

Génesis y geografía de los terremotos

Elementos teórico metodológicos sobre terremotos y su evaluación de riesgos.

Liber Galbán Rodríguez

**Serie: Prevención de riesgos y desastres
(No.1)**

Registro SAVECREATIVE No. 1904040548159

Fecha de registro: 04-abr-2019 16:14 UTC

ISBN: 978-1-71695-529-7

Primera edición
2020

Esta obra es propiedad intelectual del autor y los derechos de publicación de esta edición han sido legalmente transferidos al editor. Queda prohibida su reproducción o comercialización parcial o total por cualquier medio sin permiso del propietario de los derechos del copyright©



DEDICATORIA

A la Dra. Neris Rodríguez Matos, mi madre,
Al Lic. Cristobal Galbán Ortíz. Mi padre,
A Liuba Galbán Rodríguez, mi adorada hermana,
A mis hijos, Marlevis Galbán Salas y Liber Galbán Salas,
Mi mejor creación
A mi amada esposa, mi compañera de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a La Universidad de Oriente en Santiago de Cuba, por permitirme desarrollar ideas, pensamientos, y lograr en mí la esperada transformación en hombre de ciencia y educador de generaciones.

Al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba, la universidad donde me formé como profesional en todas las etapas.

A Cuba, mi patria.

A mis formadores de la vida, profesores, tutores, colaboradores, amigos, familia, vecinos y compañeros de trabajo. Gracias.

A todos los que de una forma u otra han contribuido con los contenidos de este texto, a ellos mi respeto y admiración.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

PRÓLOGO DEL AUTOR	8
Capítulo 1: Elementos generales sobre los terremotos	10
1.1 GÉNESIS DE LOS TERREMOTOS	11
1.2 CONCEPTOS Y PARÁMETROS FUNDAMENTALES SOBRE LOS TERREMOTOS	21
1.2.1 LAS ONDAS QUE TRASMITEN LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS	27
1.2.2 EL SISMÓGRAFO	32
1.3 PARÁMETROS EMPLEADOS PARA LA MEDICIÓN DE LOS TERREMOTOS	38
1.3.1 LA MAGNITUD DE LOS TERREMOTOS	41
1.3.2 La intensidad sísmica	53
1.4 ESTRUCTURAS TECTÓNICAS LIGADAS A LOS TERREMOTOS	51
1.4.1 Formación de pliegues	55
Capítulo 2: FENÓMENOS GEOLÓGICOS SECUNDARIOS OCASIONADOS POR LOS TERREMOTOS	61
2.1 INFLUENCIA DEL EFECTO DE SITIO SOBRE LA INTENSIDAD SÍSMICA ESPERADA	62
2.2 LOS TSUNAMIS O MAREMOTOS	68
2.3 LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRA OCASIONADOS POR TERREMOTOS	80
2.4 Formación de lagos de barrera o represas de corrimiento	91
2.5 FENÓMENO DE LICUEFACCIÓN DE SUELOS INDUCIDO POR TERREMOTOS	95
CAPÍTULO 3. GEOGRAFÍA DE LOS TERREMOTOS Y SU VÍNCULO CON EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS	123
3.1 LOS TERREMOTOS Y LA TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS	125
3.2 DESASTRES SIGNIFICATIVOS DE LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD OCASIONADOS POR TERREMOTOS Y SUS PRINCIPALES DATOS	50
3.3 Efectos de los terremotos en las construcciones	165
Capítulo 4: Evaluación regional de los terremotos	
4.1 Algunos antecedentes de la evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico	177

4.2 Elementos metodológicos para evaluar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico	187
4.3 CÁLCULO Y MODELACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO	189
4.3.1 Caracterización físico-geográfica e ingeniero-geológica de la región o localidad de estudio.....	189
4.3.2 Elaboración de las conclusiones parciales que permiten acotar los futuros trabajos de medición de campo y laboratorio si fuesen necesarios	191
4.3.3 Elaboración de una base cartográfica e ingeniero geológica que permita avanzar en los trabajos futuros	193
4.3.4 Determinación de la susceptibilidad sísmica del terreno	195
4.3.5 Determinación de probabilidades espaciales y temporales	207
4.3.6 Calculo del peligro sísmico aplicando formulaciones para la integración de elementos de susceptibilidad, efecto de sitio y probabilidades espaciales y temporales	213
4.3.7 Modelación y cartografiado del peligro sísmico	215
4.4 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA	217
4.5 Estimación del riesgo sísmico	232
4.6 COMPROBACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO REALIZADO POR MÉTODOS CIENTÍFICOS.....	252
4.7 PROPOSICIÓN DE MEDIDAS DE GESTIÓN Y REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y MITIGACIÓN DE RIESGOS SÍSMICOS.....	252
4.7.1 ESTABLECIMIENTO DE RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA CONTINUA SEGÚN PELIGROS, VULNERABILIDADES Y RIESGOS S QUE AFECTAN EL ÁREA DE ESTUDIO	260
BIBLIOGRAFÍA.....	269



PENSAMIENTO:

“ La actividad sísmica de nuestro planeta influye decisivamente en los procesos de toma de decisiones relacionados con la dinámica constructiva y social del hombre; por eso, es necesario conocer su génesis, las principales teorías de estudio y maneras de evaluarlo, para posteriormente aplicarlos en el gran proceso de desarrollo humano sostenible”

**Liber Galbán
Rodríguez**



PRÓLOGO DEL AUTOR

De la naturaleza es imprescindible obtener toda la información posible, en ella se cumplen las leyes dialécticas, físicas, químicas y biológicas; que en su conjunto forman las leyes dinámicas del desarrollo y evolución geológica y social del planeta tierra. Hoy día con el desarrollo de la ciencia, conocerlas se hace cada vez más imprescindible debido al incremento de los desastres y la influencia del cambio climático global.

En este ámbito de análisis, los terremotos son los eventos de origen geológico que más transformaciones han generado en la historia de nuestro planeta. La posible ocurrencia de estos eventos, constituye una amenaza cuyo impacto puede desencadenar graves daños al desarrollo social y económico de cualquier país o región, y con ello, poner en condiciones de máxima exposición y alta vulnerabilidad a los afectados ante otros fenómenos que consecutivamente se suceden (Deslizamientos de tierra, licuefacción, aperturas del terreno, hundimientos y colapsos, destrucción, muertes, epidemias, enfermedades, virus, recesión económica, crisis financiera, carencia de fluido eléctrico, carencia de agua potable, incendios, pobreza, entre otros).

Si bien hasta la fecha los científicos no han podido predecir o pronosticar un terremoto, el conocimiento detallado de su génesis, la aplicación constante y combinada de las distintas teorías y métodos que se han diseñado para estas tareas; así como, la aplicación de un conjunto de estudios regionales y, medidas organizativas y ejecutivas gubernamentales y locales, podrían reducir las altas situaciones de riesgo que hoy existen en varios países. Con estas prerrogativas, es posible reducir y prevenir a nivel nacional, regional, y local los impactos de los fuertes terremotos, lo que podría lograrse a partir de la aplicación consiente y decidida de políticas, medidas, acciones e inversiones, que pueden implementarse dentro del proceso de desarrollo humano. Por cuanto, una correcta aplicación de los conocimientos geológicos y tecnológicos sobre la génesis los grandes terremotos, efectos secundarios, medidas de reducción y gestión de riesgos, aseguraría disminuir la vulnerabilidad de la sociedad y garantizar un desarrollo más sostenible y seguro.

En este texto se realiza un recorrido por las principales aristas de estas temáticas, partiendo de su marco conceptual, los precursores, su comportamiento geográfico en el planeta y los fenómenos secundarios principales asociados a ellos; se revisan algunas de las principales teorías y metodologías de estudio de terremotos inventadas por el hombre hasta la

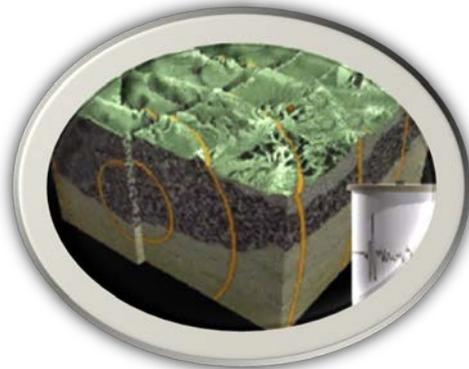


fecha, se exponen algunas precisiones metodológicas para evaluar el peligro sísmico, las vulnerabilidades y riesgos a que están expuestas distintas infraestructuras construidas por el hombre, pues es en ellas o cerca de ellas, realiza el ser humano la mayoría de sus actividades; para pasar a explicar metodológicamente cómo los gobiernos, decisores y el equipo multidisciplinario de especialistas que trabajan estos temas, deben llegar a estos conocimientos para aplicarlos a su vida profesional y social. Finalmente se dan algunas recomendaciones generales para gestionar y reducir el riesgo sísmico.

Este texto ha sido elaborado, por la preocupación personal de su autor, relacionada con las maneras en que se abordan los terremotos internacionalmente, en algunos casos olvidando a los principales especialistas y precursores del estudio de estos fenómenos devastadores, y otros por la necesidad de transmitir de forma fluida y ordenada todo lo relacionado a la génesis y comportamiento geográfico de los terremotos, sus impactos, forma de estudiarlos y reducir los riesgos asociados. Por otro lado, también por la carencia de textos para la formación de pregrado y post graduada, que contengan todos estos contenidos en un solo tomo; por tanto también constituye un homenaje a los precursores y una herramienta de consulta para los docentes e investigadores que a nivel internacional se dedican al estudio y comportamiento de los terremotos.

Con estas prerrogativas, el autor del libro, recomienda leer el libro en su totalidad para obtener una visión amplia de la temática de los terremotos, y aplicar en correspondencia con ello los preceptos metodológicos expuestos a la vida diaria.

**Liber Galbán
Rodríguez**



CAPÍTULO 1: ELEMENTOS GENERALES SOBRE LOS TERREMOTOS

Los sismos o terremotos, por sus características, constituyen sin lugar a dudas uno de los fenómenos naturales más importantes debido a la rapidez de su aparición, sin que nada prácticamente indique su presencia y los efectos secundarios que producen en los suelos y edificaciones, impactando negativamente en la vida del hombre y sus bienes. La ocurrencia cada vez más frecuente de desastres ocasionados por los sismos, está poniendo en cuestionamiento la sostenibilidad de las ciudades y poblados, al generar destrucción masiva de estructuras físicas, pérdidas de vidas humanas, materiales y económicas incalculables, interrupción de actividades en distintos sectores y, en algunos casos, crisis sucesivas en el estado de salud de las personas sobrevivientes; además de la pérdida de capacidad de los gobiernos para recuperarse del impacto en un tiempo relativamente corto, Lo cierto es que su número cada año se dispara (Tabla 1.1) (Figura 1.1).

Tabla 1.1 Números de terremotos mundialmente entre el 2007–2018 (11 años). Fuente: USGS, 2019.

Rango de la magnitud	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
8,0–9,9	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1
7,0–7,9	14	12	17	21	19	15	36	11	19	16	10
6,0–6,9	178	168	144	151	204	129	123	143	127	130	84
5,0–5,9	2074	1768	1896	1963	2271	1412	1402	1577	1413	1550	904
4,0–4,9	12080	12292	6805	10164	13303	10990	9795	14941	13239	13701	8769
Total	14350	14240	8862	12300	15798	12548	11341	16674	14797	15397	9785



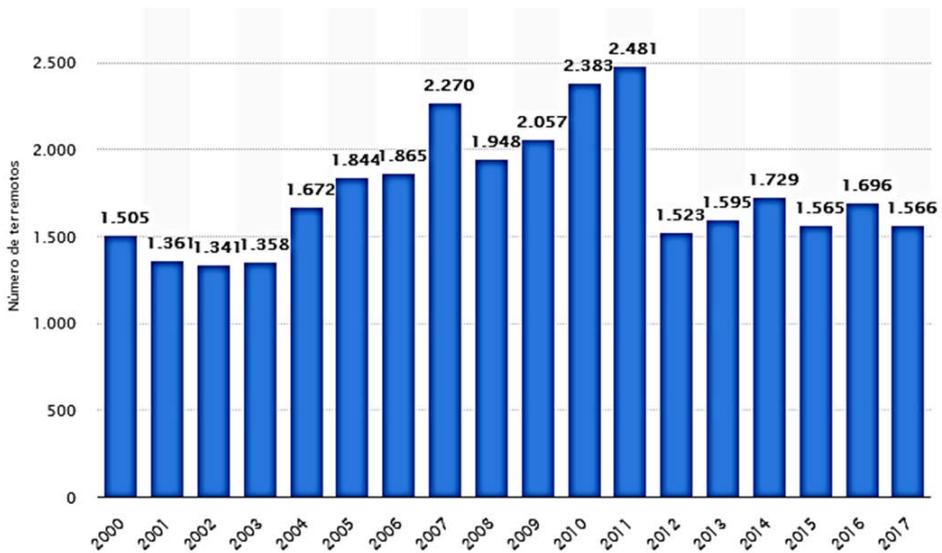


Figura 1.1 Estadística que muestra la evolución anual del número de terremotos registrados a nivel mundial desde el año 2000 al 2017. Fuente: Statista, 2019.

Esta situación hace que su estudio parta de la base de su caracterización como fenómeno geológico natural.

1.1 Génesis de los terremotos.

El estudio de los terremotos (o seísmos o sismos) es tan antiguo como la humanidad misma. Existen registros escritos en China de hace 3000 años, en los cuales se describe el impacto de las sacudidas sísmicas tal como los percibimos hoy en día. Las primeras especulaciones sobre sus causas naturales se atribuyen a Thales de Mileto (circa 585 AC), Anaximenes de Mileto (circa 550 AC), Aristóteles (circa 340 AC) y a Zhang Heng perteneciente a la dinastía china Han (132 AC). (Ben-Menahem, 2009)

Registros japoneses y de Europa oriental con 1600 años de antigüedad también describen en detalle los efectos de los terremotos sobre la población. En América se cuenta con códices mayas y aztecas, que se refieren a este fenómeno natural. También existen documentos en la época colonial (Archivos de Indias) que detallaron los principales eventos que afectaron regiones americanas.

A los terremotos se les dio desde la Antigüedad hasta la Edad Media (y en algunas culturas hasta la actualidad) una explicación mística asociada al