

# Nuevo catálogo macrosísmico de terremotos perceptibles en Cuba 2017 – 2020

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 31, 207, 30-41  
Año 2022  
ISSN: 1131-9100

## *New macroseismic catalog of perceptible earthquakes in Cuba 2017 – 2020*

Antonio Salgado Castillo, Raúl Palau Clares

### Resumen

Una herramienta de vital importancia con la que deben contar los servicios sismológicos es un catálogo macrosísmico, pues este permite la reinterpretación constante de la propagación de las ondas sísmicas en la región de estudio y facilita los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Consecuentemente, el presente trabajo tuvo como objetivo, aportar un nuevo catálogo macrosísmico de terremotos perceptibles en Cuba 2017 – 2020, a partir de mapas teóricos estimados de intensidades sísmicas. Es así, que se incluyeron los 12 eventos perceptibles con  $M_w \geq 4.3$  ocurridos en Cuba. Se realizó una comparación de la efectividad entre los estimados teóricos y la información macrosísmica real de dos eventos (17/01/2017 y 28/01/2020), obteniendo similitud en más del 86%. Los resultados evidenciaron la factibilidad de incluir el software Intensity\_Map en la rutina diaria del Servicio Sismológico Nacional Cubano, y generar los mapas de intensidades ante la ocurrencia de un sismo. Asimismo, el nuevo catálogo, permite visualizar los valores teóricos estimados de intensidades, lo que facilita la toma de decisiones a las autoridades pertinentes y permite realizar valoraciones sobre la atenuación sísmica en términos de intensidad.

### Abstract

*A vitally important tool that seismological services must have is a macroseismic catalogue, since it allows constant reinterpretation the propagation of the seismic waves in the study region and facilitates hazard, vulnerability and risk studies. Consequently, the present work aimed to provide a new macroseismic catalog of perceptible earthquakes in Cuba 2017 - 2020, based on estimated theoretical maps of seismic intensities. Thus, the 12 perceptible events with  $M_w \geq 4.3$  that occurred in Cuba were included. A comparison of the effectiveness between the theoretical estimates and the real macroseismic information of two events (01/17/2017 and 01/28/2020) was made, obtaining similarity in more than 86%. The results evidenced the feasibility of including the Intensity\_Map software in the daily routine of the Cuban National Seismological Service, and generating intensity maps in the event of an earthquake. Likewise, the new catalog allows the visualization of the estimated theoretical values of intensities, which facilitates decision-making for the pertinent authorities and allows assessments to be made on the seismic attenuation in terms of intensity.*

Palabras clave: Catálogo macrosísmico, estimación cartográfica, intensidad sísmica, isosistas, terremotos.

Keywords: Macroseismic catalog, cartographic estimation, seismic intensities, isoseismal, earthquakes.

Antonio Salgado Castillo  
Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Cuba  
[asalgadocastillo@gmail.com](mailto:asalgadocastillo@gmail.com)

Recepción 05/04/2022  
Aprobación 23/05/2022

## 1. INTRODUCCIÓN

La intensidad sísmica es un parámetro que permite estimar la severidad del movimiento del terreno en función de los efectos estructurales, teniendo presente que estos dependen de la condición y antigüedad de las construcciones, de la calidad de los suelos y de la topografía (Chuy, 1999). También es necesario observar los efectos del terremoto sobre el terreno y el subsuelo, así como los peligros asociados inducidos por el sismo, tales como desplazamiento de fallas, de tierra, maremotos, lahares e inundaciones (CERESIS, 2004).

Con el decursar de los años, las diferentes escalas elaboradas para estimar la intensidad sísmica se han modificado poco a poco, a fin de reflejar mejor la severidad del movimiento sísmico de la tierra. Es así que, a pesar, de no ser una escala basada en mediciones instrumentales, la «intensidad sísmica» satisface un aspecto que ningún otro parámetro instrumental mide de manera certera, es decir, la cuantificación de los daños causados por un terremoto dónde y cuándo ocurre (Palau *et al.*, 2019).

Ahora bien, desde el punto de vista conceptual, la intensidad se denota como  $I$ , y que en un punto dado se produce por la ocurrencia de un sismo de magnitud  $M$ , dependiendo de la distancia que separa el foco del punto en cuestión y de la forma en que se comporta la atenuación de la intensidad sísmica en una región (Chuy, 1999).

La ventaja de la intensidad sísmica es que permite rescatar del pasado, basándose en crónicas y otros escritos, suficientes criterios como para aventurar un estimado de la intensidad y «cuantificar» el terremoto de acuerdo con la escala de Intensidades de su preferencia (Palau *et al.*, 2019). Consecuentemente, con el objetivo de disminuir el riesgo y responder eficientemente ante la ocurrencia de un terremoto, mayormente cuando los datos de las redes de acelerómetros son limitados, se hace uso de la intensidad sísmica (Pérez, 2014).

Es así, que, para modelar dicha intensidad, se han empleado diferentes modelos, destacando isosistas circulares, las cuales responden a una atenuación uniforme de la intensidad (Sandoval *et al.*, 2012; Porras, 2017; Palau *et al.*, 2019). Sin embargo, las isosistas reales de los terremotos mayormente no son circulares, y su forma depende, en primera instancia, de las estructuras geológicas presentes en la región donde el terremoto haya ocurrido (Ghosh y Mahajan, 2013; Schmidt, 2014).

Una precisión importante, es que cuando se modela o se realiza el cálculo de atenuación por intensidades teóricas, no se tienen en cuenta los posibles efectos de sitio, ni los efectos topográficos. De ahí, que gane mayor importancia la macrosísmica apoyada en los trabajos de campo con su correspondiente estimación teórica *a priori*.

Por otra parte, en el análisis de los terremotos perceptibles, la caracterización del tiempo de aparición y ubicación espacial de premonitores y réplicas, está condicionada a las características geodinámicas de la región donde esté ubicada la zona activa que los originó (Arango *et al.*, 2017). En este contexto hay que señalar, que Cuba por su posición geográfica está expuesta a un alto peligro sísmico, debido a su proximidad a la zona de contacto entre la placa de Norteamérica y el Caribe, conocida como falla Oriente (Cotilla, Córdoba y Álvarez, 2021).

Ahora bien, una herramienta de vital importancia con la que deben contar los servicios sismológicos es un catálogo macrosísmico, pues este permite la interpretación y reinterpretación constante de la propagación de las ondas sísmicas en la región de estudio y facilita los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo; denominados comúnmente (PVR) (Salcedo, Blandón y Ríos, 2021).

Cuando se menciona catalogo macrosísmico, por lo general se alude a la descripción o datos que cuentan con el mayor valor de intensidad para cada sismo. Sin embargo, no se incluyen los mapas de intensidades que, en la práctica, es lo que realmente aporta información y facilita la toma de decisiones.

### 1.1. Antecedentes y situación problemática

La intensidad de un evento sísmico es un valor que depende de los efectos en las personas, en objetos o en la naturaleza, así como de los daños que pueda ocasionar en general a los inmuebles, por lo que tiene cierto grado de subjetividad.

Las escalas de intensidad sísmica categorizan la intensidad o severidad del temblor del suelo en un lugar determinado, como el resultado de un terremoto. Se distinguen de las escalas de magnitud sísmica, que miden la magnitud o la fuerza general de un terremoto, que puede, o quizás no, causar un temblor perceptible. La intensidad máxima observada y la extensión del área donde se sintió el temblor, pueden usarse para estimar la ubicación y magnitud del terremoto; esto es especialmente útil para terremotos históricos donde no hay registro instrumental (Salgado *et al.*, 2021).

En este orden de ideas se debe precisar, que, en Cuba para la determinación de la intensidad, primero se usaba la escala MSK (Medvedev, 1968) y actualmente se usa la escala EMS-98 de (Grünthal, 1998) teniendo en cuenta que la tipología constructiva de la misma se acerca más a la realidad de las construcciones cubanas (ONN, 2017).

Ahora bien, la intensidad del temblor depende de varios factores además de la magnitud del terremoto (Bolt, 1982), uno de los más importantes son las condiciones del suelo. Por ejemplo, las capas gruesas de suelo blando (como el relleno) pueden amplificar las ondas sísmicas, a

menudo a una distancia considerable de la fuente, mientras que las cuencas sedimentarias a menudo resuenan, lo que aumenta la duración del temblor.

En sismología, se utiliza un mapa para mostrar líneas de intensidad sísmica igualmente percibidas (isosistas). También contienen información sobre las condiciones del suelo en ubicaciones particulares, la geología subyacente, el patrón de radiación de las ondas sísmicas, posibles efectos de sitio y la respuesta de diferentes tipos de edificios. La forma y el tamaño de las regiones de isosistas se pueden utilizar para ayudar a estimar la magnitud, profundidad, y mecanismo focal de un sismo (Linkimer, 2008).

En el caso de la magnitud de un terremoto, se puede estimar aproximadamente midiendo el área afectada por el nivel de intensidad 3 o superior en km<sup>2</sup> y tomando el logaritmo (Linkimer, 2008). Una estimación más precisa se basa en el desarrollo de funciones de calibración regionales derivadas utilizando muchos radios isoseismales. (Ambraseys y Douglas, 2004). Estos enfoques permiten estimar magnitudes para terremotos históricos y relocalizarlos.

En el caso de los mecanismos focales, estos se calculan de forma rutinaria utilizando datos telesísmicos, pero persiste una ambigüedad ya que siempre son posibles dos planos de falla potenciales. La forma de las áreas de mayor intensidad generalmente se alarga a lo largo de la dirección del plano de falla activo y es aquí donde las isosistas pueden ayudar a seleccionar el plano correcto (Linkimer, 2008).

Debido a la historia relativamente larga de observaciones de intensidad macrosísmica (que a veces se remonta a varios siglos en algunas regiones), los mapas de isosistas pueden usarse para probar evaluaciones de peligros sísmicos comparando la frecuencia temporal esperada de diferentes niveles de intensidad, asumiendo que una evaluación es verdadera y la tasa observada de superación (Pecker *et al.*, 2017).

Consecuentemente, la obtención de un mapa de intensidades ante un sismo cobra relevancia, más aún si se consideran las ventajas que brindan actualmente los sistemas para la sismología en tiempo real (STR) (Pérez, 2014). En este sentido, se han realizado varios trabajos, destacándose la plataforma para el manejo de catálogos de intensidades sísmicas vía web (CERESIS, 2004), la propuesta de Sandoval *et al.* (2012) GENMAPS para la generación de mapas de intensidades sísmicas en tiempo real, el Shakemap (Worden *et al.*, 2016) y el Intensity\_Map (Palau *et al.*, 2019).

No obstante, lo anterior, en Cuba se siguen estimando las intensidades de forma manual. Actualmente, aunque se ha instalado una red acelerográfica en la provincia de

Santiago de Cuba, la más expuesta a sismos, no se ha logrado implementar el Shakemap debido a varios factores tecnológicos, organizativos y económicos.

Motivo por el cual, en el año 2019 se diseñó e implementó una herramienta computacional denominada Intensity\_Map, que permite estimar teóricamente las intensidades de los sismos. Esta herramienta se probó y validó con varios sismos para la región suroriental de Cuba y sus resultados fueron publicados en la Revista Mapping, quedando como principales recomendaciones su generalización a otras regiones del país y con un mayor número de eventos (Palau *et al.*, 2019).

Es así, que, al realizar una revisión de los mapas de intensidades sísmicas existentes en Cuba, se pudo concluir que solo contaban para algunos eventos realizados de forma manual basado en revisiones históricas, y dos recientes, en los años 2017 y 2020 respectivamente, a los cuales se les realizaron análisis macrosísmicos con la información del terreno, pero muy escueta, pues se utilizaron muy pocos puntos de información (CENAI, 2017, 2020).

Lo analizado, implica necesariamente contar con herramientas computacionales que de manera automática y en un tiempo *cuasi* real brinden resultados efectivos referidos a magnitud, parámetros hipocentrales, intensidad y posibles áreas dañadas por el sismo, lo que permitiría agilizar y concentrar los recursos.

Consecuentemente, el presente trabajo tuvo como **objetivo** aportar un nuevo catálogo macrosísmico de terremotos perceptibles en Cuba 2017 – 2020, a partir de mapas teóricos estimados de intensidades sísmicas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en esta investigación se sustentó en tres etapas: la primera consistió en la selección de la región de trabajo y los eventos que se utilizarían; en la segunda, se aplicó el *software* Intensity\_Map usando los datos de los estudios seleccionados y en la tercera se realizó una comparación entre los resultados teóricos y reales de los mapas de intensidades para dos eventos recientes.

### 2.1. Área de estudio y conjunto de datos

La región de estudio estuvo delimitada por: Lat. **N 18.4-23.2** y Lon. **O 73-83.3**, incluyendo así a Cuba y áreas cercanas. Se seleccionaron 12 sismos con sus respectivas coordenadas epicentrales (Latitud: Lat, Longitud: Lon), profundidad (Prof.) y magnitud (Mw), los cuales corresponden al período instrumental (ver Tabla 1).

La selección de estos sismos responde a que fueron los más representativos en cuanto a magnitud y perceptibilidad, también se tuvo en cuenta que en la escala ma-

crossísmica vigente en Cuba (EMS-98), los daños de grado 1 en algunos pocos edificios de clase de vulnerabilidad A y B pueden aparecer a partir del grado de intensidad 5 (Grünthal, 1998, p.18), que se corresponde a eventos de  $M_w \geq 4.3$  de acuerdo a las estimaciones teóricas que se obtienen con la herramienta Intensity\_Map (Palau *et al.*, 2019).

lo que se corresponde con los datos de la sismicidad histórica del país.

Por otra parte, los eventos fueron representados de acuerdo a los valores de magnitud y profundidad. Estos dos parámetros son muy importantes para el cálculo del campo macrosísmico y en ellos influye directamente la calidad de la detección de los sismos, específicamente los

Tabla 1. Terremotos perceptibles en Cuba con magnitud de momento  $M_w \geq 4.3$ . Fuente: (CENAI, 2021).

Eventos (Fecha)	Lat. Norte	Lon. Oeste	Prof. Km	Mw.	Eventos (Fecha)	Lat. Norte	Lon. Oeste	Prof. Km	Mw.
1/17/2017	19.690	-76.670	10	5.8	1/28/2020	19.340	-78.790	20	7.7
7/30/2017	23.230	-81.190	10	4.5	4/29/2020	20.170	-74.142	5	4.6
11/9/2017	19.577	-77.982	26	4.3	5/17/2020	19.717	-76.455	6.5	4.6
10/6/2018	20.069	-73.025	15	5.9	5/17/2020	19.738	-76.465	5	4.3
10/7/2018	20.028	-72.998	5	5.2	5/18/2020	19.699	-76.453	3.4	4.4

Sin embargo, estos eventos apenas cuentan con información macrosísmica determinada en el terreno, de ahí la importancia del nuevo catálogo que se presenta utilizando mapas de intensidades teóricas.

Otro aspecto, que se tuvo en cuenta fue la utilización de la  $M_w$  para todos los eventos, pues esta escala de magnitud ha probado ser más robusta ya que está relacionada con parámetros físicos de la fuente como el desplazamiento de la falla y la longitud de ruptura (Villalón y Palau, 2018).

La figura 1, muestra la distribución geográfica de los 12 eventos perceptibles durante el período de estudio. Como se puede apreciar, la mayoría se localizan en la parte oriental y sólo uno en la parte noroccidental de Cuba,

parámetros hipocentrales del foco. Los que se garantizan con alta precisión al contar con modelos de velocidades propios para la región (Moreno, Grandison, Atakan, 2002; Palau, Moreno y Blanco, 2006), un umbral de detección efectiva de la red sismológica (cualquier sismo de una  $M_w \geq 3$  puede ser registrado por al menos tres estaciones) (Palau *et al.*, 2018) y la determinación de la magnitud por momento ( $M_w$ ) como rutina para todos los eventos, lo que facilita el trabajo con el catálogo cubano en cuanto a estudios de peligrosidad sísmica (Villalón y Palau, 2018).

Ahora bien, si se consideran fijos los valores de magnitud, se cumple que a mayor profundidad mayor será el área de alcance de las isosistas, asimismo si se fija una profundidad determinada, a mayor valor de magnitud

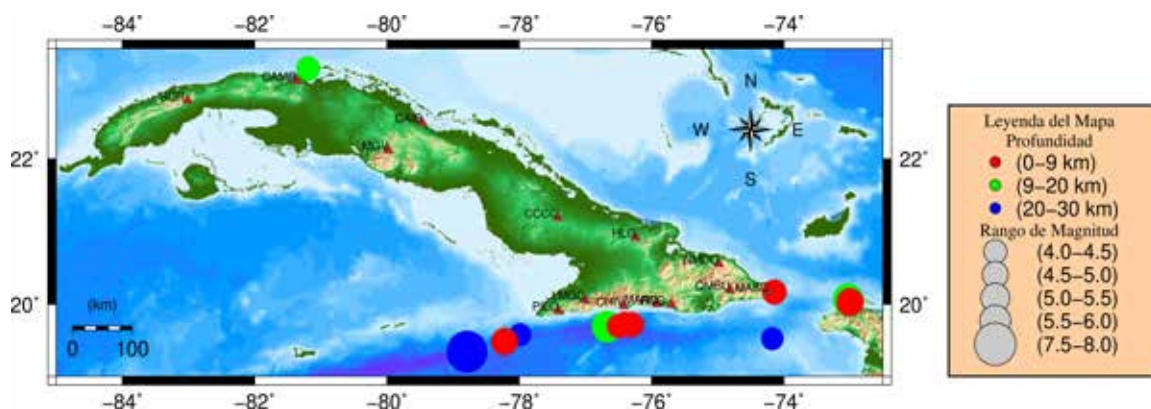


Figura 1. Mapa de Cuba con los 12 eventos perceptibles con  $M_w \geq 4.3$ , en el período 2017-2020. Fuente: Autores.

mayor será el alcance (Mahajan, Kumar y Arora, 2006). Esta relación para la región del Caribe fue propuesta por Álvarez y Chuy (1985) en la ecuación 1, basada en la ecuación de Kovesligethy, obtenida por Fedotov y Shumilina (1971) para la Kamchatka.

$$I=1.5 M-2.63 \log r-0.0087 r+2.5$$

donde  $r = (D_i^2 + h^2)^{1/2}$ , es la distancia hipocentral,  $h$  es la profundidad de foco,  $M$  la magnitud y  $D_i$  la distancia desde el epicentro al punto en que se calcula la intensidad  $I$ .

## 2.2. Herramienta computacional utilizada

En este trabajo se ha utilizado el *software* Intensity\_Map (Palau *et al.*, 2019) el cual está implementado en lenguaje de programación Perl sobre sistema operativo Linux y se apoya en el Generic Mapping Tools (GMT) (Wessel *et al.*, 2013) para optimizar la confección de los mapas. La herramienta permite estimar y generar cartográficamente las isosistas circulares correspondientes a un determinado sismo.

## 3. RESULTADOS Y DISCURSIÓN

A continuación, se muestran los resultados de aplicar el *software* Intensity\_Map a los 12 eventos previamente seleccionados del catálogo cubano de terremotos y reportados por el Servicio Sismológico Nacional de Cuba luego de su revisión final. Además, se discuten las diferencias y similitudes entre los valores de las escalas MSK y EMS-98, y se brindan algunos «tips» que permiten tomar decisiones a la hora de utilizar una u otra.

### 3.1. Mapas de intensidades con isosistas teóricas

Se muestran varios mapas de intensidades: las Figuras de la 2 a la 13 representan las intensidades con las isosistas teóricas que se obtienen de manera automática con el *software* Intensity\_Map.

Lo primero que se debe señalar, es que la Figura 2 muestra 51 puntos correspondiente a la información macrosísmica determinada en el terreno, resultado que no se pudo obtener para ninguno de los otros sismos. En la investigación de Palau *et al.* (2019), que antecedió a la que hoy se presenta, se analizaron e interpretaron algunas características propias del área, la cual manifiesta algunos efectos de sitio que favorecen la amplificación y atenuación de las ondas sísmicas.

En otro orden de ideas, hay que destacar que el nuevo catálogo macrosísmico que se presenta, corresponde a la última revisión y actualización del catálogo de sismos cubanos que se conserva en el Centro Nacional de Inves-

tigaciones Sismológicas (CENAI) (CENAI, 2021). Es válido realizar esta aclaración, debido a que usualmente la dinámica de trabajo del Servicio Sismológico Nacional Cubano (SSNC), implica que ante la ocurrencia de un sismo se emita un parte inmediato (Defensa Civil Nacional, Prensa Nacional y Medios de Comunicación) con los parámetros generales de localización y magnitud. Sin embargo, posteriormente estos parámetros se ajustan antes de almacenarlos en el catálogo final.

Es así que muchas veces, algunos investigadores asumen como datos oficiales los partes emitidos por la prensa en las primeras horas luego de ocurrido un sismo, considerando que los parámetros son totalmente correctos, cuando no es así. El catálogo cubano ya revisado y corregido se encuentra disponible en la web oficial del CENAI ([www.cenai.cu](http://www.cenai.cu)).

Por otra parte, los mapas muestran el valor exacto de intensidad correspondiente a cada color en cada punto representado. Esto constituye una ventaja sustancial para la interpretación de manera rápida y efectiva de los posibles efectos de un evento sísmico. En este aspecto los resultados coinciden con los de Sandoval *et al.* (2012), que basa su potencialidad en la vasta red de acelerógrafos con que cuenta México.

De igual manera, los mapas de intensidades que se obtienen coinciden en calidad con los obtenidos por Schmidt (2014) y Pérez (2014). También se debe destacar, que en la actualidad esto se ha convertido en un requerimiento de primer orden (Worden *et al.*, 2016), pues las imágenes que provee serán usadas posteriormente en el análisis, planeamiento y toma de decisiones por las autoridades correspondientes.

Asimismo, algo a destacar, es que en Cuba actualmente no existe ninguna herramienta que permita la creación automática y en tiempo casi real de los mapas de intensidades, ni tampoco un catálogo macrosísmico actualizado con los mapas de intensidades. Únicamente se cuenta con un catálogo macrosísmico hasta el año 1990 y un atlas de isosistas (Chuy, 1996).

Consecuentemente, el nuevo catálogo se constituye en herramienta imprescindible para la sismología que se desarrolla en Cuba. Estos resultados facilitan la interpretación de estimados de peligrosidad sísmica como la intensidad máxima en el foco del terremoto y la confección de los planes de reducción de riesgos por las autoridades competentes.

### 3.2. Comparación entre los resultados teóricos y reales de los mapas de intensidades

Las Tablas 2 y 3 muestran los resultados de las comparaciones entre los valores reales de intensidad obtenidos en el terreno y los teóricos obtenidos con la herramienta

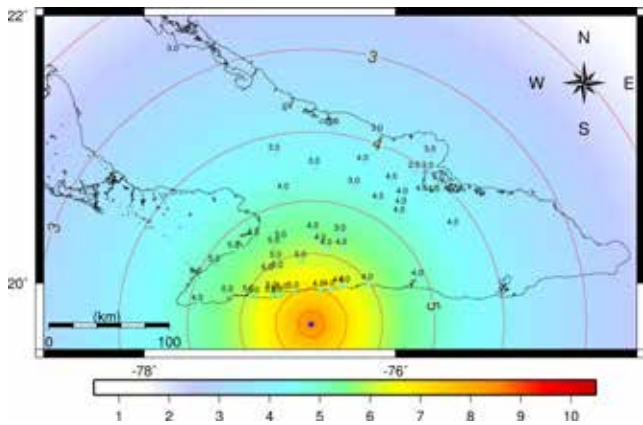


Figura 2. Isoisetas del terremoto del 17 de enero de 2017 ( $M_w = 5.8$ ).  
Fuente: Autores.

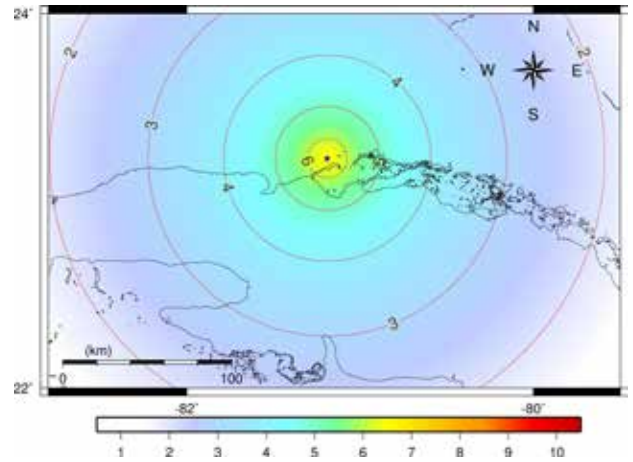


Figura 3. Isoisetas del terremoto del 30 de julio de 2017 ( $M_w = 4.5$ ).  
Fuente: Autores. ( $M_w = 4.5$ ). Fuente: Autores.

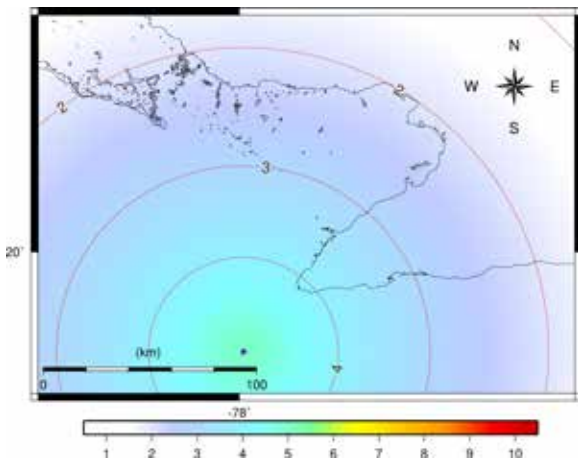


Figura 4. Isoisetas del terremoto del 9 de noviembre de 2017 ( $M_w = 4.3$ ).  
Fuente: Autores.

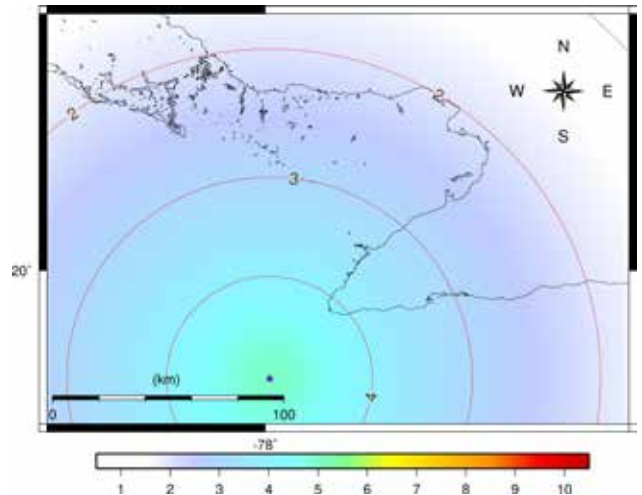


Figura 5. Isoisetas del terremoto del 6 de octubre de 2018 ( $M_w = 5.9$ ).  
Fuente: Autores.

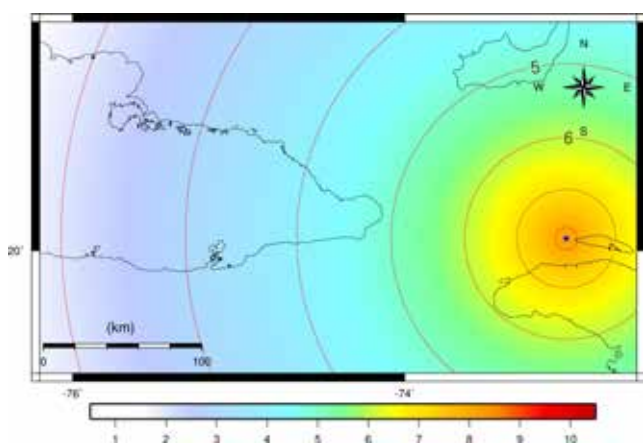


Figura 6. Isoisetas del terremoto del 7 de octubre de 2018 ( $M_w = 5.2$ ).  
Fuente: Autores.

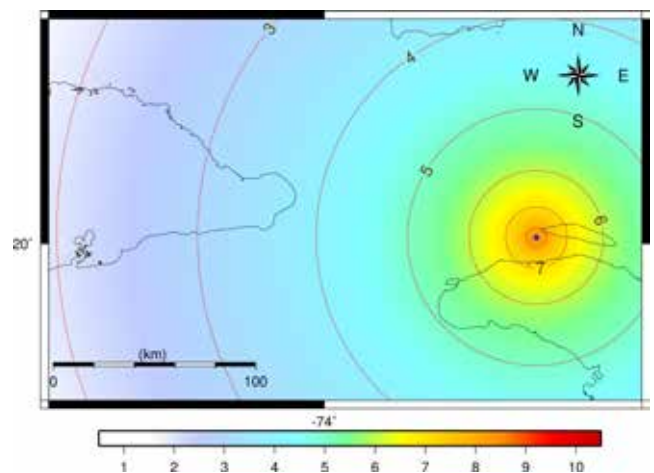


Figura 7. Isoisetas del terremoto del 5 de agosto de 2019 ( $M_w = 4.3$ ).  
Fuente: Autores.

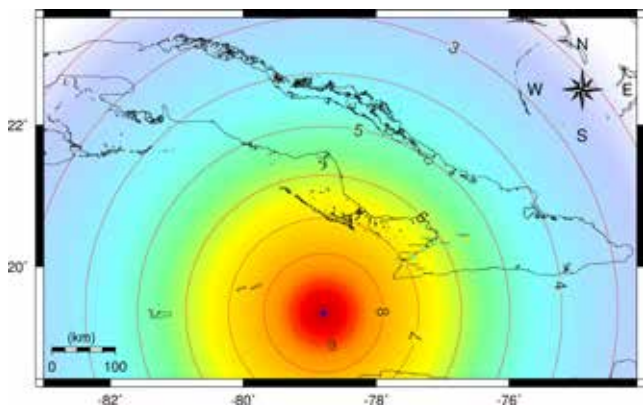


Figura 8. Isosistas del terremoto del 28 de enero de 2020, (Mw = 7.7).  
Fuente: Autores.

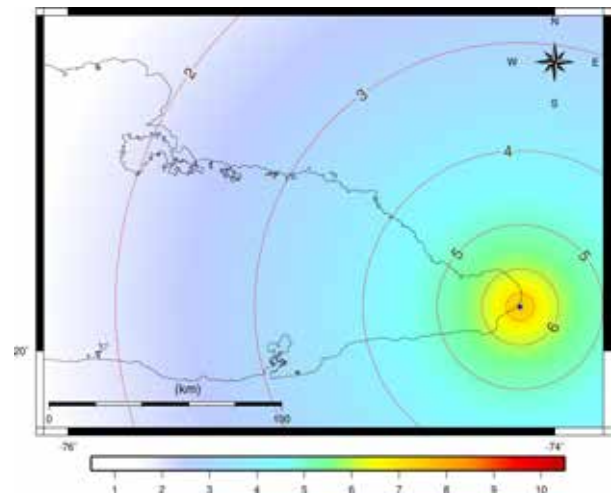


Figura 9. Isosistas del terremoto del 29 de abril de 2020 (Mw = 4.6).  
Fuente: Autores.

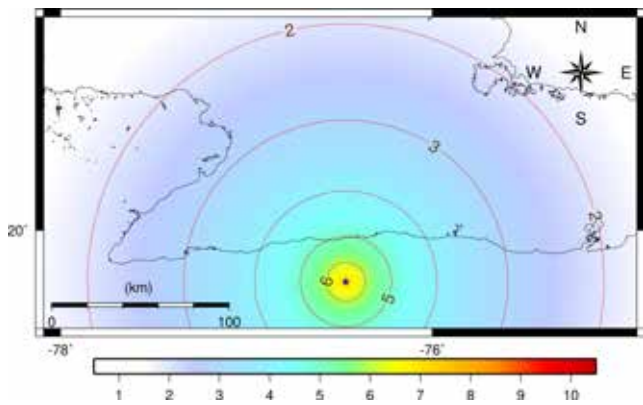


Figura 10. Isosistas del terremoto del 17 de mayo de 2020 (Mw = 4.3).  
Fuente: Autores.

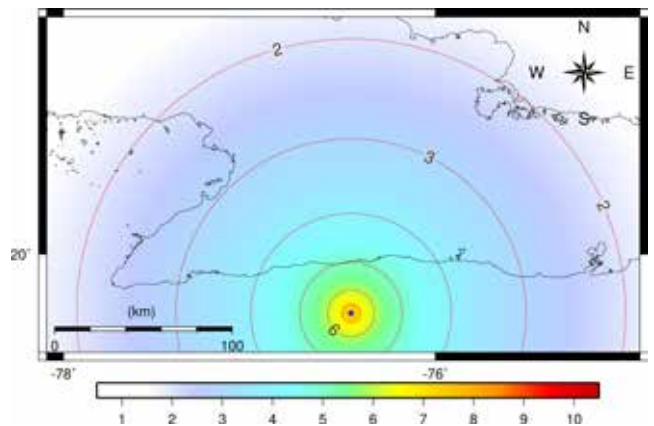


Figura 11. Isosistas del terremoto del 17 de mayo de 2020 (Mw = 4.6).  
Fuente: Autores.

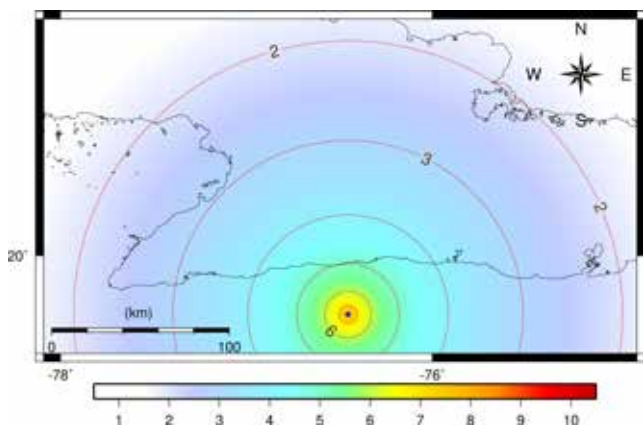


Figura 12. Isosistas del terremoto del 18 de mayo de 2020 (Mw = 4.4).  
Fuente: Autores.

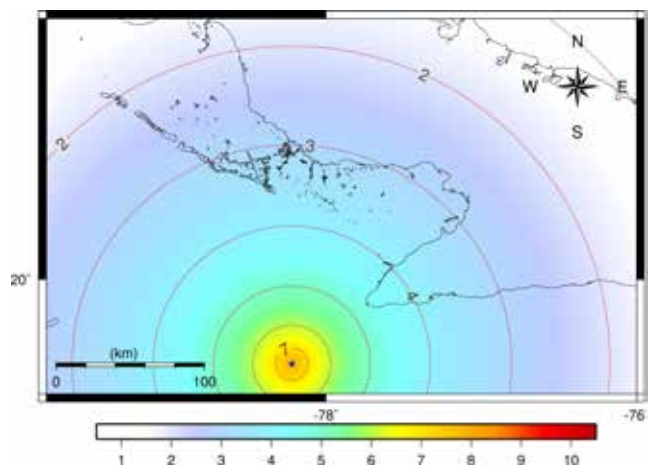


Figura 13. Isosistas del terremoto del 24 de julio de 2020 (Mw = 4.4).  
Fuente: Autores.

computacional y mostrados en las figuras 2 y 8 respectivamente, además muestra en detalle todos los puntos (Localidad) que fueron visitados por el equipo que realizó el levantamiento macrosísmico.

En la Tabla 2 se muestra la comparación entre los resultados teóricos y reales del evento del 17/01/2017, y en la Tabla 3, la comparación entre los resultados teóricos y reales del evento del 28/01/2020, donde:

**$I_r$ : Intensidad real, percibida por la población**  
 **$I_t$ : Intensidad teórica.**

Lo primero a señalar en los resultados que muestra la Tabla 2, es que este evento fue analizado anteriormente (ver Palau *et al.*, 2019, p.41), pero sólo se incluyeron 50 puntos hasta el valor de magnitud 3 y ahora se agregó un punto más con magnitud 2, que anteriormente no se conocía. Al analizar detalladamente, la estimación teórica coincide con la real en 15 puntos para un 30% de efectividad, lo que coincide con los resultados previos ya comentados. Sin embargo, al agregar el nuevo punto esta efectividad baja hasta un 28 %. En el caso de la Tabla 3 los valores coinciden en un sólo punto para una efectividad de 12.5%.

Por otra parte, en lo relacionado al evento de enero del 2017, cuando se realizó el primer análisis y se publicaron (Palau *et al.*, 2019, p.40), la efectividad se determinó considerando la escala MSK que es la que usa la herramienta computacional y era la vigente para los otros eventos analizados anteriores al del 2017. Sin embargo, los puntos macrosísmicos del evento en cuestión se obtuvieron usando la Escala EMS-98, actualmente vigente en Cuba. Este error asociado a los valores inciertos de la escala (4-5 MSK y 6-7 MSK) (Grünthal, 1998), para nada desestima los resultados del artículo previo, pues el objetivo fue validar la herramienta computacional comparándola con otra existente, y con ambas se utilizó el mismo criterio por lo que el error no influyó.

Otro aspecto importante, que no se puede obviar, es el factor humano. Si se considera que durante casi 30 años en Cuba se estuvo utilizando la escala MSK en los levantamientos macrosísmicos, es de suponer, que en algunos casos los especialistas cometan sesgos en la evaluación *in situ* de los daños al realizar las encuestas macrosísmicas. Es decir, en ocasiones evalúan utilizando la escala MSK y no la EMS-98 vigente. Algo similar, ocurre en el trabajo de Rosabal *et al.* (2021), quienes, aunque analizan un evento del año 2018, lo evalúan a partir de la escala MSK y no EMS-98.

Sobre este particular, se sugiere realizar encuestas y talleres a los especialistas e investigadores que realizan

esta actividad, con el objetivo de identificar los posibles sesgos y corregirlos en la práctica. Aquí se pudiera utilizar el software Intensity\_Map como instrumento didáctico (Salgado *et al.*, 2014) para ejemplificar situaciones de eventos sísmicos. También podría aplicarse para detectar anomalías en la propagación de las ondas sísmicas en diferentes regiones, según lo sugerido por Cauzzi *et al.* (2014).

Ahora bien, en la presente investigación, sí se hace necesario corregir la incertidumbre en algunos valores al aplicar la escala MSK y EMS-98, pues el análisis de estos resultados, influye directamente en la actualización del catálogo macrosísmico cubano. Primero hay que precisar que Grünthal (1998) sugiere no realizar transposiciones de una escala a otra debido a lo complicado que pudiera ser la interpretación posterior. Sin embargo, da pautas válidas para en caso necesario asociar algunos valores entre las escalas MSK y EMS-98.

Por ejemplo: en «la mayoría de los casos no debería haber dificultad al convertir los valores MSK directamente en valores EMS. La diferencia más típica es que algunos valores inciertos tales como 4-5 MSK o 6-7 MSK seguramente serían asignados como 4 EMS o 6 EMS» (Grünthal, 1998, p.54). Asimismo: «A efectos prácticos, doce grados de intensidad deberían ser suficientes, y se recomienda que los usuarios no inviertan tiempo tratando de interpolar grados intermedios, aun en los casos donde tales grados puedan ser distinguidos. La práctica más robusta y simple es la de redondear hacia el grado inferior todas las intensidades "fraccionales" para obtener el valor entero de intensidad correcto. Por lo tanto, los efectos que correspondan a un grado intermedio entre 6 y 7 deberían asignarse a un valor 6 EMS» (Grünthal, 1998, p.61).

Considerando lo anterior, relacionado a las dos escalas, se pudo determinar nuevamente la efectividad en cuanto a la coincidencia de los valores teóricos y reales en ambos eventos. Si se observa la Tabla 2, aumentan los puntos de coincidencia hasta 44 (marcados en negrita), lo que establece el valor de efectividad en 86.27%. En el caso del evento del 2020 ocurre algo similar (ver Tabla 3), los puntos de coincidencia de valores de intensidad aumentan hasta seis (marcados en negrita) para una efectividad del 87.5%. Resultados similares, pero usando los mapas de isoaceleraciones fueron obtenidos por Rosabal *et al.* (2021), quienes establecen una correspondencia entre las aceleraciones reales y los valores de intensidad reales.

En otro orden de ideas, hay que señalar que en la zona donde se realizaron los estudios macrosísmicos correspondientes a los eventos del 17/01/2017 y 28/01/2020, se ha documentado en varias investigaciones (Gutiérrez, 2017; Palau *et al.*, 2019) la existencia de efectos de sitio que provocan la amplificación o atenuación de las ondas sísmicas y por consiguiente valores de Intensidad, que no



Lat N	Lon W	Localidad	IR	IT		Lat N	Lon W	Localidad	IR	IT
20.070	77.006	Las Mercedes	6	6		20.502	75.958	Alto Cedro	4	4
20.087	76.927	Providencia	6	6		20.385	76.643	Bayamo	4	5
20.045	77.576	Niquero	5	5		20.298	76.585	San Lorenzo	4	5
20.137	77.430	Media Luna	5	5		20.258	76.537	Guisa	4	5
20.239	77.276	Campechuela	5	5		20.261	76.418	Charco Redondo	4	5
20.335	77.117	Manzanillo	5	5		20.678	76.882	Vado del Yeso	4	4
19.906	77.324	Pilón	5	5		20.665	75.777	Guaro	4	4
19.911	77.155	Mota Uno	5	6		20.747	75.648	Guatemala	4	4
19.899	77.115	Camaroncito	5	6		20.660	75.679	Mayarí	4	4
19.904	76.980	Magdalena	5	6		20.653	75.534	Levisa	4	4
19.936	76.972	Macagual	5	6		20.410	75.531	Mayarí Arriba	4	4
19.904	76.928	La Palmita	5	6		20.568	75.944	Marcané	4	4
19.926	76.890	La Plata	5	6		20.643	75.934	Cueto	4	4
19.936	76.802	Ocujal	5	6		20.754	76.018	Baguanos	4	4
20.167	76.744	Minas de Buey Arriba	5	6		20.891	76.251	Holguín	4	4
20.167	76.94	Bartolomé Maso	5	5		20.868	76.633	Buenaventura	3	4
20.273	76.956	Yara	5	5		20.720	76.318	Cacocún	3	4
20.316	76.900	Veguitas	5	5		21.164	76.482	Jesús Menéndez	3	3
19.946	76.598	Uvero	4	7		21.114	76.132	Gibara	3	3
19.953	76.514	Bayamita	4	6		20.960	75.711	Banes	3	3
19.978	76.440	Calentura	4	6		20.836	75.730	Antilla	3	4
19.981	76.394	Chivirico	4	6		20.368	76.429	Jiguaní	3	5
19.998	76.212	El Francés	4	6		20.968	76.953	Las Tunas	3	4
20.028	75.809	Santiago de Cuba	4	5		21.711	77.758	Cubitas	3	2
20.606	76.124	Urbano Noris	4	4		20.839	75.838	Deleite	2	4
19.84	77.563	Cabo Cruz	4	5						

Tabla 3. Comparación entre los resultados teóricos y reales del evento del 28/01/2020. Fuente: Autores.

Lat N	Long W	Localidad	IR	IT
20.045	77.576	Niquero	6	7
20.385	76.643	Bayamo	6	6
19.966	77.416	Sevilla	6	7
19.906	77.324	Pilón	6	7
20.137	77.430	Media Luna	5	7
20.239	77.276	Campechuela	5	6
20.335	77.117	Manzanillo	5	6
20.273	76.956	Yara	5	6

se corresponden con los estimados para algunos puntos determinados.

Otro factor que influye en que no haya una mayor coincidencia entre los valores reales y estimados, es que la cantidad de puntos macrosísmicos con los que se cuenta es poca, y no permite ajustar nuevas ecuaciones de atenuación para la región suroriental de Cuba. Lamentablemente, por cuestiones económicas no siempre se pueden visitar todas las localidades donde se tuvo reportes de perceptibilidad o daños.

No obstante, actualmente se están desarrollando herramientas de consulta vía web y aplicaciones para celulares con sistema Android, para obtener mayor información. Que por supuesto, este proceso no es inmediato, pues requiere capacitar a los responsables de aglutinar los datos en cada localidad. De lo contrario los reportes no serán confiables.

## 4. CONCLUSIONES

El nuevo catálogo macrosísmico de terremotos perceptibles, permite visualizar los valores teóricos de intensidades, lo que facilita la toma de decisiones a las autoridades pertinentes, pudiéndose considerar como una alternativa factible al no realizarse la macrosísmica correspondiente a cada evento perceptible en Cuba.

Además, complementa las evaluaciones del campo macrosísmico de Cuba a partir de interpretar el comportamiento de la atenuación sísmica, con fines de mejorar los estimados de peligrosidad sísmica.

Los resultados evidencian la factibilidad de Incluir el *software* Intensity\_Map en la rutina diaria del Servicio Sismológico-

co Nacional Cubano, para que de manera automática se generen los mapas de intensidades teóricos ante la ocurrencia de un sismo. Lo que puede servir de apoyo a los especialistas en las expediciones macrosísmicas para saber a qué zonas dirigirse inicialmente y en qué valores de intensidad deberían enfatizar la búsqueda.

## 5. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar nuevos estudios geofísicos y sismológicos para caracterizar mejor los posibles efectos de sitio principalmente en el suroeste de la región oriental de Cuba. Además, analizar la posibilidad de convertir los valores de intensidad teóricos y reales en aceleraciones para generar un nuevo mapa y compararlo con los datos de la red de acelerógrafos de Santiago de Cuba.

Sería prudente recalculer los coeficientes de la ecuación del campo macrosísmico para el Caribe propuesta por Álvarez y Chuy (1985), a partir de los valores de intensidad reportados en los eventos recientes, utilizando la escala EMS-98, con el objetivo de optimizar el ajuste entre las estimaciones teóricas y los valores reales macrosísmicos.

## 6. REFERENCIAS

- Álvarez, J.L. y Chuy, T.J. (1985). Isoleismal model for Greater Antilles. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on the Analysis of Seismicity and Seismic Risk, Liblice Castle, Czechoslovakia, pp. 134-141.
- Ambraseys, NN. y Douglas, J. (2004). Magnitude calibration of north Indian earthquakes. Geophys. J. Int. 159, 165–206. Doi: 10.1111 / j.1365-246X.2004.02323.x. [Consultado el: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://academic.oup.com/gji/article/159/1/165/576014>
- Arango, ED., González, OF., Palau, R. y Arias, M. (2017). Evaluación del comportamiento de la actividad sísmica de Corralillo, Villa Clara, Cuba iniciada el 9 de enero de 2014. Ciencias de la Tierra y el Espacio. Vol.18, No.1, enero-junio, pp.71-85. [Consultado el: 12 de diciembre de 2021]. Disponible en: [http://www.iga.cu/wp-content/uploads/2019/05/actividad.sismica.corralillo.cuba\\_.pdf](http://www.iga.cu/wp-content/uploads/2019/05/actividad.sismica.corralillo.cuba_.pdf)
- Bolt, BA. (1982). Terremotos. Editorial Reverté, Barcelona. ISBN 978-84-291-4602-8. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: [https://www.reverte.com/libro/terremotos\\_91636/](https://www.reverte.com/libro/terremotos_91636/)
- Cauzzi, C., Edwards, B., Fäh, D., Clinton, J., Wiemer, S., Kästli, P. y Giardini, D. (2014). New predictive equations and site amplification estimates for the next-generation Swiss ShakeMaps. Geophys. Jour. Int. Vol. 200, No.1, pp. 421-438. [Consultado el: 15 de enero de 2022]. Disponible en: <https://academic.oup.com/gji/article/200/1/421/576014>

- com/gji/article/200/1/421/753291?login=false
- CENAI: Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. (2017). Informe sobre macrosísmica realizada para el sismo del 17 de enero de 2017. Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.cenais.cu>
- CENAI: Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. (2020). Informe sobre macrosísmica realizada para el sismo del 28 de enero de 2020. Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.cenais.cu>
- CENAI: Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. (2021). Sismicidad registrada en el territorio nacional. Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.cenais.cu/cenais/index.php/cronologia-de-notas-informativas/#>
- CERESIS: Centro regional de sismología para América del Sur. (2004). Desarrollo de una plataforma en software libre para el manejo de catálogos de intensidades sísmicas vía web. [Consultado el: 18 de diciembre de 2021]. Disponible en: <http://www.ceresis.org/descargas/proyectos-ejecutados/DESARROLLO-DE-UNA-PLATAFORMA-EN-SOFTWARE-LIBRE-INTENSIDADES.pdf>
- Chuy, T.J. (1996). Atlas de Isosistas de las Antillas Mayores. Reporte de Investigación. Fondos del CENAI. Categoría de Mención en XI Fórum Nacional de Ciencia y Técnica, 1996.
- Chuy, T.J. (1999). Macrosísmica de Cuba y su aplicación en los estimados de Peligrosidad y Microzonación sísmica. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Geofísicas. Fondos del Ministerio de Educación Superior (MES) y del CENAI. Cuba. [Consultado el: 4 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.cenais.cu/cenais/index.php/tesis-de-grado-cientifico/>
- Cotilla, M.O., Córdoba, D. y Álvarez, L. (2021). Historia de la sismicidad del segmento Islas Caimán-Cabo Cruz (Cuba), en el marco de la zona de entre placas Norteamérica-Caribe. Revista Tierra, Vol. 1, No.1, pp.1-11. [Consultado el: 25 de abril de 2022]. Disponible en: [https://revistatierra.unan.edu.ni/index.php/revista\\_tierra/article/view/25](https://revistatierra.unan.edu.ni/index.php/revista_tierra/article/view/25)
- Fedotov, S.A. y Shumilina, L.S. (1971). Sacudibilidad Sísmica de la Kamchatka. Noticias de la AC de la URSS, Fizika Zemli. No.9, pp. 3-15.
- Ghosh, G.K. y Mahajan, A.K. (2013). Intensity attenuation relation at Chamba-Garhwal area in north-west Himalaya with epicentral distance and magnitude-Jour. Eart. Syst. Sc. Vol.122, No.1, pp. 107-122. [Consultado el: 15 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013JESS..122..107G/abstract>
- Gorina, A., Alonso, I. y Salgado, A. (2017). Visualización de información y de conocimiento en la formación universitaria. Un acercamiento desde la pedagogía. Revista Conrado, Vol.13, No. 59, pp.7-15. [Consultado el: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/513>
- Gutiérrez, A. (2017). Evaluación de riesgo por licuefacción en los municipios de Guamá, tercer Frente y Contra maestre de la provincia de Santiago de Cuba. Trabajo de Diploma para optar por el título de Ingeniero Geólogo. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa «Dr. Antonio Núñez Jiménez», Facultad de Geología y Minería Departamento de Geología. [Consultado el: 25 de enero de 2022]. Disponible en: <https://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1207/TesisAlisneydisGutierrez.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Grünthal, G. (1998). European Macroseismic Scale 1998, EMS-98. Conseil de L'Europe Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Vol.15, Luxembourg. 99p. [Consultado el: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: [https://www.franceseisme.fr/EMS98\\_Original\\_english.pdf](https://www.franceseisme.fr/EMS98_Original_english.pdf)
- Linkimer, L. (2008). Application of the Kriging Method to Draw Isoleismic Maps of the Significant 2002-2003 Costa Rican Earthquakes. Revista Geológica de América Central, 38, pp. 119-134. [Consultado el: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/4220/4044>
- Mahajan, A.K., Kumar, N. y Arora, B. (2006). Quick Look Isoseismic Map of October 2005 Kashmir Earthquake (PDF), Current Science, 91 (3): 356-361, JSTOR 24094145. [Consultado el: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/24094145>
- Medvedev, S.V. (1968). Escala Internacional de Intensidad Sísmica. [en ruso]. En: Regionalización Sísmica de la URSS, Nauka, Moscú.
- Moreno, M., Grandison, M. y Atakan, K. (2002). Crustal velocity model along the southern Cuban margin: implications for the tectonic regime at an active plate boundary, Geophysical Journal International, Volume 151, Issue 2, November, pp.632-645. [Consultado el: 10 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2002.01810.x>
- ONN: Oficina Nacional de Normalización. (2017). Norma Cubana NC 46:2017: Construcciones Sismorresistentes. Requisitos Básicos para el Diseño y Construcción.
- Palau R., Moreno, B. y Blanco MA. (2006). Modelo de velocidades sísmicas de Cuba Oriental. Revista Geológica de América Central, No. 34-35, pp.109-119. [Consultado el: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: [http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2006\\_PalauClares\\_Modelo%20de%20vel%20sismicas%20de%20Cuba%20Oriental.pdf](http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2006_PalauClares_Modelo%20de%20vel%20sismicas%20de%20Cuba%20Oriental.pdf)
- Palau, R., Porras, J.L., Chuy, T.J. y Salgado A. (2019). Estimación cartográfica de las intensidades de terremotos ocurridos en la región suroriental de Cuba. Mapping: Revista Internacional de Geomática y Ciencias de la Tierra. No.196, mayo-junio, pp. 34-43. [Consultado el: 10 de noviembre

- de 2021]. Disponible en: <http://ojs.revistamapping.com/index.php?journal=MAPPING&page=article&op=view&path%5B%5D=206>
- Palau, R., Tuan, TT. y Salgado, A. (2018). Determinación automática del umbral de detección de una red sísmológica. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. Vol.12, No.3, julio-septiembre, pp.78-92. [Consultado el: 10 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=1671&path%5B%5D=644>
- Pecker, A., Faccioli, E., Gurpinar, A., Martin, C. y Renault, P. (2017). Una descripción general del proyecto de investigación SIGMA. Ingeniería geotécnica, geológica y sísmica. Springer International Publishing, pp. 141-146. Doi: 10.1007/978-3-319-58154-5\_8.
- Pérez, L. (2014). Implementación y afinación de ShakeMap para Latinoamérica. El caso de Panamá. [Consultado el: 20 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/266080847,Doi:10.13140/2.1.3156.0967>
- Porras, JL. (2017): Atenuación sísmica en Costa Rica a partir de intensidades y Coda Q. Tesis para optar por el grado académico de Licenciado en Geología. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Julio. Costa Rica.
- Rosabal, SY., Palau, R., Cutié, M., Oliva, R., Rivera, Z. y Villalón, M. (2021). Aceleraciones del terremoto del 27 de febrero de 2018 obtenidas por la red acelerográfica de la ciudad de Santiago de Cuba. *Revista Minería y Geología*, Vol. 37, No. 3, pp. 274-284. [Consultado el: 25 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2235/223568401002/223568401002.pdf>
- Salgado, A., Alonso, I. y Gorina, A. (2014). Ejemplificación de la solución algorítmica de problemas de programación computacional. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*. Vol. 5, No. 4, octubre-diciembre, pp. 15-36. [Consultado el: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://revistas.ult.edu.cu/index.php/didascalia/article/view/319/317>
- Salgado, A. Palau, R., Chuy, TJ. y Rosabal, SY. (2021). Herramienta computacional para la gestión de mapas de intensidades sísmicas en tiempo real. XV Congreso de Informática y Geociencias, GEOINFO 2021. IX Convención Internacional de Ciencias de la tierra «Geociencias´2021». Cuba.
- Salcedo, E. de J., Blandón, JC. y Ríos, L. (2021). Reevaluación de intensidades macrosísmicas del terremoto del 07 de junio de 1925 en Colombia. *Boletín de Geología*, 43(3), 35-61. [Consultado el: 8 de julio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revbol.v43n3-2021002>
- Sandoval, H., Alcántara, L., Arroyo, D., Delgado, MR., Ordaz, M., Pérez, C., Quiroz, A. y Ruiz, AL. (2012). Generación de mapas de intensidades sísmicas en tiempo real para el territorio nacional. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/Bancodelimagenes/Documents/mapasdeintensidad.pdf>
- Schmidt, V. (2014). Ecuaciones predictivas del movimiento del suelo para América Central, con datos de 1972 a 2010. *Rev. Geol. Amér. Central*. No.50, pp.7-37. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45433962001>
- Villalón, M. y Palau, R. (2018). Relaciones empíricas entre las magnitudes mb/Ms, Ms/Mw y mb/Mc para el área de Cuba, Jamaica y La Española. *Minería y Geología*, 34(2), pp. 167-176, abril-junio. [Consultado el: 5 de noviembre de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Raul-Palau-Clares-2/publication/326782345\\_Relaciones\\_empiricas\\_entre\\_las\\_magnitudes\\_mbMs\\_MsMw\\_y\\_mbMc\\_para\\_el\\_area\\_de\\_Cuba\\_Jamaica\\_y\\_La\\_Espanola/links/5be1b5dc92851c6b27ab0bf3/Relaciones-empiricas-entre-las-magnitudes-mb-Ms-Ms-Mw-y-mb-Mc-para-el-area-de-Cuba-Jamaica-y-La-Espanola.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Raul-Palau-Clares-2/publication/326782345_Relaciones_empiricas_entre_las_magnitudes_mbMs_MsMw_y_mbMc_para_el_area_de_Cuba_Jamaica_y_La_Espanola/links/5be1b5dc92851c6b27ab0bf3/Relaciones-empiricas-entre-las-magnitudes-mb-Ms-Ms-Mw-y-mb-Mc-para-el-area-de-Cuba-Jamaica-y-La-Espanola.pdf)
- Wessel, P., Smith, WHF., Scharroo, R., Luis, J. y Wobbe, F. (2013). Generic Mapping Tools: Improved version released, *Eos*, Vol. 94, No. 45, 5 November, pp.409-420. Doi: 10.1002/2013EO450001. [Consultado el: 10 de enero de 2022]. Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2013EO450001>
- Worden, BC., Wald, DJ., Quitoriano, V. y Pankow, KL. (2016). ShakeMap Manual Online: technical manual, user's guide, and software guide, U.S. Geological Survey. [Consultado: 10 de enero de 2022]. Disponible en: [usgs.github.io/shake-map,Doi:10.5066/F7D21V PQ](https://usgs.github.io/shake-map,Doi:10.5066/F7D21V PQ)

## Sobre los autores

### Antonio Salgado Castillo

Licenciado en Ciencia de la Computación y Máster en Neurofísica y Neuroingeniería. Doctor en Ciencias por la Universidad de Oriente, Cuba. Autor de varias publicaciones en revistas y eventos internacionales. Se desempeña como Investigador Auxiliar en el Grupo de Física de los Terremotos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Cuba.

### Raúl Palau Clares

Licenciado en Física y Máster en Ciencias de la Computación. Aspirante a Doctor en Ciencias Geofísicas por el Instituto Superior José Antonio Echavarría, Cuba. Autor de varias publicaciones en revistas y eventos internacionales. Se desempeña como Investigador Auxiliar en el Grupo de Física de los Terremotos en el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Cuba.