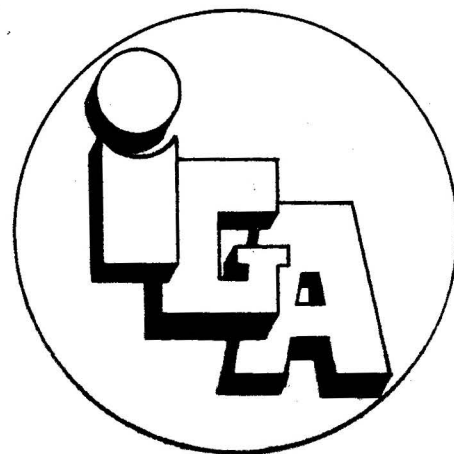


ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA
INSTITUTO DE GEOFISICA Y ASTRONOMIA

INVESTIGACIONES SISMOLOGICAS EN CUBA

No. 1 , 1980



ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA
INSTITUTO DE GEOFISICA Y ASTRONOMIA

INVESTIGACIONES SISMOLOGICAS EN CUBA
No. 1 - 1980

INDICE

	Pag.
La actividad sísmica de Cuba basada en datos históricos	5
Catálogo macrosísmico de la región occidental de Cuba	18
Información macrosísmica de las provincias de Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus	33
Régimen sísmico de la región suroriental de Cuba	58
Acerca de la actividad sísmica de octubre de 1976	69
Obtención de un método para la formación de un canal sismométrico con un sismómetro electromagnético y un galvanómetro	86
Acerca de la sismicidad de Iraq	98

LA ACTIVIDAD SISMICA DE CUBA BASADA EN DATOS HISTORICOS

Chuy y M. Rodríguez

Instituto de Geofísica y Astronomía de la Academia de Ciencias de Cuba

Resumen

Se presenta un estudio somero de la sismicidad de Cuba a través del análisis del número, la periodicidad y de las máximas intensidades de los sismos reportados en el período 1524-1976, obtenidos de datos históricos del Catálogo de Terremotos del Departamento de Sismología y de los datos instrumentales de las estaciones sismológicas RCC y SOR. Estos datos fueron correlacionados con los mapas: geológico, tectónico, geomorfológico e hidrogeológico, delimitándose con ello zonas de diferentes intensidades sísmicas en el territorio de la Isla.

Abstract

A brief study of the seismicity of Cuba is presented. An analysis of the number of earthquakes, their periodicity, and the maximum felt intensities of the shocks reported during the period from 1524 to 1976 is made. Data was obtained from the Earthquake Catalogue of the Seismological Department and from the records of the stations RCC and SOR. The data was correlated with geological, tectonical, geomorphological and hidrogeological maps determining in this way different intensity regions in the Island.

Introducción

El objetivo de este trabajo es la confección de un Mapa de Intensidades Sísmicas de Cuba que sustituya al publicado anteriormente en el Atlas Nacional de Cuba de 1970 (Cuba, Acad. Cienc, 1970) en el que la información utilizada era incompleta, deficiencia esta que ha sido superada en el presente trabajo, al incluirse todos los datos históricos ya catalogados accesibles en los archivos, teniéndose además en cuenta nuevos elementos de tectónica y geología.

El trabajo de clasificación de los terremotos reportados desde la edificación de las primeras villas en Cuba hasta 1976, fue realizado en fecha posterior a la publicación del mencionado Atlas, surgiendo la necesidad de revalorar las fronteras de las zonas sísmicas en el mapa anterior y los valores de sus intensidades, teniendo en cuenta los datos actualizados de las diferentes ramas de la geología.

Esto último permite, conjuntamente con el análisis de los datos macrosísmicos e instrumentales, definir con mayor precisión los límites de las regiones activas de Cuba en forma de Mapa de Intensidades Sísmicas. Este mapa tiene gran utilidad como base a la realización de estudios de la sismicidad, para las diferentes regiones de nuestro país.

Materiales y métodos

Para la confección del Mapa de Intensidades Sísmicas de Cuba se utilizaron los Datos Macrosísmicos e Instrumentales (Instituto de Geofísica y Astronomía), el mapa Geológico de Cuba (Núñez Jiménez, A. et. al., 1962), el Mapa Hidrogeológico de Cuba (Albear, J. F. et. al., 1965), el Atlas Nacional de Cuba (Cuba, Acad. Cienc, 1970), el Esquema de Neotectónica de Cuba y su Plataforma Marina (Shein, V. S. et. al., 1975), el Mapa Tectónico de Cuba (Shein, V. S. et. al., 1975), el Mapa Tectónico de Cuba (Pusharowski, Yu. M. et. al., 1965) y el Mapa de Yacimientos Minerales (Judoley, C. M. et. al., 1963).

Se seleccionaron del Catálogo los terremotos más fuertes por regiones, confeccionándose un Mapa de Intensidades Máximas, y realizando la determinación de la periodicidad de las sacudidas en los lugares de interés de cada región.

Para la confección del Mapa de Intensidades Máximas, se localizaron en un mapa de Cuba (1: 1 000 000) todos los puntos donde se reportan haberse sentido estremecimientos, y se señaló en cada uno de ellos la intensidad máxima percibida según la escala MSK-1964 (Medviedev, S. V., 1968).

Utilizando también los datos del Catálogo de Terremotos y con la ayuda del Mapa de Intensidades Máximas, en los puntos que presentaban el mayor número de ocurrencia de sismos, se hizo

el análisis de su periodicidad según la metodología utilizada por Alvarez, H. et. al., 1973. Esto se consiguió normalizando para 100 años los valores de N_a^I , número de terremotos de una intensidad I o mayor reportados en un número de años "a", y calculando T_a^I mediante la relación

$$T_a^I = \frac{a}{\sum N_a^I}$$

Esta magnitud nos da la periodicidad de los estremecimientos para una intensidad I en el punto en cuestión.

Paralelamente a esto con la ayuda de los mapas mencionados se realizó un análisis de la distribución de los distintos tipos de rocas, de las características propias de las formaciones geológicas por edades, del régimen de las aguas, de las estructuras disyuntivas y plicativas, de la actividad de las fallas y de los levantamientos y hundimientos del Megabloque Cubano.

Simultaneando todas estas características, y teniendo en cuenta la clasificación sísmica de los suelos por categorías de acuerdo con su constitución y la profundidad del nivel de las aguas según Medvedev, S. V., (1962 y 1973), así como un análisis de la probabilidad de ocurrencia de terremotos de una magnitud $M \geq 6,75$ al sur de la región oriental (Alvarez, L., y Buné, V. I., 1977), es que son establecidas las fronteras de las diferentes zonas con su valor de intensidad correspondiente; aunque existen regiones que por carecer de datos macrosísmicos o instrumentales no se evaluaron.

Resultados

Se confeccionó un Mapa de Intensidades Máximas de Cuba (1: 1 000 000) en el que se encuentran localizados los puntos donde se reportan terremotos perceptibles, especificándose la intensidad máxima en cada caso, (Fig. 1).

En la tabla 1 se relaciona, para una serie de lugares, el número de veces que han sido sentidas sacudidas de determinada intensidad, en el período para el cual aparecen reportes históricos o instrumentales, y el valor de la periodicidad en la ocurrencia de los terremotos de una intensidad dada o mayor para cada uno de esos puntos.

De los datos del Catálogo Macrosísmico Histórico de Cuba se seleccionaron los terremotos cuya intensidad fuera igual o mayor de VII grados (escala MSK-1964), los cuales aparecen en la tabla 2.

Finalmente se realizó el Mapa de Intensidades Sísmicas de Cuba (Fig. 2), el cual muestra la división del territorio en zonas para los diferentes valores de intensidad sísmica de acuerdo con el análisis realizado.

Discusión

En el Mapa de Intensidades Sísmicas de Cuba (Fig. 2) se destacan varias zonas, por el valor que alcanza la intensidad en ellas. En la región occidental encontramos una zona de grado VI y una de grado VII localizada dentro de la anterior; en la región central se localizan tres de grado VI, una hacia el Norte, la segunda al Sur y la tercera en la parte Este de la misma; finalmente en la región oriental se hallan una de grado VI, al Norte, en el centro de la región una de grado VII y una faja estrecha bordeando casi toda la costa sur de VIII grados.

La zona VI en la región occidental comprende una serie de estructuras tectónicas principales: Meganticlinorium de Pinar del Río y parte de la zona plegada de Bahía Honda y del Sinclinorium de San Diego de los Baños. Presenta una tectónica de fallas muy compleja, con fallas regionales que se manifiestan en los tiempos actuales, además de los movimientos ascendentes recientes dentro de las zonas de levantamientos y hundimientos. Las formaciones geológicas predominantes son las del Jurásico Inferior y Medio representados por areniscas, lutitas y mármoles, aunque se presentan también en menor proporción las calizas, conglomerados y areniscas del Eoceno. Considerando todo esto y teniendo en cuenta que recientemente se han localizado focos de terremotos en esa zona y se han reportado estremecimientos de VI grados, se valora la misma con VI.

La zona de grado VII de esta región comprende parte de la zona plegada de Bahía Honda y la Depresión de Pinar del Río. Presenta una gran complejidad tectónica por encontrarse próxima a una zona de sobrecorrimientos; presenta también fallas regionales con manifestaciones actuales. En esta zona encontramos formaciones del Jurásico Medio y Superior y del Neógeno; las primeras representadas por areniscas, lutitas y mármoles, y la última por calizas, conglomerados, areniscas y arcillas. De esta zona se reportan focos recientes de terremotos y por los datos del Catálogo se puede considerar la más activa de la región occidental, ya que incluso en 1880 fué percibido un sismo en ella de grado VIII. Es por todo esto que aún siendo en su mayoría suelos de primera categoría se valora como de VII grados, pues aunque se estimó $T_E^{IV} = 303$, éste pudiera tomar un valor menor debido a la falta de información histórica para esa región.

La zona Norte de la región central cercana a la zona de costuras de Las Villas, presenta numerosas intrusiones de rocas eruptivas, de rocas básicas y ultrabásicas y está intensamente plegada y fallada. En ella están presentes formaciones de numerosas edades geológicas, entre ellas Jurásico, Cretácico y Cuaternario, siendo su composición litológica la siguiente: calizas, areniscas, conglomerados, arcillas, arenas y gravas; por lo que se consideraría a esta zona compuesta de suelos de la primera y segunda categoría. Es de señalar que al Norte de esta zona se encuentra una importante

falla submarina. Históricamente se reportan varios sismos de VI grados y uno en 1939 de VII grados, el cual se registró instrumentalmente con una magnitud $M = 5,6$ (escala Richter); a la vez que se reportan en ellas focos de sismos recientes. Si se tiene en cuenta que son pocos los datos históricos de esta zona para el cálculo de la periodicidad, y habiéndose registrado sólo un sismo de más de VI grados de intensidad en este tiempo, es que se toma para esta zona el valor de VI.

La zona Sur de la región central está comprendida en el Anticlinorium de Trinidad, el cual es de levantamiento reciente. En ella se encuentran formaciones geológicas del Eugeosinclinal constituidas por rocas metamórficas precretácicas; es una zona compleja desde el punto de vista geólogo-tectónico, pues presenta un sistema de fallas que enmarca el macizo del Escambray, así como fallas regionales actuales. En su mayoría estos suelos son de la primera categoría, aunque en menor proporción se encuentran de la segunda categoría. En ella se han localizado focos de terremotos recientes y además históricamente se reportan estremecimientos de hasta VI grados; además la periodicidad de los estremecimientos en esta zona está calculada para un intervalo de tiempo relativamente pequeño. Considerando lo anterior se valora esta zona como de VI grados.

La zona Este de la región central comprende parte del Anticlinorium de Camagüey y está limitada por el Sur con la zona de costuras de Camagüey. Presenta muchos fallamientos y plegamientos, estando presentes en ella depósitos de Jurásico, Cretácico y del Paleógeno en los que aparecen gran cantidad de intrusiones de rocas ígneas del tipo de las serpentinitas; estas formaciones están representadas por andesitas, tobas aglomeradas, areniscas, margas, arcillas, arenas y gravas, que pertenecen a la primera y segunda categoría. Históricamente en esta zona se han reportado estremecimientos de hasta VI grados (el más reciente en 1974) y se han localizado focos de terremotos recientes; esto conjuntamente con el hecho de que su T_s para intensidades de VI grados es 76, hace que esta zona se valore en VI grados, ya que el período reportado es pequeño y coincidió con la ocurrencia de un sismo de $I = VI$.

• La región oriental es de todas la más activa históricamente, ya que tienen más de medio millar de reportes de terremotos perceptibles en el transcurso de 448 años.

En ella hacia el Norte se encuentra una zona de VI grados que comprende las Depresiones del Cauto, Cacoicum y Nipe. Es una zona compleja desde el punto de vista de su geología, pues presenta formaciones del Jurásico Inferior y Medio, Cretácico Superior, Paleógeno y Cuaternario; caracterizándose por una gran variedad de suelos de todo tipo comprendidos en la primera y segunda categorías. Presenta manifestación de fallas actuales y además se han localizado en ella focos recientes de terremotos.

La zona central de VII grados de la región oriental comprende el Sinclinorium de Cuba Oriental, la Depresión de Guantánamo, el Macizo Hórstico de la Sierra del Purial y el Anticlinorium de Mayarí-Baracoa. Es compleja geólogo-tectónicamente, pues presenta grandes zonas de estructuras disyuntivas entre las que se encuentran fallas regionales con manifestaciones actuales, fallas nuevas localizadas frente al litoral Norte de la zona y movimientos ascendentes dentro de las zonas de hundimiento-levantamientos; además presenta formaciones del Jurásico Inferior y Medio, Paleógeno y del Neógeno representadas por areniscas, mármoles, margas, arcillas, rocas tobáceas, calizas, etc. comprendidas en la primera y segunda categorías. Han sido localizados en ellas focos recientes de terremotos.

La zona de grado VIII de la región oriental bordea casi toda la costa Sur de la misma y comprende el Anticlinorium de la Sierra Maestra. Es de una gran complejidad pues presenta fallas regionales de manifestación actual, zonas de fallas nuevas siguiendo el litoral, movimientos ascendentes en las zonas de levantamiento y fallas submarinas frente a la línea de costa. Las formaciones características de esta zona son: Cretácico Inferior representado por calizas, dolomitas y conglomerados con intrusiones de rocas ígneas; Cuaternario compuesto de arenas, arcillas y gravas.

La mayoría de los reportes de terremotos que aparecen en el Catálogo Macrosísmico Histórico se refieren a estas zonas, habiéndose sentido estremecimientos de VI grados en prácticamente toda la zona Norte, además de que en Holguín, Antilla y San Germán han sido perceptibles de grado VI-VII; en la zona central se han sentido estremecimientos de VI-VIII en Guantánamo y Bayamo, San Luis y Baracoa respectivamente; finalmente en la zona costera se reportan sismos en Santiago de Cuba de hasta IX grados en dos ocasiones (Datos Macrosísmicos e Instrumentales, Instituto de Geofísica y Astronomía; Tomblin, J. M. y Robson, G. R., 1977) y en Pilon de VII-VIII grados en 1976. (Serrano, M. 1976).

Para estas tres zonas de la región oriental hay que tener en cuenta que en el trabajo de Buné, V. I. y Alvarez, L. se plantea que la zona Sur de la misma, puede sufrir estremecimientos de grado VIII una vez cada 60-80 años. Existen además otras zonas que presentan una actividad sísmica menor a las ya señaladas, ya que por los datos del Catálogo se han sentido estremecimientos provocados por terremotos en casi todo el país, quedando sólo algunas zonas que no se evaluaron por carecer en lo absoluto de datos históricos o instrumentales. Es de notar que todo el Norte de Cuba presenta un comportamiento bastante similar en lo que respecta al valor de la intensidad sísmica, aunque estos valores sólo tienen que ver con "intensidad esperada" y no con la frecuencia de ocurrencia; se pudiera entonces plantear la hipótesis de que existen en Cuba cuatro zonas de actividad sísmica propia, que

serían la zona de San Cristóbal, la zona Norte de la región central desde Sagua hasta cerca de Nuevitas, la zona Sur de Cienfuegos-Trinidad y la parte Sur de la región oriental, aunque estas zonas deben ser verificadas posteriormente con la instalación de estaciones sismológicas.

Los resultados obtenidos en esta Mapa de Intensidades Sísmicas no son definitivos por cuanto no se consideran cálculos de estimación de peligrosidad sísmica en base a datos instrumentales.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a los compañeros del Departamento de Sismología, IGA, la colaboración prestada en la discusión y corrección de los resultados finales de este trabajo.

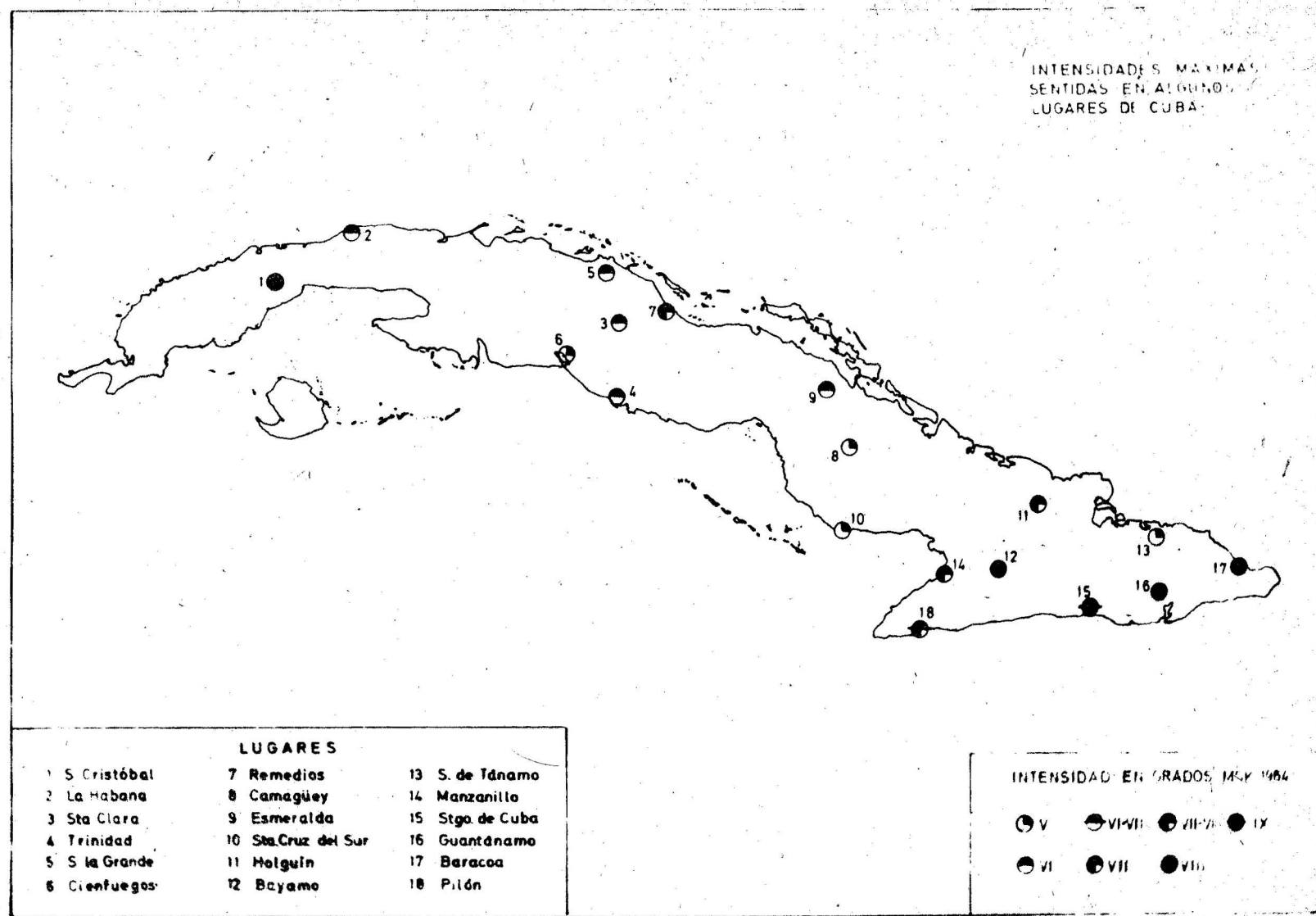
TABLA No. 1 - CALCULO DE T_{Σ} PARA LOS DIFERENTES N_a^{II} DE LOS LUGARES MAS REPRESENTATIVOS

LUGAR		GRADO DE INTENSIDAD MSK-1964						
		III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
San Cristóbal	N_{300}	9	4	0	1	0	1	-
	T_{Σ}	20	50	152	152	303	303	-
La Habana	N_{300}	16	3	1	1	-	-	-
	T_{Σ}	14	60	152	303	-	-	-
Santa Clara	N_{212}	0	2	0	1	-	-	-
	T_{Σ}	70	70	212	212	-	-	-
Trinidad	N_{210}	1	2	2	3	-	-	-
	T_{Σ}	26	30	42	70	-	-	-
Sagua la Grande	N_{210}	4	8	1	1	-	-	-
	T_{Σ}	15	21	109	212	-	-	-
Cienfuegos	N_{210}	2	3	1	-	-	-	-
	T_{Σ}	35	53	212	-	-	-	-
Remedios	N_{210}	8	6	0	1	1	-	-
	T_{Σ}	13	26	106	106	212	-	-
Camagüey	N_{210}	1	3	2	-	-	-	-
	T_{Σ}	35	42	105	-	-	-	-
Esmeralda	N_{76}	4	1	4	1	-	-	-
	T_{Σ}	8	13	15	76	-	-	-
S. Cruz Sur	N_{129}	1	3	1	-	-	-	-
	T_{Σ}	26	32	130	-	-	-	-
Holguín	N_{210}	7	2	0	0	1	-	-
	T_{Σ}	21	70	208	208	208	-	-
Bayamo	N_{425}	3	2	6	3	3	1	-
	T_{Σ}	24	28	33	61	135	417	-
S. de Tánamo	N_{76}	1	2	3	-	-	-	-
	T_{Σ}	13	15	25	-	-	-	-
Manzanillo	N_{124}	2	1	4	3	2	-	-
	T_{Σ}	10	12	14	25	62	-	-
Stgo. de Cuba	N_{398}	351	115	110	35	9	8	2
	T_{Σ}	0,6	1	2	7	21	40	199
Guantánamo	N_{76}	5	7	3	4	1	1	-
	T_{Σ}	4	5	8	13	38	76	-
Baracoa	N_{448}	5	2	5	4	0	1	-
	T_{Σ}	25	34	41	75	445	445	-

TABLA No. 2 - TERREMOTOS SENTIDOS CON I ≥ VII GRADOS DE
1524-1976. (NO APARECEN LOS LUGARES EN QUE SE
HAYAN SENTIDO CON MENOS DE VII GRADOS).

Año	Mes	Día	Lugar	Intensidad
1551	-	-	Bayamo	VIII
1578	may	05	Santiago de Cuba	VIII
1580	-	-	Santiago de Cuba	VII
1624	-	-	Bayamo	VII
1675	feb	11	Santiago de Cuba	VII
1678	feb	11	Santiago de Cuba	VIII
1760	jul	11	Santiago de Cuba	VIII
1762	-	-	Santiago de Cuba	VIII
1766	jun	11	Santiago de Cuba	IX
			Bayamo	VII
			Holguín	V-VII
			El Cobre	VI-VIII
1826	sep	18	Santiago de Cuba	VIII
1842	may	07	Baracoa	VIII
			Santiago de Cuba	VII
1842	jul	07	Santiago de Cuba	VII
1852	ago	20	Santiago de Cuba	IX
1852	nov	26	Santiago de Cuba	VIII
1880	ene	22	San Cristobal	VIII
			Candelaria	VIII
			Soróa	VII
			San Diego de Núñez	VII
1887	sep	23	Santiago de Cuba	VIII
1903	sep	22	Santiago de Cuba	VII
1906	jun	22	Santiago de Cuba	VII
1914	dic	24	Santiago de Cuba	VII
1926	ago	03	Manzanillo	VII
1930	ene	17	Santiago de Cuba	VII
1932	feb	03	Santiago de Cuba	VIII
			Guantánamo	VIII
			Baracoa	VII
			Holguín	VII
			Bayamo	VII
			Manzanillo	VII
1939	ago	15	Remedios	VII
			Caibarién	VII
			Sagua la Grande	VI-VII
1947	ago	06	Santiago de Cuba	VII
			Palma Soriano	VII
			Guantánamo	VII
1976	feb	19	Pilón	VII-VIII

Fig. 1 Mapa de intensidades máximas sentidas en Cuba.. Escala original 1:1 000 000



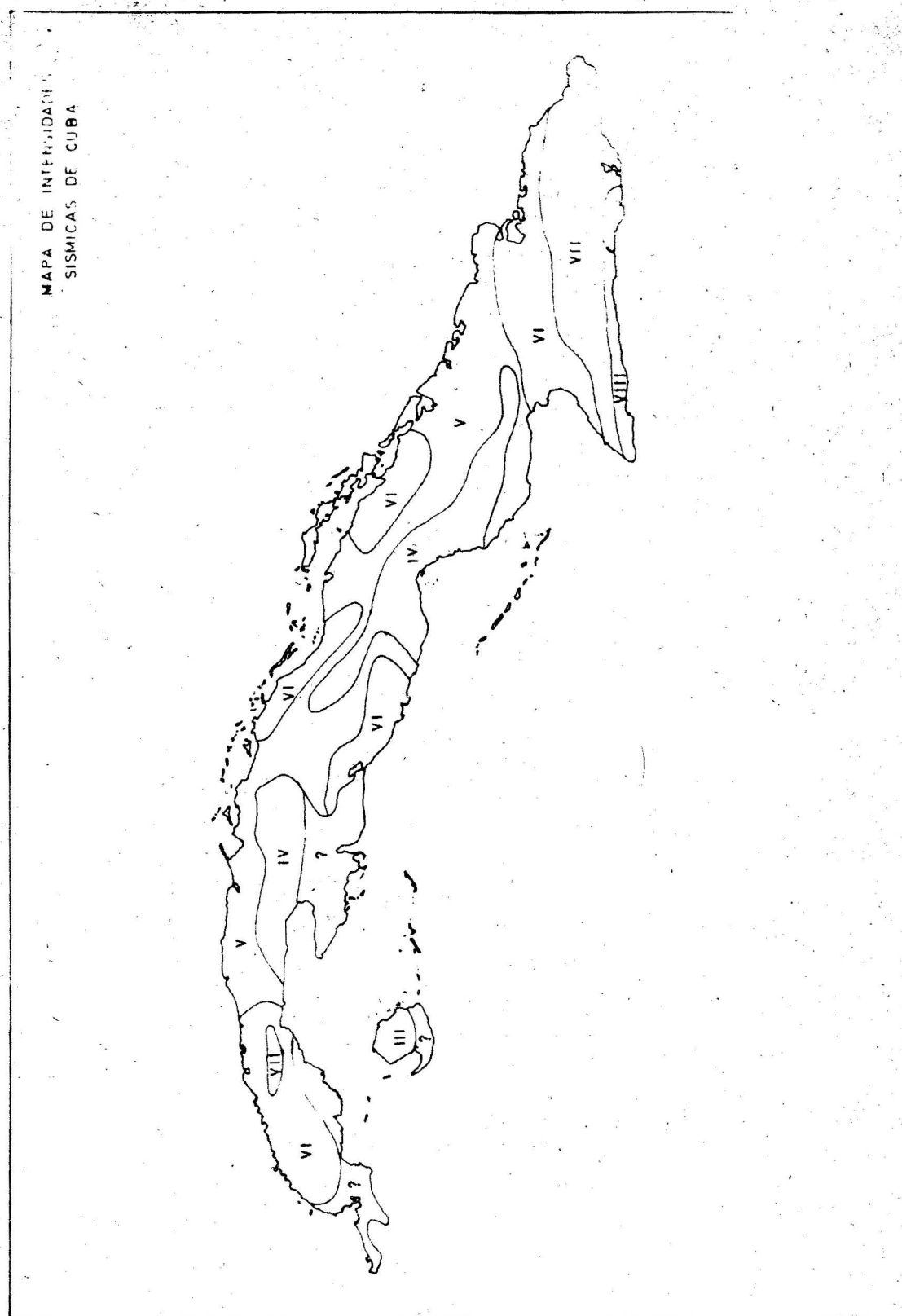


Fig. 2 Mapa de intensidades sísmicas de Cuba. Escala original.
1:1 000 000

Referencias

1. Albear, J. F.; Egorov, S. V.; Furrázola, G.; Luege, J. A.; Solsona, J. B. y Simakov, A. N. (1965): Mapa Hidrogeológico de Cuba (1: 1 000 000).
2. Alvarez, H.; Blanco, P.; Medviedev, S. V.; Menéndez, L. A. y Shteinberg, V. V. (1973): Condiciones sísmicas del territorio de la ciudad de Santiago de Cuba. Inf. Acad. Cienc. Fis. Tierra. 5, Nauka, Moscú.
3. Alvarez, L. y Buné, V. I. (1977): Estimación de la peligrosidad sísmica de la región sur-oriental de la Isla de Cuba. Inf. Acad. Cienc. Fis. Tierra. 10, Nauka, Moscú.
4. Belousov, V. V. (1974): Geología estructural. Editorial Mir, Moscú.
5. Cuba: Academia de Ciencias (1970): Atlas Nacional de Cuba.
6. Datos Macrosísmicos e Instrumentales. Dpto. Sismología. Instituto de Geofísica y Astronomía. Academia de Ciencias de Cuba. Recopilaciones a partir de 1524.
7. Judoley, C. M.; Krasnov, V. I.; Novojatsky, L. P. y Skiriabina, E. (1963): Mapa de Yacimientos Minerales de Cuba (1: 500 000). Inst. Cubano del Libro, La Habana.
8. Judoley, C. M. y Furrázola-Bermúdez, G. (1971): Geología del área del Caribe y de la costa del Golfo de México. Inst. Cubano del Libro. La Habana.
9. Medviedev, S. V. (1962): Sismología ingenieril. Stroiizdat, Moscú.
10. ----- ed. (1968): Regionalización sísmica de la URSS. Nauka, Moscú.
11. ----- (1968): Escala Internacional de intensidad sísmica.
12. Del libro: Regionalización sísmica de la URSS. Nauka, Moscú.
13. ----- ed. (1973): Recomendaciones para la microrregionalización sísmica RMS-73. Cuestiones Sismología Ingenieril. 15, Nauka, Moscú.
14. Núñez Jimenez, A.; Andreu, A.; Bogatikiov, A. S.; Novojatsky, I. P. y Judoley, C. M. (1962): Mapa Geológico de Cuba (1:1 000 000)

15. Pusharowski, Yu. M.; Knipper, A. L. y Puig-Rifa, M. (1965):
Mapa tectónico de Cuba (1:1 000 000).
16. Rustanovich, D. N. (1967): Sismicidad del territorio de la
RSS de Turmenia y el terremoto de Anjabad de 1948.
Cuestiones Sismología Ingenieril, la, Nauka, Moscú
17. Serrano, M. (1976): Informe sobre el terremoto de Pilón de
febrero de 1976. Presentado en el Dpto. de Sismología
IGA, A.C.C.
18. Shein, V. S.; Kleschov, K. A.; Ivanov, S. S.; Smirnov, V. M.;
Marrero, M.; Paz, S. y Hernández, G. (1975):
Mapa tectónico de Cuba (1: 500 000).
19. Shein, V. S.; Smirnov, V. N.; Kleschov, K. A. y Orbera, L.
(1975): Esquema de Neotectónica de Cuba y su plataforma
marina (1:1 000 000), La Habana.
20. Tomblin, J. M. y Robson, G. R. (1977): A catalogue of felt
earthquakes for Jamaica with references to other islands
in the Greater Antilles, 1524-1971. Mines Geol.
Division, Special Publ. 2. Jamaica.