

Ciudades de Cuba en alerta sísmica

Cuban cities on seismic alert

Manuel A. Iturralde-Vinent^{1*}, Enrique D. Arango-Arias²

¹Academina de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba.

²Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia: iturralde@ceniai.inf.cu

Resumen

En el territorio de la República de Cuba y áreas adyacentes ocurren sismos con magnitudes de 1 a 3, que eventualmente han alcanzado hasta 8. Aunque los de magnitud mayor de 3 generalmente son perceptibles, los que suelen ocasionar daños son los de magnitud mayor de 5; no obstante, su impacto negativo depende en gran medida del estado de la infraestructura construida y de la cercanía del foco. El presente ensayo constituye una contribución a la percepción del riesgo en la población cubana e introduce el concepto *ciudades en alerta sísmica*, que se fundamenta en el principio de que donde ocurrieron eventos sísmicos destructivos en el pasado, es muy probable que se repitan en el futuro, a menos que la infraestructura construida se hubiese mejorado sustancialmente. Se propone, además, un conjunto de recomendaciones para las ciudades cubanas definidas en alerta sísmica.

Palabras clave: terremotos; sismicidad; riesgo sísmico; alerta sísmica.

Abstract

Earthquakes of 1 to 3 magnitudes eventually reaching up to 8, take place in Cuba and adjacent areas. Although those with a magnitude greater than 3 are generally perceptible, the ones usually causing damage are those with a magnitude greater than 5; however, its negative impact largely depends on the state of the built infrastructure and the hypocenter. This essay is a contribution to risk perception in Cuban population and it introduces the concept of cities in seismic alert, which is based on the principle that where

destructive seismic events occurred in the past it is very likely they will be repeated in the future, unless the infrastructure be substantially improved. A set of recommendations is also proposed for Cuban cities defined in seismic alert.

Keywords: earthquakes; seismicity; seismic risk; seismic alert.

1. INTRODUCCIÓN

En sentido general, existen valoraciones del peligro sísmico en distintos países, como en Cuba, basados en la aceleración de las ondas elásticas, el efecto de sitio, la experiencia histórica y otros criterios, que se expresan en normas constructivas y mapas de amenaza sísmica con un carácter regional o local (Chuy-Rodríguez 1980; Cotilla-Rodríguez y Udías 1999).

En todo el territorio de la República de Cuba y áreas adyacentes es común que ocurran sismos con magnitudes de 1 a 3. Con menor frecuencia los sismos han alcanzado magnitudes superiores, hasta 8 en el territorio nacional. Los focos de estos eventos (hipocentros) están ubicados hasta 10 km de profundidad en tierra y hasta ~60 km de profundidad bajo el mar (Figura 1) (Anónimo 1932; Morales 1931; Hernández-Pérez y Ramírez-Pérez 2013; Chuy-Rodríguez 1980; Álvarez *et al.* 2000). Con respecto a la perceptibilidad, solo aquellos de magnitud mayor de 3 son sentidos por las personas; pero los dañinos son generalmente de magnitud mayor de 5, aunque el grado de destrucción (intensidad del sismo) depende mucho del estado de la infraestructura construida, el efecto de sitio y la cercanía del foco.

Por eso el riesgo sísmico tiene una componente vinculada a la energía liberada por el sismo y las condiciones geológicas regionales y locales, y otra que depende por entero del comportamiento humano al seleccionarse el sitio de ubicación de las obras y al diseñarse y construirse la infraestructura.

La vida ha demostrado que si se construyen obras con características sismo-resistentes, y hay una preparación y organización social, el nivel de destrucción e impacto general de un evento sísmico es menor (Hernández-Pérez y Ramírez-Pérez 2013; Chuy-Rodríguez 1980; Álvarez *et al.* 2000).

Por eso la percepción del riesgo en una comunidad no es solo la preparación de la población para reaccionar correctamente ante un evento sísmico, sino, sobre todo, la capacidad de anticiparse al peligro, diseñando normas constructivas sismo-resistentes que ofrezcan un grado de seguridad

satisfactorio, basadas en la experiencia histórica y la base científico-tecnológica más actualizada de la sismología y de la ingeniería civil.

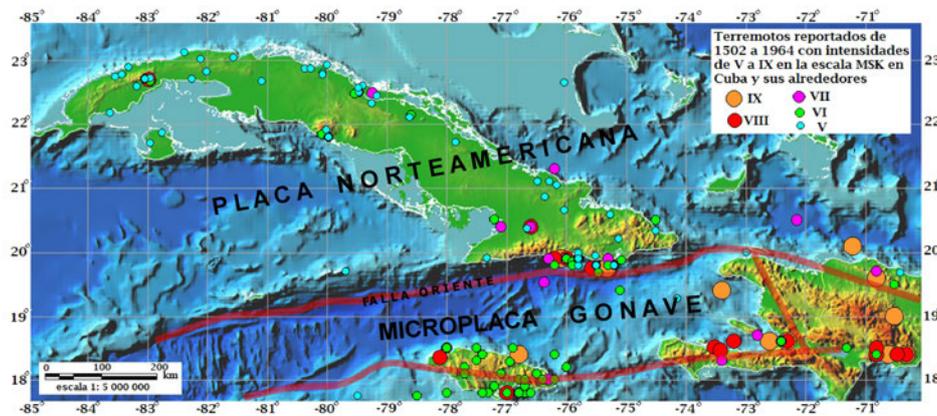


Figura 1. Terremotos históricos en Cuba y La Española (cortesía de CENAI). Es notable la presencia de epicentros a todo lo largo y ancho del territorio cubano y su entorno, así como la asociación de los eventos más frecuentes y de mayor magnitud al trazo de la falla Oriente.

Este ensayo constituye una contribución más a la necesidad de elevar la percepción del riesgo en la población cubana, para lo cual se presenta un nuevo concepto denominado "Ciudades en alerta sísmica", que se fundamenta en el principio de: "Donde ocurrieron eventos sísmicos destructivos en el pasado, es muy probable que se repitan en el futuro, a menos que la infraestructura construida se hubiese mejorado sustancialmente".

2. CIUDADES EN ALERTA SÍSMICA

Desde que se fundó y modernizó la red sismológica nacional ha sido posible establecer con mayor precisión la posición de los focos de terremotos y su magnitud, lo que permite tener una mejor apreciación del grado de sismicidad del territorio cubano, como ilustra la Figura 2 (CENAI 2020c).

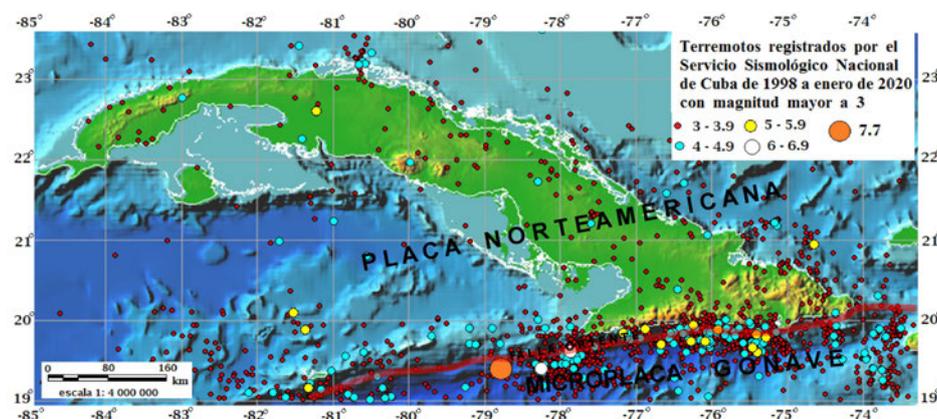


Figura 2. Mapa de los epicentros de terremotos en Cuba, determinados por métodos instrumentales (cortesía de CENAI).

Si observamos los mapas de los sismos detectados en Cuba y territorios adyacentes entre los años 2018 y 2020, se evidencia que se localizan en toda nuestra geografía, pero es notable la variabilidad anual de la cantidad y localización de los epicentros (Figuras 2 y 3). Por ejemplo, en el año 2018 la red de estaciones sismológicas cubana registró 2 575 eventos con magnitudes hasta 5.9; en el año 2019 se detectaron 2 986 eventos con magnitudes hasta 4, y en el primer semestre de 2020, año muy activo, se registraron 2 925 eventos, con magnitudes hasta de 7.7 (Figura 3). En ningún caso se reportaron daños de consideración ni personas muertas o heridas en estos años; apenas algunas casas parcialmente destruidas, paredes fracturadas y pequeños deslizamientos o derrumbes en taludes montañosos (CENAIIS 2019, 2020a, 2020b).

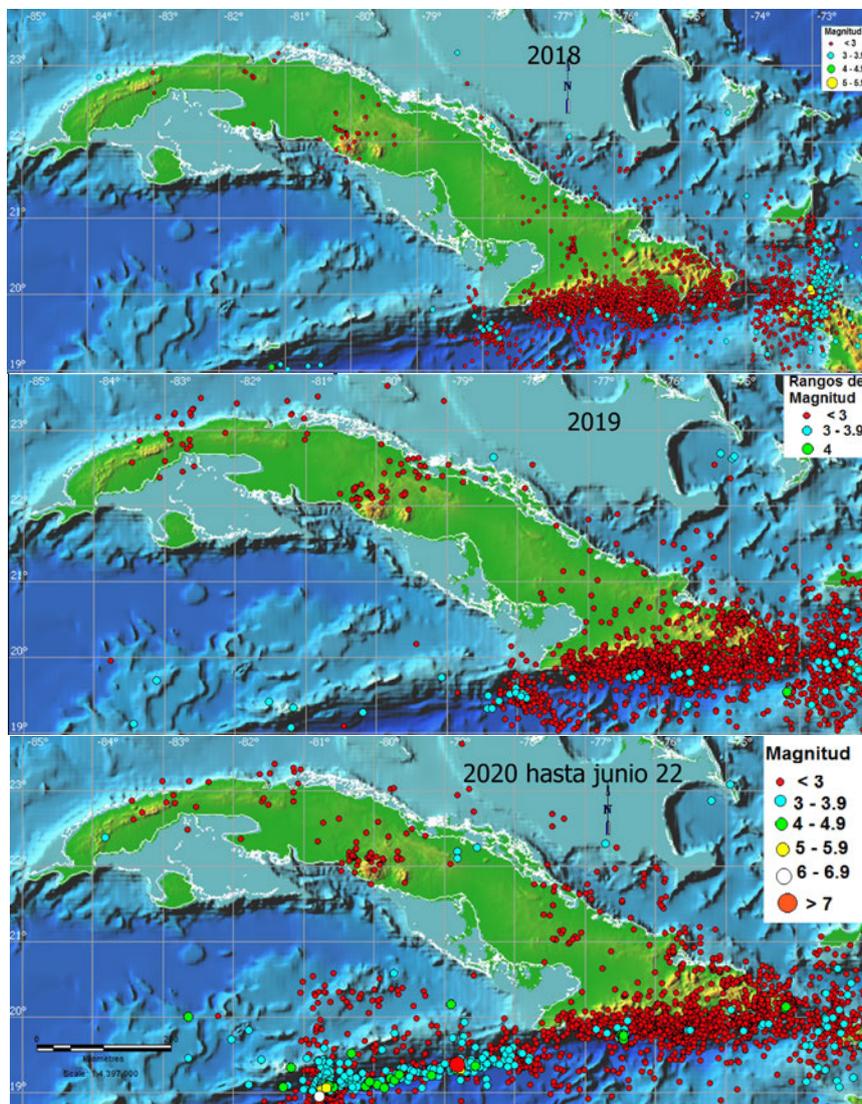


Figura 3. Sismos registrados durante los años 2018, 2019 y primer semestre de 2020 (CENAIIS 2019, 2020a, 2020b). Note las variaciones de año en año con respecto a la localización y magnitudes de los eventos. El mayor número está concentrado en Cuba oriental.

Por lo general, cuando los sismos ocurren en regiones aisladas, lejos de las ciudades y edificaciones de gran porte, los daños son mínimos. Un ejemplo es el terremoto de $M=7.7$ que sacudió Islas Caimán en 2020 (Figuras 2 y 3), el cual fue perceptible en casi toda la isla de Cuba, aunque sin mayores consecuencias. Los bohíos, caneyes y otras construcciones de madera, típicas de la arquitectura criolla, raramente sufren daños, por eso en la ciudad de Santiago de Cuba, después de los terremotos devastadores del siglo XVIII, se desarrolló una arquitectura sismo-resistente basada en el uso extensivo de la madera y la fibra vegetal.

Un comportamiento distinto presentan las obras de mampostería que caracterizan las ciudades y algunas estructuras aisladas, que históricamente han sufrido distintos grados de afectación por los terremotos. Un caso interesante es el sismo de 1880 que arrasó con las instalaciones de mampostería en las ciudades de San Cristóbal y Candelaria en el occidente de Cuba, incluidas la iglesia, la cárcel y otras oficinas del gobierno, así como las torres de los centrales azucareros situados en las afueras de estas ciudades. En contraste, las casas de madera soportaron los mismos pulsos sísmicos sin mayores consecuencias (Hernández-Pérez y Ramírez-Pérez 2013).

Los focos de los sismos se presentan tanto aislados como formando enjambres, cuando en ciertas áreas de algunos cientos de kilómetros cuadrados se registran numerosos eventos en apenas una semana o más. Los focos de estos enjambres sísmicos se encuentran localizados en la corteza terrestre, tanto en tierra como bajo el fondo del mar. Predominan en Cuba oriental y en particular bajo el fondo de la trinchera de los Caimanes - fosa de Bartlett, por donde transita la falla sismo-generadora Oriente, una de las más importantes del Caribe (Figura 1).

Algunos de estos enjambres son significativos como ilustran los ejemplos de Imías (~1 500 eventos en octubre de 2014), Uvero (~1 650 eventos en enero de 2017) y Mar Verde (~1 900 eventos en enero de 2016). Casi todos los años se detectan enjambres sísmicos activos, que a menudo se repiten en las mismas áreas, aunque la cantidad de eventos varía, como ocurrió entre 2018 y 2019 (Tabla 1). Aunque los enjambres sísmicos en tierra son menos comunes, los registros históricos han detectado algunos en diversos puntos del territorio, pero no son tan frecuentes ni con tantos eventos como en el entorno de la falla Oriente (Figura 1) (CENAI 2020c).

Tabla 1. Algunos enjambres sísmicos detectados los años 2018 y 2019

Zonas de actividad sísmica (enjambres)	Número de eventos 2019	Número de eventos 2018
Santiago-Baconao	1 366	1 173
Paso de los Vientos-Gran Inagua	471	345
Pilón-Chivirico	357	409
Imías	312	259
Moa-Purial	160	103
Cabo Cruz	157	118

Al valorar la información ofrecida en párrafos anteriores, queda evidente que todo el territorio de Cuba está sometido al peligro de la ocurrencia de algún sismo, aunque se destaca la región oriental por la mayor frecuencia y la mayor magnitud que han alcanzado.

Habida cuenta de esta situación se han elaborado normas, mapas y protocolos de actuación para la reducción del riesgo sísmico, que incluyen recomendaciones para eliminar las vulnerabilidades de la infraestructura construida, el reforzamiento estructural de escuelas, hospitales y otras edificaciones que así lo requieran, la clausura y demolición de los edificios con amenaza de derrumbe, la designación de lugares de reunión seguros, y las campañas de capacitación y elevación de la percepción del riesgo, entre muchas otras tareas.

Como una contribución más a la necesidad de elevar la percepción del riesgo en la población cubana, en este trabajo se presenta un nuevo concepto denominado "*Ciudades en alerta sísmica*", el cual se basa en un principio muy simple: "*Donde ocurrieron eventos sísmicos destructivos en el pasado, es muy probable que se repitan en el futuro, a menos que la infraestructura construida se hubiese mejorado sustancialmente*". Por lo tanto, todas las ciudades que en el pasado sufrieron daños a causa de terremotos, deben considerarse en alerta sísmica permanente, pues todavía la ciencia no puede pronosticar con suficiente precisión cuándo, dónde y de qué magnitud serán los futuros sismos.

Veamos en mayor detalle cómo se construye este concepto. En primer lugar, se preparó una base de datos con las ciudades que en el pasado han sufrido afectaciones significativas por eventos sísmicos, incluyendo si es posible, la cuantía de los daños y las afectaciones a la vida humana. Para ello se utilizaron relatos históricos publicados en la prensa o conservados en los archivos de la ciudad. A esta información se añadieron los datos y reportes

compilados por investigadores y especialistas, que por lo general, incluyen información técnica como es la fecha exacta del evento principal, la profundidad y ubicación de los focos, así como la magnitud e intensidad de cada sismo y sus réplicas. Esto de acuerdo con los registros instrumentales como mediante estimados elaborados a partir del relato histórico.

Con esta información se elaboró una tabla de las ciudades que han sido afectadas por sismos destructivos, incluyendo la cantidad y fecha de los eventos, así como el grado de destrucción y morbo-mortalidad de ocasionaron (Tabla 2). Esta tabla nos permite fundamentar por qué algunas ciudades deben declararse en alerta sísmica permanente.

Tabla 2. Ciudades que han sufrido daños significativos por terremotos en Cuba, por orden alfabético (CENAI S 2020c). Observe cómo la intensidad está en dependencia del nivel de daños

Ciudades y fechas	Intensidad máxima reportada	Afectaciones de origen sísmico
Baracoa 1528, 1842	V	Daños menores en algunas construcciones
Bayamo 1551	VIII	Hay pocos datos, parece que produjo el colapso de varias edificaciones
Esmeralda 1974	VI	Afectaciones menores en viviendas
Gibara 1914	VII	Numerosos daños a las edificaciones
Jagüey 1982	VI	Rajaduras y grietas en las paredes de los edificios tipo Girón
Manzanillo 1926	VII	Colapso de seis viviendas y afectaciones en otras, así como deslizamientos de tierra
Moa 1998	VI	Daños en edificaciones tipo Girón
Pilón 1976	VIII	Daños en casas y edificios. Un fallecido por deslizamiento de un bloque de la construcción de una carretera
Remedios y Caibarién 1939	VII	Grietas y otros daños en edificaciones de mampostería de ambas ciudades
Santiago de Cuba 1578, 1679, 1776, 1826, 1852, 1880, 1887, 1932	VIII - IX	Hay reportes de que la ciudad ha sido afectada por sismos desde 1578 y después en 1679, 1776, 1826, 1852, 1880, 1887 y 1932. Por eso se vaticina otro evento de gran intensidad En 1776 ocurrió la destrucción de la mayor parte de la ciudad. Se reportaron 120 muertos y más de 600 heridos

		El terremoto de 1852 es el más dañino ocurrido en Cuba, pues dejó en ruinas casi toda la ciudad y algunos pueblos de su periferia. Muchos fueron los heridos y muertos, que aumentaron con la plaga de cólera que sucedió al sismo. La ciudad tardó años en recuperarse. El sismo de 1932 dañó el 80 % de las edificaciones y el 5 % colapsaron. Hubo cambios en el curso de arroyos y en el gasto de manantiales. Se reportan varios muertos y más de 300 heridos
San Cristóbal y Candelaria 1880	VIII	El terremoto más fuerte del occidente. Destruyó o daño numerosas edificaciones de mampostería. Algunos ingenios azucareros cercanos se destrozaron y sus torres se partieron. Según reportes las oscilaciones fueron de WSW a ENE y se escuchaban como detonaciones seguidas de ruidos sordos. No se reportaron víctimas mortales sino algunos heridos a causa de los derrumbes
Varadero 2000, 2014, 2017	V -VI	Daños menores en algunas edificaciones

Las ciudades relacionadas en la Tabla 2 se presentan en un mapa (Figura 4), donde se distinguen de acuerdo con las intensidades máximas de los sismos que las han afectado en el pasado. Dicha intensidad, expresada en grados, es la medida del nivel de destrucción resultante de un movimiento sísmico, incluidos el evento principal y las réplicas.

En el mapa las ciudades cubanas en alerta sísmica se han separado en tres categorías, de acuerdo al nivel de destrucción provocada por los sismos históricos, y la frecuencia con que han sido afectadas, como se muestra seguidamente:

Intensidad máxima	Ciudades en alerta
V y VI	Varadero, Jagüey, Esmeralda y Moa
VII y VIII	Artemisa, Remedios, Caibarién, Manzanillo, Pílon, Bayamo, Gibara, Baracoa
Hasta IX	Santiago de Cuba

La conveniencia de esta caracterización es que permite visualizar cuáles son las ciudades donde es necesario prestar más atención a la reducción del riesgo sísmico. Utilizando esta misma concepción y metodología se pueden elaborar mapas más detallados.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este ensayo se han definido las ciudades que, por su historial sísmico, pueden declararse en alerta sísmica permanente. Las ciudades así definidas han de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las ciudades en alerta sísmica permanente deben estar dotadas de un estudio actualizado de las vulnerabilidades de la infraestructura, a fin de establecer un plan de reducción de las mismas.
- La reducción de vulnerabilidades debe comenzar por reforzar las escuelas y los hospitales, así como otras edificaciones que tengan debilidades estructurales.
- Toda nueva construcción debe responder a criterios sismo-resistentes de acuerdo con la norma cubana.
- Todos los edificios públicos, hospedajes y multifamiliares deben disponer de una señalética con orientaciones a seguir en caso de que ocurra un evento sísmico.
- La ocurrencia de sismos fuertes no tiene fechas ni temporadas previsibles, de manera que debe mantenerse un programa regular de información y ejercicios de orientación para elevar la preparación de la población y los directivos, a fin de crear una ética de comportamiento.

4. REFERENCIAS

- Álvarez, L.; Mijáilova, R. S.; Vorobiova, E. O.; Chuy-Rodríguez, T. J.; Zhakirdzhánova, G. N.; Pérez, E. R.; Rodiónova, L. M.; Álvarez, H. y Mirzoev, K. M. 2000: Terremotos de Cuba y áreas aledañas. En: *Sismicidad de Cuba y estructura de la corteza en el Caribe*. La Habana: Editorial Academia. 7-35.
- Anónimo. 1932: La Guerra y el terremoto de Oriente. *Revista Bohemia*. 7 de febrero.
- CENAI. 2019: Sismicidad registrada en el territorio nacional en el año 2018.
- CENAI. 2020a: Sismicidad registrada en el territorio nacional en el año 2019.
- CENAI. 2020b: Sismicidad registrada en el territorio nacional en el primer semestre del año 2020.
- CENAI. 2020c: Tabla de los terremotos más importantes de Cuba. Consulta: 25/08/2020. Disponible en: www.cenai.cu/tabla/tabla.html
- Chuy-Rodríguez, T. J. 1980: La actividad sísmica de Cuba basada en datos históricos. *Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 1: 5-17.

Cotilla-Rodríguez, M. O. y Udías, A. 1999: La ciencia sismológica en Cuba (II). Algunos terremotos históricos. *Revista de Historia de América*, 125(jul-dic): 45-90.

Hernández-Pérez, P. L. y Ramírez-Pérez, J. F. 2013: *Terremotos en Cuba*. La Habana: Editorial Científico-Técnica. 231 p.

Morales, L. 1931: Los terremotos en Cuba. *Revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros*, 23(5): 264-308.

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Ambos autores contribuyeron por igual

ORCID

MAIV, <https://orcid.org/0000-0002-4960-8848>

EDAA, <https://orcid.org/0000-0001-6035-3121>

Recibido: 10/09/2020

Aceptado: 14/09/2020