

Análisis de la amenaza sísmica en Nicaragua: el caso de la ciudad de Managua.

Seismic hazard in Nicaragua: a case study of Managua

Jardim de Carvalho Jr, Ilton; Salmerón Muñoz, J.M.

RESUMEN

Nicaragua, país centroamericano de 6.2 millones de habitantes, conocido por sus grandes lagos y volcanes activos, se encuentra en el cinturón de fuego del Pacífico, en la zona de subducción de la Placa Coco bajo la Placa Caribe. El país tiene un amplio historial de destrucción causado por sucesivos terremotos de fuerte magnitud. Centenas de fallas geológicas causan sismos frecuentes en la capital, Managua. El propósito de este trabajo es analizar el caso singular de Managua y su alto riesgo de sufrir pérdidas y daños por desastres naturales catastróficos, presentando para eso, el escenario tectónico-volcánico del país; el estudio se enfoca en los episodios más extremos ocurridos, analizando la amenaza sísmica en Managua. Como resultado de este trabajo se entrega un panorama general de los tipos de amenazas geológicas que desafían Nicaragua, concentrándose en las amenazas sísmicas y algunos episodios trágicos en el historial de desastres naturales geológicos, contribuyendo así con la difusión de conocimientos necesarios al planteamiento de políticas de mitigación y prevención de desastres geológicos sísmicos y volcánicos.

Palabras Claves: Desastres naturales, amenaza sísmica, Nicaragua, terremotos, Managua

ABSTRACT

Nicaragua, Central American country of 6.2 million people, is known for its large lakes and active volcanoes. Yet, the country has a long history of destruction caused by successive strong earthquakes, due to its location on the Pacific Ring of Fire in the subduction zone of the Cocos plate under the Caribbean plate. As such, Managua, the capitol, with 1.480.000 million inhabitants, is the most susceptible area to disasters, as a result of hundreds of faults that cause frequent earthquakes. The purpose of this paper is to analyze the risks that the city of Managua faces of suffering material and human losses, in the event of an extreme natural disaster, by describing the tectonic-volcanic conditions of the country, taking as theoretical reference the concepts of natural hazards and natural disasters. The empirical section analyzes data from Nicaraguan scientific institutes and specialized literature, from which an overview of the types of geological hazards that prevail in the country is laid out. By focusing on seismic hazards and on some tragic episodes in the history of geological disasters, the paper aims to contribute to the current body of knowledge necessary for the definition of mitigation and prevention policies of seismic and volcanic geological disasters.

Keywords: Natural disasters, seismic hazard, Nicaragua, Managua, Earthquakes.

Recibido el 30 de mayo de 2016; aceptado el 22 de noviembre de 2016.

-
- 1 Universidade Estadual de Maringá. Avenida Colombo, 5790, Maringá-PR. ijecjunior@uem.br, iltonjardim@hotmail.com
 - 2 Universidad de las Américas, Carretera norte, Managua, Nicaragua. jomsalmeron@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Eventos naturales de gran magnitud afectan diversas zonas de la tierra con gran frecuencia y cuando estas fuerzas de la naturaleza ocurren en zonas habitadas, causan desastres naturales con pérdidas de vidas y de patrimonio. Así, los peligros naturales, que emergen de la constante posibilidad de un evento natural causar un desastre natural, amenazan la vida y los medios de vida, lo que resulta en muertes y miles de millones de dólares en daños.

El propósito de este trabajo es presentar el escenario tectónico-volcánico de Nicaragua, dentro del contexto más amplio de las amenazas naturales de origen geológico, enfocando en los episodios más extremos y reflexionando sobre la amenaza sísmica en Managua y sobre los desastres naturales generados en la interfaz eventos naturales sísmicos/exposición.

En los países más desarrollados las investigaciones en desastres naturales, eventos extremos y en las ciencias naturales en general siguen avanzando en el tema. En los Estados Unidos, por ejemplo, la *United States Geological Society* se ha concentrado en supervisar, evaluar y llevar a cabo investigaciones específicas sobre una amplia gama de peligros naturales, de manera que los políticos y el público tienen la comprensión que necesitan para mejorar la preparación, la respuesta y la capacidad de recuperación de las sociedades estadounidenses.

América Latina y el Caribe enfrentan costos económicos y sociales potencialmente paralizantes en caso de desastres naturales y deben adoptar estrategias para reducir los riesgos y preparar las finanzas del gobierno para responder a eventuales catástrofes, como señala el Banco Interamericano de Desarrollo. El Banco Interamericano de Desarrollo indica que las pérdidas humanas y económicas causadas por desastres naturales se han incrementado en esta

región en el último siglo (Fig.1), como consecuencia del crecimiento demográfico acelerado, la urbanización no planificada, la sobreexplotación de los recursos naturales y probablemente, los efectos del cambio climático. Sobre el tema de desastres naturales, ROMERO et al. (2011) advierte que el ordenamiento territorial es uno de los instrumentos que disponen las sociedades modernas para considerar la dimensión espacial de los riesgos y catástrofes y para insertarlos (predecir, enfrentar y reconstruir) en la geografía cotidiana de los habitantes locales. Las amenazas y las vulnerabilidades se localizan y relacionan espacialmente en el territorio y se puede advertir que los desastres tienen lugar en aquellos lugares donde los niveles o magnitudes de las primeras se superponen con las más altas debilidades sociales e institucionales. El autor presenta una importante reflexión geográfica sobre el carácter complejo y holístico que deben tener los estudios de desastres naturales:

El estudio de los riesgos naturales, sociales, políticos e institucionales constituye una importante especialización de la geografía contemporánea (DAUPHINÉ, 2005; PIGEON, 2005 en ROMERO et al. 2011), quien los analiza en sus fases predictivas, en sus materializaciones como catástrofes y en las etapas posteriores o de manejo de las restauraciones y reconstrucciones. Mientras los riesgos representan las probabilidades de que ocurran desastres en un determinado lugar, las catástrofes registran su manifestación a través de daños y pérdidas de vidas humanas y de bienes y servicios económicos, materiales, psicológicos, culturales y simbólicos, así como de importantes interrupciones en el comportamiento de las estructuras sociales y de las instituciones encargadas de mantener la normalidad y resiliencia de los grupos humanos que habitan los asentamientos rurales y urbanos. Existe acuerdo en que los llamados riesgos naturales, tales como terremotos, inundaciones, aluviones, erupciones volcánicas, ondas de calor,

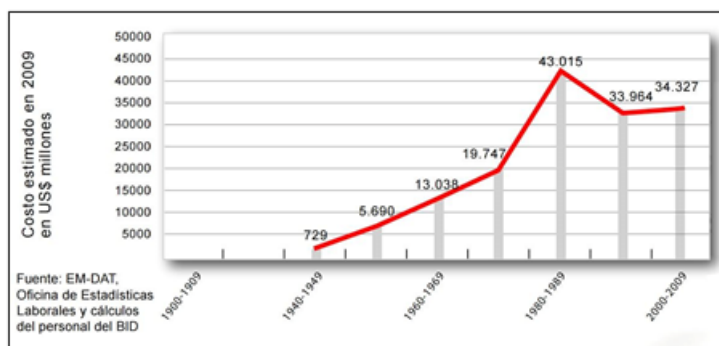


Fig. 1. Pérdidas económicas causadas por desastres naturales en América Latina y el Caribe 1900–2009 (en US\$ millones). Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

Fig. 1. Economic losses caused by natural disasters in Latin America and the Caribbean. Source: Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

sequías están compuestos por dos sistemas relevantes: las amenazas naturales o peligros derivados de las fluctuaciones extremas de los procesos naturales que debe enfrentar la población que habita en los diversos lugares de la superficie terrestre, y las vulnerabilidades o capacidad de la sociedad para enfrentar dichas amenazas. De esta manera, si bien los enfoques geográficos han estudiado los riesgos y desastres desde sus tradicionales especializaciones (sísmicos, volcánicos o climáticos, vulnerabilidades sociales) (DAUPHINÉ, 2005 en ROMERO et al. 2011), no cabe duda que se trata de sistemas complejos en que no es posible separar sus componentes naturales y sociales, sino que se deben estudiar con perspectivas holísticas (PIGEON, 2005 en ROMERO et al. 2011).

CAPACCI & MANGANO (2015), enfatizan la necesidad de conocer el nivel de riesgo asociado a los diferentes fenómenos, así como estimular campañas de educación, información y prevención, dirigidas a las poblaciones locales. Dado que algunos acontecimientos naturales cuentan con una cierta periodicidad que permiten establecer mediante métodos estadísticos una cierta escala de recurrencias, como por ejemplo para desborde de los ríos. Es la observación

sistemática la que permite el reconocimiento de las áreas en donde un fenómeno se repite periódicamente y para algunas zonas específicas, por tanto, existe la posibilidad de calcular cómo y con cuánta intensidad se verifica. De esta forma, se puede hablar de eventos periódicos que se manifiestan con magnitudes variables.

En Managua, los últimos terremotos catastróficos ocurrieron uno en 1972, otro en 1931, eso significa que muchas personas no tienen conciencia y preparación para una eventual repetición de sismos de gran magnitud, porque el tiempo desgasta la memoria y sobre este problema CAPACCI & MANGANO (2015) explican que las sociedades tienden a olvidar rápidamente los eventos catastróficos y a invertir poco en prevención, actitud que deja a los seres humanos en situación de riesgo que a menudo contribuye a producir efectos desastrosos. Cuando se compara el total de habitantes de Managua en 1972 (400 mil) con los 1,5 millones de la actualidad, queda claro la magnitud de pérdidas que resultarían de un terremoto de igual magnitud al de 1972.

En muchos países de América Latina debido a su menor desarrollo socioeconómico, los

medios gubernamentales y científicos aún tienen un largo camino a recorrer hacia los estudios más específicos y profundos acerca de los peligros naturales que amenazan estos países, en especial las naciones hispanoamericanas, que al contrario de Brasil, en su mayoría están situadas en zonas de intenso tectonismo y vulcanismo, además de zonas ciclónicas sujetas a huracanes y tormentas tropicales. Hay que tener en cuenta que la gran mayoría de la población hispanoamericana ocupa áreas de alto grado de riesgo natural además de presentar un escenario territorial de alta vulnerabilidad social. Estas singularidades del espacio geográfico hispanoamericano exigen de la sociedad en general, de sus agentes planificadores y de su población, políticas complejas y eficientes de gestión del riesgo de desastres.

En Nicaragua en una situación de desastre natural de extrema fuerza, con períodos de retorno de 50 o 100 años en promedio, el impacto es muy alto tal como se

aprecia en la Figura 2, Índice de Déficit por Desastre, que indica la capacidad financiera de un país para enfrentar los costos demandados por potenciales desastres naturales de extrema magnitud y que mide la capacidad de los estados en recuperarse de las pérdidas económicas ante un evento catastrófico. Se trata de un indicador que mide la vulnerabilidad económica-financiera de un estado en situaciones de desastres naturales extremos. Los datos de la Figura 2 posicionan a Nicaragua como uno de los países con mayores dificultades para recuperarse de un desastre natural de gran magnitud, mientras Chile y Argentina, países con mayores riquezas económicas y de infraestructura, presentan un bajo Índice de Déficit por Desastres. Nótese que inclusive dentro del grupo de países de América Central, Nicaragua se posiciona en expresiva desventaja en cuanto a la capacidad de enfrentar los costos económicos de desastres naturales, pues dichos costos serían tres veces mayores que la capacidad financiera del estado nicaragüense.

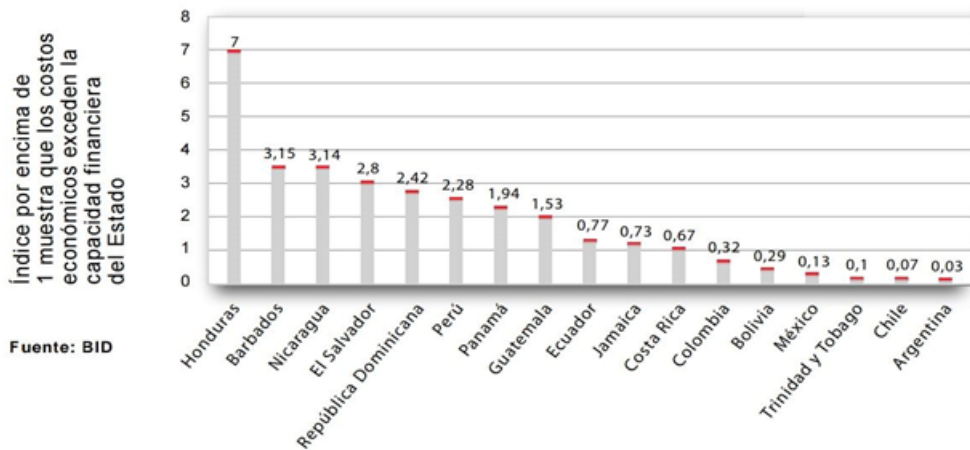


Fig. 2. Índice de déficit por desastre _ BID (2008). Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

Fig. 2. Disaster deficit index _ BID (2008). Source: Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

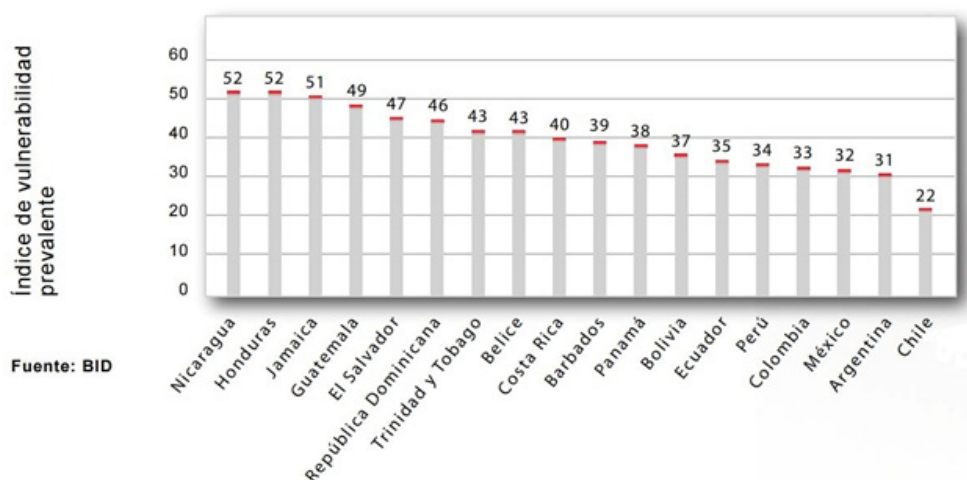


Fig. 3. Vulnerabilidad Prevalente (2007). Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

Fig. 3. Prevalent vulnerability (2007). Source: Banco Interamericano de Desarrollo (2010).

El Banco Interamericano de Desarrollo también utiliza el Índice de Vulnerabilidad Prevalente (Fig.3), que es una medida de la fragilidad y la exposición de la actividad humana y económica en las zonas expuestas a desastres y la capacidad social y humana para absorber los impactos de los desastres. Este índice considera factores como la degradación del suelo causada por la acción humana, el crecimiento demográfico, la densidad poblacional, la pobreza, el desempleo, el gasto social, el seguro de la infraestructura y la vivienda, y el equilibrio de género. Un índice de 20 o menos indica un bajo nivel de vulnerabilidad y en este caso, ningún país latinoamericano evaluado presentó baja vulnerabilidad, mientras que un índice de entre 20 y 40 indica un nivel medio, por ejemplo Chile, el menos vulnerable de la lista de los países, México y Panamá. Un indicador entre 40 y 80 muestra una alta vulnerabilidad y llama la atención el número de países centroamericanos entre las naciones más vulnerables, donde justamente Nicaragua encabeza la lista de países más vulnerables.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tema de los desastres de origen geológico en Nicaragua y la amenaza sísmica en Managua será presentado de acuerdo con los tipos de amenazas relacionados a la sismicidad y al volcanismo nicaragüense. Como fundamento teórico-conceptual se adoptó el concepto de amenaza sísmica. Para el análisis del tema fueron utilizados datos de institutos científicos nicaragüenses y bibliografía especializada, principalmente las informaciones del INETER (2002) y CEPREDENAC (2006), junto con la bibliografía existente en Nicaragua. Las imágenes de satélite fueron extraídas del *google earth* y algunas de las fotografías son de los autores del artículo.

El área elegida para esta investigación es el país centroamericano de Nicaragua (Fig. 4), nación hispanoamericana con 6.2 millones de habitantes, con énfasis en la capital Managua, debido a la alta densidad de fallas geológicas, según INETER 2002, una de las más altas en el mundo y su fragilidad urbana que la hace más susceptible de sufrir daños.



Fig.5. Alineamiento de volcanes a lo largo del Pacífico Nicaragüense.
Fuente: Elaborado desde Google Earth.

Fig.5. Alignment of volcanoes in the Nicaraguan Pacific Ocean. Source
From Google Earth.

punto de formar islas en el Océano Pacífico y extinguir una de las primeras ciudades de dominio español en el continente, la antigua ciudad de León en el occidente del país. Los edificios volcánicos de mayor importancia, debido a que la localización de núcleos urbanos son: Momotombo (1.297 m.s.n.m.), Concepción (1.610 m.s.n.m.), Masaya (635 m.s.n.m.), Cerro Negro (728 m.s.n.m.), San Cristóbal (1.745 m.s.n.m.), Apoyeque (518 m.s.n.m). La Figura 6 muestra el volcán Concepción en la Isla de Ometepe, uno de los más importantes atractivos turísticos de Nicaragua.

De acuerdo con ESPINOZA et al. (2015), desde el punto de vista tectónico, Nicaragua se localiza en la parte oeste de la Placa Caribe, cerca de su zona de confluencia con la Placa Cocos. En esta área ocurre la subducción oblicua de la Placa de Cocos por debajo de la Placa Caribe, a través de la Fosa Mesoamericana, con un ángulo aproximado

de 65°, por debajo de Nicaragua (RUPKE et al. 2002 en ESPINOZA et al. 2015) a una velocidad de 14 ± 2.5 mm/año (DEMETS, 2001 en ESPINOZA et al. 2015). Como resultado de esta subducción se originó el Arco Volcánico de América Central (AVAC), el cual es paralelo a la Fosa Mesoamericana. Sin embargo, debido a la subducción oblicua por debajo de la Placa Caribe, ocurre una rotación en sentido horario del bloque paralelo (bloque de ante-arco) a la fosa y la fragmentación del AVAC (CARRET et. al. 2003 en ESPINOZA et al. 2015). Dicha fragmentación ha generado la formación de fallas perpendiculares laterales derechas e izquierdas (LA FEMINA Y STRAUCH, 2002 en ESPINOZA et al. 2015), así como la segmentación de la Cadena Volcánica Nicaragüense y la formación del Graben de Managua, donde se ubica el municipio de Managua.



Fig.6. Volcán Concepción, en la Isla de Ometepe en el Lago de Nicaragua, 1.610 m.s.n.m.

Fig.6. Concepción Volcano, Ometepe Island, Nicaragua Lake, 1.610 m.s.n.m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desastres sísmicos en Managua

Uno de los factores que contribuyen para la alta amenaza de terremotos en Managua es su ubicación sobre una gran cantidad de fallas activas.

Considerando que en la actualidad se construyen algunas edificaciones verticales con materiales leves como el vidrio y el acero y con tecnología antisísmica y que la gran mayoría de edificios de la ciudad no sobrepasan los 2 pisos, el nivel de destrucción y muertes que pudiese ocasionar un eventual terremoto bajo la ciudad ha disminuido.

Managua se transformó en una ciudad desordenada y horizontal después del devastador terremoto de 1972, los habitantes construyeron hacia el Sur y el Este sin planificación alguna. En 1931 un terremoto de magnitud 6.0 Richter a 5

km de profundidad destruyó Managua, de arquitectura neoclásica, cuyo patrimonio arquitectónico de estilo francés y romano fue destruido casi en su totalidad (Fig.7).

Posteriormente a la destrucción causada por el antológico terremoto de 1931, la ciudad se construyó con un estilo moderno. Managua era la ciudad más próspera de la América Central hasta el terremoto de 1972, cuando su arquitectura fue destruida por segunda ocasión. El sismo destruyó viviendas e iglesias, la casa presidencial, el edificio del Banco Central, la Catedral Santiago entre otros (Fig.8).

Actualmente el antiguo casco histórico de Managua luce vacío, en esta área solamente se puede observar algunos pocos edificios que sobrevivieron al sismo y en los alrededores se han construido parques de recreación familiar; las posibilidades de que el viejo centro de la ciudad luzca poblado y con espacios comerciales son



Fig. 7. Arquitectura neoclásica completamente destruida por el violento terremoto de 1931. Fuente: <https://enriquesaenz.com/2013/08/14/managua-en-la-memoria/>

Fig. 7. Neoclassical architecture completely destroyed by the earthquake of 1931. Sourcer: <https://enriquesaenz.com/2013/08/14/managua-en-la-memoria/>

poco probables debido al fuerte crecimiento que tienen estos sectores al Sur de la capital donde poco a poco se erige la nueva Managua de la especulación inmobiliaria.

De las ideas expuestas anteriormente, se puede afirmar que la probabilidad de ocurrencia de desastres naturales de causa tectónica es alta en Managua, como resultado de múltiples interacciones entre la amenaza sísmica y las condiciones de debilidad social y económica, el mal planeamiento urbano de la ciudad donde se ha construido por encima de las fallas activas viviendas sin resistencia a eventos sísmicos. Además, el Estadio Nacional de Baseball y el Aeropuerto Internacional de Managua se encuentra asentado sobre una falla activa denominada Falla del Aeropuerto. Cabe observar que en un evento extremo en la capital el aeropuerto es de vital importancia y por ello debería estar ubicado en un área sísmicamente más estable.

Según LOÁISIGA et al. (2002), existen una serie de factores que agudizan la

susceptibilidad de Managua a sufrir daños ante la ocurrencia de terremotos, tales como una falta de planificación urbana, un elevado crecimiento demográfico y desarrollos subnormales en áreas propensas a la acción de fenómenos inducidos (deslizamientos, inundaciones, etc.); todo esto hace necesario estudios de vulnerabilidad sísmica a gran escala, que estime la vulnerabilidad y el riesgo sísmico infraestructural de toda la ciudad.

Los impactos de eventos sísmicos extremos sobre la ciudad de Managua puede ser disminuida por algunas políticas:

Construcción de estructuras de acuerdo a las Normas de Construcción de Nicaragua siguiendo los estándares internacionales para áreas sísmicas.

Identificación de las zonas de riesgo, prohibición de la ocupación ilegal y construcción de viviendas en zonas de bajo riesgo.



Fig. 8. Centro comercial de Managua devastado por el más fuerte terremoto del siglo XX, en 1972. Fuente: Diario La Prensa/Archivo.

Fig. 8. Managua Business Center devastated by the strongest earthquake of the XX century, 1972. Source: Diario La Prensa/Archivo.

Apoyo y desarrollo de una cultura de prevención de riesgos, basados en proyectos de educación sobre desastres naturales y la manera de protegerse antes, durante y después de los desastres.

Desarrollo de la vigilancia y las predicciones de los fenómenos naturales, con expresivas inversiones en ciencia y tecnología.

Construcción de sistemas de alerta de riesgo, para preparar a la comunidad contra los impactos de eventos naturales extremos.

Amenazas Geológicas en Nicaragua

En Managua y sus alrededores se encuentran decenas de centros volcánicos en diferentes grados de actividad. El cráter Santiago del volcán Masaya es muy activo; de él salen gases volcánicos químicamente agresivos, cuya nocividad, limita la actividad económica y agrícola de las zonas adyacentes. Con frecuencia, ocurren pequeñas explosiones en el cráter. La actividad históricamente más fuerte ocurrió

en el año 1771 cuando una grieta se abrió en el flanco norte del volcán emanando una fuerte colada de lava que recorrió más de siete kilómetros. El riesgo de actividad volcánica de carácter destructivo es posible. Las manifestaciones efusivas de este volcán predominan en las actividades volcánicas históricamente documentadas. Se debe pensar en la posibilidad de una futura actividad volcánica en las fallas sísmicas principales, ubicadas en el mismo centro de Managua.

Las investigaciones de INETER (2002) “indican que el cráter Tiscapa ubicado en la ciudad, es un ejemplo de la ocurrencia de un centro volcánico en una falla sísmica activa. En estas zonas pueden aparecer nuevos centros como los del tipo Chico Pelón y Calvario. Centros volcánicos de carácter similar fueron documentados por HRADECKY et al. (1997) al Sur de Managua. Entre la zona del aeropuerto y la Caldera de Masaya, se encuentra una cadena de centros volcánicos alineados sobre una falla tectónica, lo que señala una vez más

la posibilidad de que puedan iniciarse erupciones volcánicas a lo largo de una falla activada por terremoto. Se afirma que la interrelación entre actividad volcánica y tectónica-sísmica en la cadena volcánica de Nicaragua, fue demostrada claramente durante la erupción del volcán Cerro Negro, en agosto de 1999, cuando se produjeron sismos destructivos de magnitudes 5.0 Richter. Procesos similares podrían ocurrir en Managua.”

Amenaza Sísmica en la ciudad de Managua y el terremoto de 1972

Según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo, en 2015 vivían en el departamento de Managua alrededor de 1.480.272 habitantes en una zona sísmica y volcánicamente activa. BERMÚDEZ (2014) señala que la ciudad cuenta con una elevada densidad de fallas geológicas activas y las fallas locales, en términos estadísticos, generan el 59% de la amenaza sísmica total en Managua. El 41% restante resulta de la zona de subducción, de otras zonas en la cadena volcánica y de la zona montañosa de Nicaragua. Esto subraya la importancia del conocimiento del fallamiento local en Managua. Se cree que las fallas principales que atraviesan la parte central de Managua tienen pocos kilómetros de longitud y con esta característica pueden generar terremotos relativamente moderados de magnitudes hasta 6.5 Richter. No obstante resultan extremadamente destructivos

porque el hipocentro es poco profundo, inclusive la ruptura corta la superficie, y la zona epicentral se ubica directamente en una ciudad densamente poblada.

Para SCHMOLL (1975), la importancia de consideraciones geológicas para la reconstrucción de Managua fue obvia después del terremoto de 1972. Como acción inmediata las autoridades encargaron un mapa de fallas y de amenaza sísmica, presentado a la autoridad del Ministro de Planificación Urbana en 1975; un plan regulador para la reconstrucción y el desarrollo de Managua fue realizado por la Secretaría de Obras Públicas de México en 1973. A raíz de las recomendaciones derivadas de tales estudios se empezaron a requerir investigaciones geológicas para la detección de fallas geológicas en Managua, las cuales se convirtieron desde entonces, en un requerimiento técnico necesario para la construcción civil. Debido a la expansión urbana de la ciudad, a partir de finales de los años 80 y sobre todo a inicio de los 90, se intensificaron los estudios geológicos en Managua.

La actividad sísmica de magnitudes superiores a los 6 grados en la ciudad de Managua ha presentado un ciclo de aproximadamente 40 años. La tabla 1 presenta los tres principales sismos durante el siglo XX, que causaran las mayores pérdidas patrimoniales y humanas.

TABLA 1. CRONOLOGÍA SÍSMICA EN MANAGUA

TABLE 1. SEISMIC EARTHQUAKE CHRONOLOGY IN MANAGUA

Fecha	Magnitud Richter	Profundidad	Victimas Mortales	Victimas Heridas	Damnificados
31-marzo-1931	6.0	5 km	1.500	2.000	45.000
23-diciembre-1972	6.2	5 km	10.000	21.000	280.000
10-abril-2014	6.2	10 km	2	40	1.300

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2002)

El terremoto de 1972 fue un sismo de 6.2 grados en la escala Richter y destruyó la capital de Nicaragua, a las 00:35 am hora local (06:35 UTC) del sábado 23 de Diciembre de 1972 con una duración aproximada de 30 segundos, seguido por dos réplicas de 5.0 y 5.2 grados a la 01:18 y 01:20 am (07:18 y 07:20 UTC). De acuerdo a la obra Historia de Nicaragua (1956), el sismo destruyó el centro de la ciudad y causó cerca de 10.000 muertos y 21.000 heridos, aunque no se sabe el número exacto de fallecidos debido a que hubo cadáveres que nunca fueron sacados de los escombros por los rescatistas nacionales y extranjeros y que al descomponerse causaron un fuerte olor durante casi 5 meses hasta la llegada de la estación lluviosa en mayo de 1973. Los incendios causados por el desastre se prolongaron durante las dos semanas siguientes hasta el 6 de enero de 1973.

las que quedaron en pie estaban dañadas severamente, al punto de reconocerse como inservibles o simplemente resistieron el sismo sin mayores daños. Más de 600 manzanas quedaron destruidas por el sismo; unas 50.000 construcciones quedaron en escombros y más de 280.000 personas quedaron sin hogar. El 75% de las viviendas y edificios del centro se derrumbaron total o parcialmente. El 95% de la pequeña industria desapareció, al igual que el 75% de la infraestructura urbana; el 90% del comercio sucumbió al terremoto y los incendios que duraron las dos semanas siguientes, el 40% de las fuentes de ingreso fiscales fueron destruidas. Los servicios públicos de agua potable, energía eléctrica, telecomunicaciones y alcantarillado quedaron cortados por los movimientos telúricos. En la ciudad de Managua se destruyeron todos los hospitales públicos y privados.

WOLFENSON (2014) describió el impacto en Managua, señalando que los daños materiales fueron cuantiosos: el 90% de las casas en el radio central se derrumbaron y

La Figura 9 presenta el alto riesgo a que está sometida Managua, debido a los varios tipos de fallas geológicas en la ciudad, en

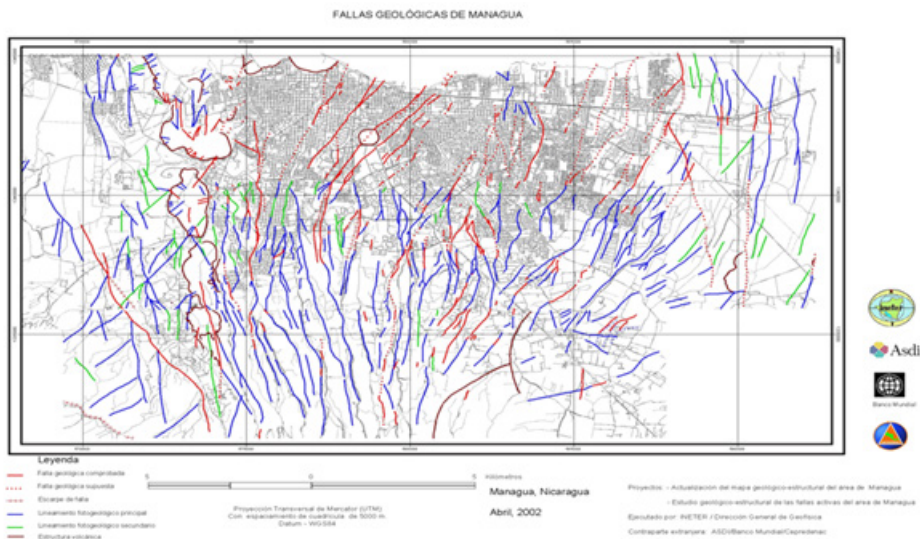


Fig. 9. Mapa de fallas. Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

Fig. 9. Fault map. Source: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

una geología compleja que impone desafíos al planeamiento urbano, a la organización territorial y a los estudios ambientales, con fines a proteger la ciudad, su patrimonio

humano y cultural, y su infraestructura. La tabla 2 muestra el alto riesgo de actividad sísmica en Managua debido a 566 km de fallas concentradas en el sitio.

TABLA 2. FALLAS GEOLÓGICAS Y LINEAMIENTOS, INCLUIDOS EN LA FIGURA 9, PRESENTAN LOS SIGUIENTES PARÁMETROS.

TABLE 2. GEOLOGICAL FAULT AND LINEAMENTS INCLUDED IN THE FIGURE 9 PRESENT THE FOLLOWING PARAMETERS.

Denominación de elementos geológicos	Longitud total
Fallas comprobadas	106 km
Fallas Supuestas	69 km
Subtotal Fallas	175 km
Lineamientos Principales	334 km
Lineamientos Secundarios	47 km
Subtotal Lineamientos	381 km
TOTAL	566 km

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2002)

Amenazas por erupción del volcán Apoyeque y por lahares

El volcán Apoyeque está situado al noroeste de Managua, a 12 kilómetros de distancia, en un sector donde se localizan varias fallas geológicas, como Nejapa-Miraflores, con 12 kilómetros de longitud que converge en las cercanías del Lago Xolotlán. Según MORALES (2001), se afirma que una erupción del Apoyeque podría ser semejante o peor a Krakatoa, al Este de la Isla de Java en Oceanía, en 1883, señalando también que una explosión del Apoyeque podría destruir la ciudad de Managua. Este volcán presenta evidencias de enjambres sísmicos.

Otro peligro/amenaza natural en Nicaragua está asociado a la ocurrencia de lahares; en octubre de 1998 la parte sur del volcán Casitas, al occidente del país, generó un flujo lahárico que sepultó varias comunidades y dejó más de 2.000 personas muertas. Hay probabilidad de ocurrir desastres de este tipo en las ciudades de Granada junto

al volcán Mombacho y en Moyogalpa y Altagracia, en la Isla de Ometepe, formada por los volcanes Concepción y Maderas. Los lahares son una preocupación importante de la protección civil en regiones volcánicas, especialmente en las zonas donde hay capas piroclásticas gruesas y abundante agua. Durante los últimos siglos, los lahares han destruido más propiedad pública o privada que cualquier otro proceso volcánico y han sido los causantes de la pérdidas de miles de vidas humanas.

Amenaza por fallamiento bajo el suelo de Managua, el episodio del enjambre sísmico y terremoto de abril de 2014

En abril de 2014 un enjambre sísmico ocurrió en las cercanías a la ciudad de Managua con terremoto principal de 6.2 grados Richter que provocó la activación de fallas en el volcán Momotombo y en el volcán Apoyeque considerados de los más peligrosos de Nicaragua. Durante las primeras semanas a partir del evento

principal, la población de Managua y sus alrededores vivieron en estado de alerta, durmiendo fuera de sus casas, en calles y plazas, por orientaciones gubernamentales. El hipocentro del terremoto fue a 10 km de profundidad, causando 2 muertes, 40 heridos y daños a más de 1.300 viviendas y edificaciones.

Se identificó una falla desde el epicentro del sismo que se proyecta a lo largo de 20 kilómetros en dirección noreste en el lago de Managua, atravesando la isla Momotombito. En la misma alineación de esta falla, entre el volcán Momotombo y San Francisco Libre, se detectó en trabajo de terreno otra falla en dirección Noreste que sería la continuación de la falla principal. A partir de las réplicas del sismo señalado, hubo una serie de sismos de menor magnitud en los alrededores del Volcán Momotombo y volcán Apoyeque y cerca de Managua.

INETER (2002) comprobó que ocurrieron desplazamientos en el terreno de hasta 4 cm en dirección sureste y otros dos desplazamientos del oeste hacia el noreste de 1cm y otro de Sur a Norte frente al volcán Apoyeque, generando una zona de relajamiento cercana al volcán Momotombo y una zona de compresión cercana al volcán Apoyeque, esto explica la migración de sismos con dirección noroeste-sureste del volcán Momotombo hacia el Apoyeque.

El volcán Apoyeque es el volcán más peligroso de Nicaragua y el segundo más peligroso del mundo, tomando en consideración la cantidad de habitantes en sus cercanías, y la probabilidad de actividad eruptiva, pues son más de 2.000.000 de millones de habitantes los que se localizan en su entorno. Apoyeque tiene el riesgo de una erupción bajo el agua, lo que podría causar un gran tsunami en el lago de Managua. De acuerdo con el INETER (2002), el volcán Apoyeque ha tenido grandes erupciones cada 2.000 años.

Amenazas por el cráter Santiago del volcán Masaya y el episodio de la colada de lava de Marzo de 2016

El cráter Santiago es el principal cráter del complejo volcánico Masaya y el único activo de un total de cuatro. En Diciembre de 2015 se registró lava en su interior, observaba muy cerca de la superficie; posteriormente se formó un lago de lava, cuya incandescencia podía observarse durante las noches; el fenómeno fue acompañado de sismos de 2.0 y 2.5 grados Richter, en la caldera volcánica a menos de un kilómetro de profundidad. El sismo mayor se registró el 9 de Febrero con una magnitud de 4.1° Richter, a 8 kilómetros de profundidad y un epicentro en el volcán Masaya. Este movimiento fue percibido en la ciudad de Managua, ubicada a 25 kilómetros del volcán. Muchos edificios e inclusive el aeropuerto internacional evacuaron a su personal.

La lava alcanzó temperaturas de 1.100 grados Celsius, que junto a los fuertes movimientos del lago produjo erosión en las paredes internas, permitiendo así que la boca del cráter se ensanchara; el volcán presentó alta microsismicidad y la amplitud sísmica en tiempo real (RSAM) fue de Alta a Muy Alta, entre las 400 y 1.300 unidades. La Figura 10 muestra la colada de lava que fluye desde un túnel en la parte sur del cráter; la colada tiene una caída aproximada de 10 metros y se proyecta con gran fuerza a 20 metros de la boca del túnel, acompañado de fuertes ruidos, y en los bordes del cráter son comunes filamentos de vidrio basáltico de hasta 30 centímetros de largo que son trasportados por el viento desde el interior; éstos son típicas de volcanes del tipo hawaiano.

En la comunidad de Piedra Quemada ubicada a cuatro kilómetros al norte del volcán Masaya, pequeños cráteres de 10 metros de diámetro se abrieron a consecuencia de las explosiones, con

emanaciones intensas de gases volcánicos que afectaron a los habitantes locales, cuyas viviendas se encontraban a pocos metros de los cráteres. Hasta mayo de 2016 el lago de lava alcanzaba los 48 metros de longitud por 36 de ancho, la incandescencia era observada hasta los 25 km de distancia durante las noches (Fig.11). El lago de lava del cráter Santiago ha sido durante el año de 2016 un atractivo turístico para visitantes nacionales y extranjeros.

Es importante destacar que durante Febrero de 2016, los seis volcanes activos de Nicaragua mostraron actividad simultánea, tres de ellos registrando erupciones plinianas, otros dos con enjambres sísmicos. Se trata de un encadenamiento simultáneo de actividades volcánicas y tal hecho debe ser investigado científicamente para contribuir con el desarrollo de los estudios de volcanología y con el pronóstico y planeamiento necesario de medidas de prevención de desastres de origen volcánico en Nicaragua.

Amenazas por tsunamis y el episodio de 1992 en la costa del Océano Pacífico de Nicaragua

De acuerdo con STRAUCH (2005), en Septiembre de 1992 una ola de entre 4 y 10

metros de altura causada por un terremoto impactó la costa pacífica de Nicaragua, muriendo más de 170 personas, en la mayoría niños. Igual que el tsunami asiático en 2004, no hubo ningún preaviso, aunque el terremoto había ocurrido 45 minutos antes de la llegada de la ola a la costa.

Todavía no existía la red sísmica de Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, pero las únicas dos estaciones sísmicas existentes detectaron el terremoto. No había personal en la institución como tampoco sistema de alerta; sólo una estación mareográfica que resistió el impacto de la ola de tsunami y la registró. En la actualidad el instituto está desarrollando un sistema de alerta de tsunami. Según MOLINA (1997), desde 1534 fueron registrados alrededor de 50 tsunamis en Centro América.

Amenaza por procesos exógenos y los impactos del aluvión de 1876 en Managua

De acuerdo con INETER (2002), en territorio de Managua está expuesto a procesos exógenos asociados a la erosión de los depósitos volcánicos; los procesos exógenos son también de interés para una zonificación sísmica como agentes desencadenantes en áreas debilitadas susceptibles a amenazas



Fig. 10. Colada de Lava en el cráter Santiago el primero de marzo de 2016. Fuente: J.M. Salmerón.

Fig. 10. Colada flow, Santiago crater, 1st of March 2016. Source: J.M. Salmerón.



Fig. 11 - Incandescencia en cráter Santiago. Fuente: J.M. Salmerón.

Fig. 11 - Incandescence in the Santiago crater. Source: J.M. Salmerón.

de peligro de *landslides*, con mayor impacto y destrucción con sismos fuertes. Debido a la peculiar situación de Managua, los sismos que pueden causar más daño son muy superficiales y su epicentro puede localizarse dentro o muy cerca de la ciudad. Los procesos exógenos son típicos ejemplos de un evento natural que agudiza y fortalece los impactos de los terremotos, desestabilizando laderas.

Managua, ya siendo Capital de Nicaragua, fue destruida por un violentísimo aluvión, la bibliografía dice esto ocurrido el 4 de Octubre de 1876, según relatos de historiadores y HALFTERMEYER (1946). Los muertos por ahogamiento y el material de arrastrado fue depositado en el lago de Managua (Xolotlán).

Según el relato histórico de HALFTERMEYER (1946), ese aluvión se originó por una tormenta tropical, intenso y frecuente en esa época del año, en el suroeste de Managua, que destruyó gran parte de las cuatro mil casas que tenía Managua, más varios centenares de habitantes muertos y heridos.

CONCLUSIONES

El territorio de América Latina presenta muchas áreas de alto riesgo de desastres naturales asociados a frecuentes fenómenos extremos, de origen tectónico y de tipo climático, junto con una alta vulnerabilidad de la sociedad, vulnerabilidad que emerge de fragilidades y problemas de origen económico, socioambiental, político, cultural y científico. En el contexto de Hispanoamérica, Nicaragua destaca como uno de los países con mayor vulnerabilidad económica y social, por esa razón es fundamental que se estudie el riesgo de desastres naturales, principalmente los de origen tectónico, ya que Nicaragua tiene un amplio historial de eventos sísmicos y volcánicos que amenazan su población en la región del Pacífico, donde se concentra la mayor parte de su población.

Esta investigación mostró inclusive que la gran capital Managua, como consecuencia de la existencia de muchas fallas superficiales y la proximidad del volcán Apoyeque, está expuesta a los más fuertes terremotos

del país, enfrentando así los desafíos impuestos por una grave amenaza sísmica, lo que significa mayores riesgos de pérdidas humanas y económicas considerando su fragilidad social y económica.

Considerando las amenazas geológicas en el territorio nicaragüense, la alta vulnerabilidad de las zonas urbanas y sus habitantes, y la ubicación de Managua en sitio de gran susceptibilidad a sismos, es urgente que científicos y gobierno desarrollen medidas de prevención y mitigación frente al alto riesgo de daños y pérdidas producidas por futuros desastres naturales. Una acción necesaria y básica que ha sido trabajada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER, es la elaboración de mapas temáticos de base, esencialmente geológicos, que logre definir mapas de amenaza y de zonificación del territorio según el grado de amenaza. Nicaragua también puede beneficiarse de convenios con científicos de EUA y Japón, países con gran experiencia en mitigación y prevención de desastres naturales, así como de los posibles intercambios con países latino-americanos más desarrollados en sismología, como Chile y México, naciones que también enfrentan serios problemas con los impactos de fuerzas naturales de origen geológico.

En síntesis, resultó de esta investigación, mediante metodología de análisis bibliográfica apoyada en datos de institutos científicos nicaragüenses e internacionales, y en bibliografía especializada, tomándose como referencial teórico el concepto de amenaza sísmica, la construcción de un panorama general de los tipos de amenazas geológicas que desafían a Nicaragua, concentrándose en la amenaza sísmica, que fue situada en el contexto más amplio de los episodios trágicos en el historial de desastres naturales geológicos, así contribuyendo con el cuadro actual de conocimientos necesarios al planteamiento de políticas

de mitigación y prevención de desastres geológicos sísmicos – volcánicos, además de posibilitar la difusión de esta temática nicaragüense en el universo científico de Latinoamérica.

REFERENCIAS

BERMÚDEZ, G.L. (2014). Fallas geológicas y amenaza sísmica. Managua: MSC Ingenieros. Recuperado de: <http://www.mscestructurales.com/index.php>

BID (2010). Banco Interamericano de Desarrollo. Indicadores de Riesgo de Desastres. Recuperado de: <http://www.iadb.org/es/noticias/articulos/2010-09-30/desastres-naturales-en-america-latina-y-el-caribe-bid,8017.html>.

CAPACCI, A. & MANGANO, S. (2015). Las catástrofes naturales. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de **Geografía**, **24 (2)**, 35-51. DOI: 10.15446/rcdg.v24n2.50206

CEPREDENAC (2006). Coordinating Centre for the Prevention of Natural Disasters in Central America. Recuperado de: <http://www.cepredenac.org>

ESPINOZA V., G., ALCÁNTARA A., IRASEMA, SANTANA H., J. R., & PEÑA G., R. J. (2015). La zonificación morfoestructónica-volcánica en el análisis morfoestructural del relieve: el caso del municipio de Managua, Nicaragua. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 87, 118-140, dx.doi.org/10.14350/rig.43549

HALFTERMEYER, G. (1946). Managua a Través de la Historia 1846-1946. Editorial Hospicio San Juan de Dios. Nicaragua.

INETER (2002). Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Estudio geológico-estructural de las fallas activas del área de Managua. Managua.

- LOÁISIGA, N.R., SIRIAS, A.S. & MONTIEL, J.M. (2002).** Metodología para la determinación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones. Proyecto de Investigación UNI-SAREC, Recuperado de: <http://webserver2.ineter.gob.ni/sis/vulne/managua-luz/PAPER.pdf>
- MOLINA, E. (1997).** Tsunami Catalogue for Central America 1539-1996, Technical Report No.II 1-04, Project: Reduction of Natural Disasters in Central America, Earthquake Preparedness and Hazard Mitigation, Phase II, Univ. of Bergen, Inst. Solid Earth Physics.
- MORALES, A. (2001).** Breve historia sísmica del Volcán Apoyeque. Boletín INETER. Recuperado de: <http://web-geofisica.ineter.gob.ni/boletin/2001/01/historia-apoyeque0101.htm>
- ROMERO, H., FUENTES, C. & SMITH, P. (2011).** La Geografía de los Riesgos “Naturales” y el Terremoto de Chile del 27 de febrero de 2010. En Bocco, G., Urquilla., P. y Vieyra, A. (Coords.) Geografía y Ambiente en América Latina (pp. 251-282). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
- SCHMOLL, H.R., KRUSHENSKY, R.D., & DOBROVOLNY, E. (1975).** Geologic considerations for redevelopment planning of Managua, Nicaragua, following the 1972 earthquake. United States Government Printing Office, Washington.
- STRAUCH, W. (2005).** Amenazas por maremotos (tsunamis) en Nicaragua y prevención de desastres, INETER.
- WOLFENSON, G.F. (2014).** La tortuga Morada y la Managua de mis recuerdos. Escritorio público, todo lo que quieres leer. 13 de agosto, 2014. Recuperado en: <http://www.desdemimaquina.com/#!escritoriopublico/c221t>