud Norte, 91.50 grados de longitud Oeste, y 60 Km. de profundidad aproximadamente.

El terremoto de 1913:

El día 8 de marzo a las 08:55 hrs. tuvo como principal acontecimiento la destrucción de Cuilapa, cabecera departamental de Santa Rosa, reportó muchas víctimas. Es importante mencionar que éste y otros eventos sucedidos en los fallamientos del Norte son de poca profundidad (5 a 6.5 Km.) y magnitud, lo que los hace ser muy locales y destruyen en un perímetro muy reducido del epicentro. No se tiene localización exacta del epicentro.

Los terremotos de 1917 y 1918:

Dos de los eventos famosos del presente siglo. En realidad no fueron dos sismos, sino una serie, posiblemente un enjambre, en el cual las condiciones se prestaron para reconocer estos dos eventos como los más importantes. Después de elaborar una consulta por varios meses al respecto, se puede definir la actividad de la siguiente forma:

El 27 de noviembre de 1917 se hizo sentir un fuerte evento en las proximidades de la capital, para ser exactos, sus más fuertes efectos se sintieron en el municipio de Villa Nueva, equivocadamente la población lo consideró parte de la actividad del volcán de Pacaya, que se encuentra próximo a esa población. Al parecer, un periodo de actividad del volcán sucedió en esas fechas. Según información de los diarios de la época, la actividad de continuó percibiendo en los días subsiguientes; hasta que el día 26 de diciembre a las 05:21:00 hrs. una gran liberación de energía tuvo lugar y destruyó en gran parte el centro de la capital y las proximidades. A esta le sucedió otra, un posible post-evento (aftershock, continuación de la liberación de la energía), a las 06:18:00. Este acontecimiento prácticamente libera de posibilidades volcánicas a la actividad, puesto que los eventos volcánicos están limitados a una decena de kilómetros debido a su superficialidad.

A pesar de la destrucción del edificio ocupado por el principal diario que en ese entonces existía (diario de Centro América), para principios de 1918 se pudo recuperar un poco de información, la cual

nos reporta el fenómeno con la misma intensidad en los alrededores a la capital (50 Km. por lo menos), lo que nos da como parámetro importante la superficie del evento. Se reportaron más de 250 personas muertas. El lógico pensar que posterior a estos dos eventos, tuvieron que darse una serie de microeventos para compensar el desplazamiento interno del terremoto ocurrido.

El 4 de enero de 1918, a las 04:30.10 y 04:32.25 hrs., dos nuevos eventos sacudieron la ciudad. El final de la fuerte actividad lo marcó el 24 de enero aproximadamente a las 07:30 hrs. Este último reportó bastantes daños, pero es lógico pensar que la ciudad había sufrido bastantes sacudidas; de tal manera que no se puede definir si el evento fué más o menos fuerte que los anteriores.

El 11 de enero de 1918 se hizo presente T. C. Morris, asistente en los trabajos de infraestructura en la zona del Canal de Pana-má, quien obedeciendo órdenes superiores realizó un informe de lo observado; consideró de mucha importancia la opinión, puesto que la persona contaba con amplios conocimientos sobre construcción y define bien los daños a estructuras hechas de adobe y ladrillo, los cuales carecen de refuerzo y trabajan principalmente por gravedad.

De acuerdo a Morris, en su informe del 27 de febrero quien al parecer también tenía conocimientos sobre aspectos sismológicos, la actividad catalogada hasta ese entonces, de 9 grados de intensidad en la antigua escala de Rossi-Forel, fué definida por él de 5 grados en la misma escala, lo que implica 6 grados en la escala actual, aproximadamente (escala MM). No se tiene la localización exacta del hipocentro.

El terremoto de 1942:

El día 6 de agosto a las 23:36.98 hrs. se registró el terremoto de mayor magnitud hasta la fecha $M_s = 8.3$. Tuvo localización en 13.9 grados latitud Norte y 90.8 grados longitud Oeste. La profundidad fué de 60 Km. y causó los siguientes efectos:

Departamento de Guatemala:

- Amatitlán. 253 casas con daños leves, 99 destruidas y 196 con daños de consideración.
- Villa Nueva. Paredes de algunas casas de algunas casas se derrumbaron, no se registraron muertos.
- San Pedro Sacatepéquez. Ligeros daños en edificios.
- San Juan Sacatepéquez. Edificios municipales y varias casas con desperfectos. El resto de los municipios lo sintió, pero no se registraron problemas.

Departamento de Sacatepéquez:

- Palacio de Los Capitanes Generales, algunos templos católicos y casas particulares sufrieron desperfectos de poca consideración, derrumbes en la carretera entre la capital y la ciudad de Antigua Guatemala.

Departamento de Chimaltenango:

- En la cabecera departamental, edificios públicos y privados sufrieron desperfectos.
- En los municipios de Comalapa, Tecpán y Patzicía, varios edificios y casas destruidas, algunos muertos. Acatenango prácticamente fué destruida, hubo bastantes muertos. En el resto de los municipios ligeros daños materiales fueron reportados.

Departamento de San Marcos:

- En la cabecera departamental se dañaron varios edificios públicos, el resto de los municipios lo sintieron pero no reportaron daños.

Departamento de Totonicapán:

- Daños ligeros en casas, fué sentido en así todos los municipios.

Departamento de El Quiché:

Daños ligeros en casas, fué sentido en casi todos los municipios.

Departamento de Sololá:

Daños ligeros en casas, fué sentido en casi todos los municipios.

Departamento de Escuintla:

- Varios edificios, entre ellos la Jefatura de Policía y varias casas fueron destruidos, no se reportaron muertos.

Departamento de Huehuetenango:

- Se sintió fuerte.

En los departamentos de Santa Rosa, Chiquimula, Alta y Baja Verapaz, se reportaron pocos daños materiales, pero fué sensible en casi todos los municipios.

El terremoto de 1959:

Se registró el día 20 de febrero a las 18:16.33 hrs. Puede ser considerado como uno de los eventos destructores más al Norte del territorio nacional, tuvo localización en 15.94 grados latitud Norte y 90.59 grados longitud Oeste, la profundidad fué de 48 Km. El evento presentó los estragos más importantes en la población de Ixcán, departamento de El Quiché.

El terremoto de 1976:

Al hablar de grandes terremotos en Guatemala, las mediciones matemáticas indican que el evento de 1942 ha sido el de mayor cantidad de liberación de energía en lo que va del siglo, sin embargo, no ha sido el más destructor. Posiblemente por la ubicación del evento y la menor población existente en la época influyeron en ello.

El evento que más estragos ha causado en el presente siglo es sin duda el terremoto de 1976. Fué registrado el día 4 de febrero a las 03:03:33 hrs., localizado en 15.32 grados latitud Norte y 89.10 grados longitud Oeste, de características superficiales, alrededor de 5 Km. de profundidad y magnitud $M_s = 7.5$ grados.

Los efectos de la ruptura fueron desastrosos, se registraron mediciones de desplazamiento horizontal de más de 3.00 m. en algunas partes a lo largo de la falla, se crearon aceleraciones muy altas que ocasionaron la destrucción de miles de viviendas en las zonas adyacentes, incluyendo el valle de la ciudad capital, se registraron cerca de 25,000 muertos y 75,000 heridos y aunque no se fijaron cifras exactas, se calcula que las pérdidas excedieron un mil doscientos cincuenta mil millones de dólares estadounidenses (Espinoza, 1976). Activación del sistema de fallas de Mixco.

El terremoto de Uspantán en 1985:

Registrado el 11 de octubre a las 03:39.17 hrs. Se considera este evento importante por haber destruido una ciudad casi por completo, característico de los fallamientos del Norte, fué superficial (5 Km de profundidad), localizado en 15.3 grados latitud Norte y 90.9 grados longitud Oeste, magnitud $M_s = 5.0$ grados; posiblemente el evento de menor magnitud con efectos destructores en el presente siglo.

El terremoto de Pochuta en 1991:

El 18 de septiembre a las 03:48:13 se produjo un evento sísmico superficial de 5.3 grados de magnitud, en la región Sur-Oeste de Chimaltenango, lo cual causó destrozos de por lo menos el 80% de la población de San Miguel Pochuta, registrándose una intensidad máxima de VII MM. en la zona de mayor desastre. Posterior al evento principal se desarrolló un enjambre sísmico que en las primeras 24 horas registró por lo menos 436 réplicas que oscilaron entre 0.6 y 4.0 grados de magnitud (Mc) detectados por la Red Sismográfica Nacional.

Debe tomarse en consideración que en su mayor parte los destrozos fueron ocasionados debido a la mala construcción de las viviendas del lugar (en su mayoría construcciones de adobe), efectos posteriores fueron agregados con el bloqueo de los ríos El Jiote y Nicán por la gran cantidad de derrumbes ocurridos (correntadas de lodo) a los alrededores debido a la composición geológica existente.

El saldo final fué de 25 personas muertas, 185 con heridas de consideración y 2,300 viviendas destruidas aproxi-madamente (Dato obtenido del informe de datos del Comité Nacional de Emergencia -CONE-).

Los parámetros básicos del evento principal obtenidos con la red son los siguientes:

- tiempo origen: 03:48:13
- epicentro: 14_24.12'N, 91_03.06'W
- profundidad focal: 32 Km.
- magnitud: 5.3 Mc (INSIVUMEH)
- máxima intensidad: VII M. M.

El terremoto de Tucurú de 1995:

El 19 de diciembre a las 14:56:06 se registró un sismo de magnitud $M=5.3$ en la escala de Richter, localizado en 15.301_N y 90.154_W a una profundidad de 10 Km. Murió una persona y varias más resultaron heridas por derrumbes. Se reportaron algunas casas dañadas en San Miguel Tucurú y Tamahú, también hubo varios deslizamientos de tierra en la región epicentral. La máxima intensidad reportada fué IV (Cobán, Alta Verapaz) y fue sensible en la Ciudad Capital, con intensidad III.

El sismo del 10 de enero de 1998:

El 10 de enero a las 02:20:10 se produjo un sismo de magnitud 5.8 Mc en la Escala de Richter. Este evento inició una serie de réplicas que se extendió hasta el 20 de enero.

El evento principal fué seguido de otro, de menor magnitud, a las 02:37:31 hrs. la magnitud de este evento fué de 4.4 Mc en la Escala de Richter.

Todos los eventos sísmicos tuvieron sus epicentros en la zona de subducción, frente a las costas de Retalhuleu y Suchitepéquez. Esta actividad produjo aproximadamente 600 sismos entre el 10 y el 12 de enero, de los cuales 24 fueron reportados como sensibles. Hasta el 20 de enero se reportaron 35 sismos sensibles, con magnitudes entre los 3.3 Mc y 5.8 Mc grados en la Escala de Richter.

Este enjambre sísmico produjo daños en Quetzaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos, Sololá, Totonicapán, Escuintla y la Ciudad Capital. También fué sensible en Huehuetenango, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Santa Rosa; Tapachula, México; y en El Salvador.

El reporte de daños de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres —CONRED— indica que hubo 4 personas heridas, 520 personas afectadas por la destrucción de viviendas, 5 casas afectadas severamente, 1 moderadamente dañada y 20 con daños menores; hubo 8 derrumbes, 1 incendio y algunos postes cayeron.

Los parámetros básicos de los eventos principales son los siguientes:

-tiempo origen: 02:20:10.7
-epicentro: 14_00.13'N, 91_45.60'W
-profundidad focal: 33 Km.
-magnitud: 5.8 Mc (INSIVUMEH)
-máxima intensidad: VII M. M.

-tiempo origen: 02:37:31.7
-epicentro: 14_14.94'N, 90_57.12'W
-profundidad focal: 33 Km.
-magnitud: 4.4 Mc (INSIVUMEH)
-máxima intensidad: VI M. M.

Posteriormente, el 2 de marzo a las 20:24:46 hrs. se produjo un sismo de magnitud 5.6 Mc en la Escala de Richter. Después de una serie de réplicas, se registró un segundo evento de magnitud 4.8 Mc en la Escala de Richter, a las 22:18:19 hrs. Nuevamente esta serie de sismos tuvo como área epicentral, la zona de subducción frente a las costas de Retalhuleu y Suchitepéquez.

Esta Actividad continuó hasta el 7 de marzo y produjo aproximadamente 400 sismos, de los cuales se reportaron 11 como sensibles, con magnitudes entre 3.5 Mc y 5.6 Mc en la Escala de Richter; y aunque no hubo reporte de pérdidas humanas, si hubo daños materiales en Quetzaltenango.

Retalhuleu, Suchitepéquez, San Marcos y la Ciudad Capital. También fué sensible en Huehuetenango, Alta Verapaz, Baja Verapaz, Escuintla y Tapachula, México.

Los parámetros básicos de los eventos principales son los siguientes:

-tiempo origen: 20:24:46.0 (local)
-epicentro: 13_52.92'N, 91_52.38'W
-profundidad focal: 33 Km.
-magnitud: 5.6 Mc (INSIVUMEH)
-máxima intensidad: V M. M.

-tiempo origen: 22:17:19.3 (local)
-epicentro: 13_59.76'N, 90_48.54'W
-profundidad focal: 33 Km.
-magnitud: 4.8 Mc (INSIVUMEH)
-máxima intensidad: III M. M.

El sismo del 11 de julio de 1999:

Se produjo a las 08:14 hrs., localizado en el Golfo de Honduras con magnitud 6.1 fue producido por el extremo oriental de la Falla del Motagua, la cual es su parte oceánica se denomina Fractura de Swan. El sismo fue reportado sensible en todo el territorio Nacional (MMI=IV en la Capital, escala Internacional Mercalli Modificada), Honduras, Belice y la Península de Yucatán.

Este sismo fue reportado por INSIVUMEH, El Centro Sismológico de Centroamérica, CASC, en Costa Rica y el National Earthquake Information Center, NEIC, en Colorado, USA, con los siguientes parámetros:

Agencia	Lat. N.	Lon. O.	Prof. Km.	Mc	MI	Mb	Ms	Mw
GUA	15.890	87.993	10*	6.1				
CASC	15.700	88.260	10*	5.8	6.5			
NEIC	15.782	88.330	10*	6.0	6.6	6.7		

GUA= INSIVUMEH.

CASC= Central America Seismological Center, Costa Rica.

NEIC= National Earthquake Information Center, USA.

Lat. N. = Latitud Norte.

Lon. O. = Longitud Oeste.

Prof. Km.= Profundidad focal en kilómetros.

Mc= Magnitud en base a la duración en segundos de la coda de la onda-S.

En base a la evaluación de daños hecha por CONRED y al reconocimiento, por aire y tierra, que hizo personal de INSIVUMEH podemos decir que los principales daños fueron en puentes, muelles, carreteras y viviendas, todos dentro del Departamento de Izabal. Otro efecto reportado y observado fue el de licuación, en puntos cercanos al río Motagua y en Puerto Barrios. No se observó ruptura del terreno a lo largo de la falla del Motagua.

En general la distribución de los daños no fue uniforme en todo el departamento, es decir las intensidades máximas se concentraron en pocos puntos. Aun los daños a viviendas ocurrieron en forma aislada dentro de una misma población y la principal causa de éstos se debió a la mala calidad de la construcción.

En cuanto a los daños en las carreteras, se observó que fueron ocasionados por el asentamiento o agrietamiento de material retrabajado (relleno o terraplén), en algunos casos de varios metros de espesor, sobre el cual se construyó la cinta asfáltica.

Por último, los daños ocurridos en puentes y muelles, infraestructura bien construida, se pueden asociar a las condiciones locales del terreno como: zonas de aluvión, lechos de río o áreas costeras en donde el fenómeno de licuación que produce la pérdida en la capacidad de soporte del suelo es el principal peligro.

Los Terremotos de El Salvador, 13 enero y 13 febrero de 2001:

El 13 de enero a las 11:33 se produjo un sismo de magnitud 7.6Mw frente a las costas de El Salvador, originado en la Zona de Subducción a 60 Km. de profundidad. Este sismo fué sensible en toda la República y registró una intensidad de IV grados en la Escala de Mercalli, para la Ciudad Capital de Guatemala. Provocó daños a escuelas y casas en el Suroriente del país. Se reportaron 8 muertes por deslizamientos. En El Salvador al menos 844 personas murieron, 4,723 resultaron heridas, y 108,226 casas fueron destruidas. Más de 150,000 edificios fueron dañados. Cerca de 585 de las muertes fueron causadas por deslizamientos en Nueva San Salvador y Comasagua. El sismo fué sensible desde México hasta Colombia.

El 13 de febrero a las 08:22 se registró un sismo de magnitud 6.6Mw. Este sismo tuvo como área epicentral la región de San Juan Tepezontes-San Vicente-Cojutepeque, este sismo fue de características superficiales, aproximadamente a 13 Km. de profundidad. Fué también sensible en Guatemala y Honduras.

GRANDES TERREMOTOS A TRAVES DE LA HISTORIA

año	lugar	victimas
586	Corinto, Grecia	45,000
1038	Shansi, China	23,000
1268	Sicilia, Asia Menor	60,000
1290	Chihli, China	100,000
1293	Kamarkura, Japón	30,000
1531	Lisboa, Portugal	30,000
1556	Shensi, China	830,000
1693	Catania, Sicilia (erupción del Etna)	60,000
1737	Calcuta, India	830,000
1755	Persia	40,000
1783	Calabria y Sicilia	50,000
1797	Ecuador y Perú	41,000
1822	Aleppo, Siria	22,000
1828	Echigo, Japón	30,000
1861	Argentina (Provincia de Mendoza)	10,000
1875	Colombia y Venezuela	16,000
1897	Ásam, India	1,500
1898	Japón (con marejada)	22,000
1906	San Francisco, Estados Unidos 250 millones en pérdidas	600
1907	Kingston, Jamaica	1,400
1920	Kansú, China	180,000
1923	Japón (Costas del Pacífico)	100,000
1932	Kansú, China	70,000
1935	Pakistán	70,000
1939	Chillán, Chile	10,000
1939	Erxigan, Persia	23,000
1944	San Juan, Argentina	10,000
1949	Ecuador (Ambato y otras poblaciones)	6,000
1950	Pakistán	25,000
1951	Jucuapa Chinameca, El Salvador	400

1954	Argelia	1,500
1955	Filipinas	432
1956	Afganistán	2,000
1957	Irán	25,000
1960	Arequipa y poblaciones vecinas de Perú	148
1960	Agadir, Marruecos	12
1963	Libia	300
1964	Taiwan	100
1972	Managua, Nicaragua	10,000
1975	Haicheng, China predicción por método de observación chino	0
1976	Guatemala, 1,250 millones en pérdidas	25,000
1976	Tangshan, China	500,000 a 750,000
1985	Guerrero, México	dato no disponible
1986	San Salvador, El Salvador	dato no disponible
1988	Armenia	25,000
1990	Irán	40,000
1990	Filipinas	1,641
1991	Afganistán/Paquistán	más de 1,500
1991	India	1,500
1992	Turquía	653
1992	El Cairo, Egipto	552
1992	Flores, Indonesia	más de 2,000
1993	India	7,601
1994	Colombia	600
1994	Argelia	171
1995	Kobe, Japón	6,424
1995	Rusia	1,841
1997	Irán	1,100
1997	Irán	más de 2,400

GLOSARIO

Falla: Es una fractura en las rocas a lo largo de la cual ha habido movimiento por lo menos en los últimos 10,000 años.

Terremoto: Cualquier movimiento sísmico que produce daños de importancia, y pérdidas humanas.

Tsunami (maremoto): Es el resultado del movimiento sísmico del fondo oceánico transmitido a la masa del agua, produciendo las olas sísmicas marinas.

Latitud: Distancia medida hacia el Norte o el Sur, respecto al paralelo 0 (cero) -Ecuador-, expresada generalmente en grados y minutos.

Longitud: Distancia medida hacia el Este o el Oeste, respecto al Meridiano de Greenwich, expresada generalmente en grados y minutos.

Hipocentro o foco: Es el punto del interior de la Tierra de donde se origina la onda sísmica, y se localiza con latitud, longitud y profundidad.

Epicentro: Es el punto situado verticalmente encima del hipocentro, en la superficie de la Tierra, únicamente se representa por latitud y longitud.

Distancia epicentral: Es la distancia medida en línea recta entre el epicentro y la estación de observación.

Tiempo de origen: Es el instante en que el sismo se produce en el hipocentro.

Tiempo de recorrido: Es el lapso de tiempo desde que se origina el sismo, hasta el arribo de las ondas sísmicas al punto de observación.

Sismómetro: Instrumento mecánico o electrónico que detecta el movimiento del suelo ocasionado por las ondas sísmicas.

Sismógrafo: Aparato que registra en papel la señal del sismómetro.

Sismograma: Gráfica producida por el sismógrafo que representa el movimiento del suelo.

Intensidad: Escala utilizada para medir la fuerza con que se sintió un sismo, o los daños ocasionados. La más utilizada actualmente es la Escala de Mercalli Modificada.

Magnitud: Escala utilizada para medir el tamaño de un sismo, es decir, la cantidad de energía que liberó. La más conocida es la Escala de Richter.