

HISTORIA SOBRE LA SISMOLOGÍA DEL CARIBE SEPTENTRIONAL

*Mario Octavio COTILLA RODRÍGUEZ**

Abstract

The work includes briefly the seismological history of over 500 years on the North Caribbean. In this segment have been determined approximately 100 strong earthquakes and 28 tsunamis with important economic damages. The estimated maximum magnitude was 8.2. The main features and differences of the insular countries are exposed. They are seismic actives, but with very limited economic resources.

Key words: *Caribbean, History, Seismology.*

Resumen

El trabajo recoge brevemente la historia de más de 500 años sobre la sismología del Caribe Norte. En este segmento han ocurrido aproximadamente 100 terremotos fuertes y 28 tsunamis, que han producido un importante número de muertos ($\sim 10^6$) y cuantiosas pérdidas económicas. La magnitud máxima estimada ha sido de 8.2. Se muestran las principales características y diferencias de los países, todos insulares, de una región sísmicamente activa, pero con muy limitados recursos económicos.

Palabras clave: *Caribe, historia, sismología.*

Introducción

La principal intención del trabajo es mostrar, brevemente, el surgimiento de la Sismología en el segmento del Caribe Norte, su evolución histórica, las principales personalidades e instituciones científicas en este campo, el estado actual de las investigaciones, y las principales fuentes bibliográficas que

* Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España, correo electrónico: macot@ucm.es

pueden ser de utilidad para tareas de estudio y preparación de especialistas y autoridades gubernamentales. Éste es el primer trabajo que expone estos datos para el conjunto de países de esta región.

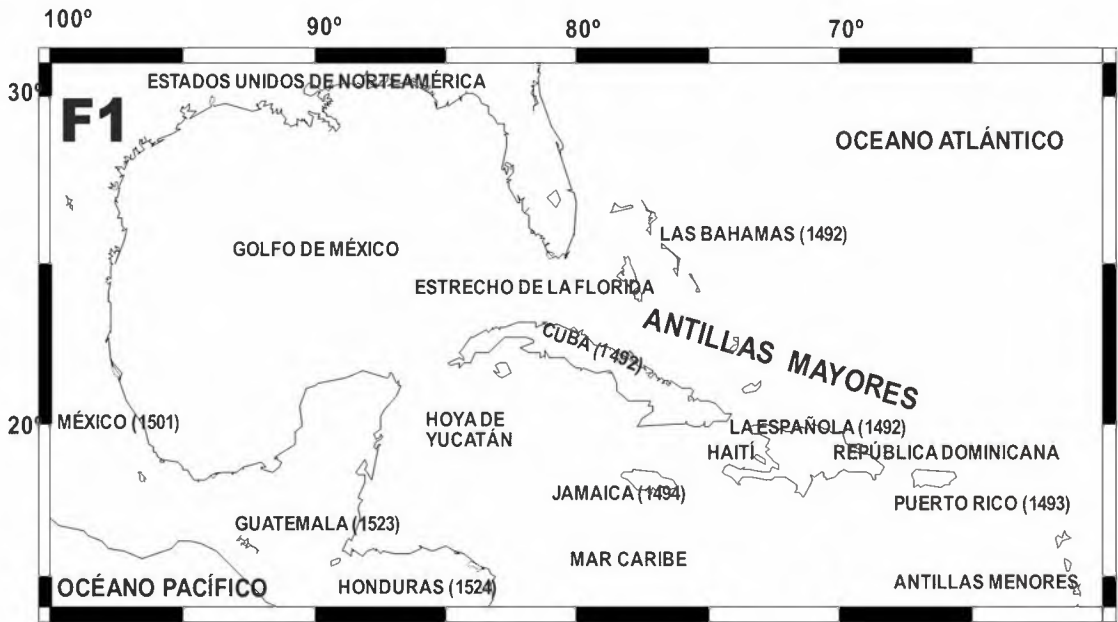


Figura 1. El Caribe. El año del descubrimiento aparece entre paréntesis acompañando al nombre del país.

El Caribe Septentrional (Figura 1) está formado por un conjunto de archipiélagos e islas, independientes y con niveles socio-económicos y culturales diversos. El conjunto se ha denominado Arco de la Antillas Mayores. Los países que le constituyen son: Cuba (C), Haití (H), Jamaica (J), Puerto Rico (P), y República Dominicana (D). El caso de D y H es único en el Caribe; ya que están incluidos en la misma isla, La Española, pero desde siempre han tenido sociedades distintas. En el trabajo hemos incluido a Islas Caimán (I) por su localización espacial y la importancia regional de los eventos sísmicos asociados a ellas. Las costas de estos países son bañadas por el Mar Caribe. Éste tiene una superficie de 2,763,800km²; y en él hay dos fosas marinas profundas: 1) Puerto Rico (8,340m), 2) Oriente (7,686m), pero con características diferentes.

El término Antillas proviene del portugués (Antilha). A esta región se le conoció inicialmente también como Islas Caribes (de significado caníbal). Hay un total de 700 islas, y aclaramos que se incluye en esa banda a Las Bahamas; primer sitio donde arribó Cristóbal Colón en 1492, y que por lo general se desconoce.

En la Tabla 1 se indican, por países, los datos sobre: año del descubrimiento, área, capital, idioma, población, y Producto Interior Bruto (PIB).

Este último término se entiende como el valor de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de una nación en un año determinado. Las informaciones se tomaron, principalmente, de dos instituciones: Fondo Monetario Internacional, y Banco Mundial, de los años 2010 y 2011. En la Tabla 2 están los datos físico-geográficos más relevantes. El conjunto de informaciones se obtuvo, en su mayoría, a partir de las siguientes fuentes: Abbad (1970); Alcedo (1786, 1826); Anuario Estadístico de Cuba (2000); CIAT (1988); CIESIN (2005); IHSI (1997); Martínez Barrios (1946); Oficina Nacional de Estadística de República Dominicana (2002); Pichardo (1854); Population Census of Jamaica (2001); y US Census Bureau of Puerto Rico (1990). Toda esta información la consideramos muy importante, no sólo para ilustrar al lector, sino para evitar errores detectados, por el autor, en no pocas exposiciones orales y escritas sobre la región, al referirse a ella de forma incorrecta. Por ejemplo, decir que el Caribe es Suramérica.

Tabla 1
Datos socio-económicos sobre las islas del Caribe Septentrional

<i>País</i>	<i>Año del descubrimiento / Año de la Independencia</i>	<i>Colonizado por / Idioma / Capital</i>	<i>Población (10⁶) habitantes / PIB nominal per cápita USD (año)</i>
Cuba	1492 / 1898	España / Español / Ciudad de La Habana	11.177/57,490 (2010)
Haití	1492 / 1804	Francia / Francés / Puerto Príncipe	7.939/7,346 (2011)
Islas Caimán	1503 / -	Inglaterra / Inglés / George Town	0.35/35,000 (2010)
Jamaica	1494 / 1962	Inglaterra / Inglés / Kingston	3.505/14,440 (2011)
República Dominicana	1492 / 1865	España / Español / Santo Domingo	8.265/93,230 (2011)
Puerto Rico	1493 / 1898	España / Inglés y Español / San Juan	3.835/96,210 (2010)

Nota: PIB= Producto Interior Bruto.

Desde el arribo, documentado (siglo XVI), de los primeros europeos a la región caribeña se ha reflejado y difundido, diferentemente, su actividad sísmica (AS). Toda esta parte septentrional ha sufrido fuertes terremotos y tsunamis. Sin embargo, la influencia de las tormentas tropicales (ciclones y huracanes) por sus mayores frecuencias de repetición, con respecto a los terremotos, por los grandes y graves daños, lamentables pérdidas humanas

que siempre llevan asociadas son más y mejor conocidas (Poey, 1855c). En este sentido existe una “cultura caribeña” muy arraigada en la sociedad de cómo proceder y protegerse en contingencias de este tipo. Así, los gobiernos, de un signo político u otro, destinan esfuerzos y recursos de acuerdo con su nivel económico. En la mayoría de esos países hay observatorios y universidades que estudian y siguen el surgimiento y desarrollo de los meteoros. No obstante, la ayuda de los Estados Unidos es fundamental para los sistemas de alerta e investigación.

Tabla 2
Datos físico-geográficos de las islas del Caribe Septentrional

	<i>Altitud máxima (m)</i>	<i>Área (km²)</i>	<i>Longitud de costas (km)</i>	<i>Longitud máxima (km)</i>	<i>Río principal</i>
Cuba	1,974	111,634	~5,750	~1,260	Cauto
Haití	3,175	26,876	1,771	~430	Artibonite
Islas Caimán	43	264	160	~50	—
Jamaica	2,230	11,060	800	243	Río Negro
República Dominicana	2,680	48,351	1,575	390	Yaque del Sur
Puerto Rico	1,338	9,104	501	150	El Grande de Loiza

El apoyo de los Estados Unidos también se percibe con el estudio y registro de la sismicidad del Caribe. Ellos han contribuido, diferentemente, con la creación de la denominada red MIDAS (Middle American Seismograph Consortium). Todos estos países caribeños están asociados a ella. También es importante la existencia de varias revistas científicas que cumplen el objetivo de divulgar, en cualquier idioma, los resultados obtenidos. El Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), de la Organización de los Estados Americanos (OEA) es el encargado de algunas de las revistas y también de financiar proyectos de investigación en la región. Aclaramos que C no pertenece a la OEA.

Es evidente, que un trabajo de este tipo tiene, siempre, una cierta carga subjetiva, de la que su autor es el único responsable. No obstante, enfrentar una tarea como ésta se justifica a partir de la cantidad de personas que viven en ese entorno (~40.10⁶), y por sus muy limitados recursos económicos. Además, la importante cantidad de referencias incluidas aquí, permiten al lector comprobar la fundamentación del trabajo.

Antecedentes

Grandes ideas y resultados científicos para el campo sismológico, en el sentido amplio del término, de alcance regional hay muchos en el contexto mundial. Entre ellos citamos: 1) Catálogo de terremotos de Europa (Kàrnik, 1969); 2) Escala de intensidades sísmicas MSK-1964; 3) Escala macrosísmica Europea de 1988; 4) Mapa sismotectónico de Europa (Buné *et al.*, 1970); 5) Red de Estaciones Sísmicas de Europa y Global (GEOFON). Consideramos que este conjunto es un buen modelo para el Caribe.

Europa, como conjunto de países independientes y desarrollados, es un ejemplo de redes de estaciones sísmicas permanentes y catálogos de terremotos (Moreira, 1984). Entre esos países están: Alemania, España, Italia y Francia. Todos ellos tienen también redes de estaciones locales y regionales, que no siempre enlazan con su red nacional. En ellos hay mapas de peligrosidad sísmica, mapas sismotectónicos, catálogos de isosistas, y catálogos de mecanismos focales (Henares Romero y López Casado, 2001; IGN, 1992; Mezcuca, 1982; Udías *et al.*, 1989). Sin embargo, son escasos los materiales comunes; así mencionamos que desde los trabajos de Buné *et al.* (1970), Gatinsky y Rundquist (2004), McKenzie (1972), Udías y Buforn (1991), y Udías *et al.* (1989) no abundan estudios de tipo regional que incluyan a la totalidad de Europa.

Es conocido que el PIB de estos países europeos es superior, con diferencia, a los del área del Caribe Septentrional. Ellos son países del denominado “Primer Mundo” y todos pertenecen a la Unión Europea, poseen instituciones y universidades de alto nivel, tienen revistas y carreras universitarias de la especialidad. En particular, Alemania y Francia que, sin ser países con una sismicidad significativamente alta, fabrican equipos sismológicos de excelente calidad.

Para el caso del Caribe y sus islas en específico, también existen no pocos estudios sobre la historia sísmica (Alcedo, 1786, 1826; Álvarez *et al.*, 1984, 1985, 1999; Asencio, 1980; Barr y Robson, 2007; Brown, 1907; Chuy y Álvarez, 1988; Cornish, 1908; Cotilla, 1999a, b, 2007; Cotilla y Córdoba, 2008, 2010a, b, 2011a; Cotilla y Udías, 1999a; Davidson, 1907; Delanoy, 1996; Eberhard *et al.*, 2010; Fielding, 1919; Fuller, 1907; Grases, 1974, 1990; Gutenberg y Richter, 1954; Hall, 1912, 1922; ISU; ISC; ISS; Iñiguez *et al.*, 1975; Lynch y Bodle, 1948; Lynch y Shepherd, 1995; Mallet, 1852-1854; McCann *et al.*, 2010; Montadon, 1962; Montessus de Ballore, 1894; Moreaus de Jonnes, 1822, 1829; Pacheco y Sykes, 1992; Pereira y Turnovsky, 1978; Perrey, 1843, 1845; Pichardo, 1854; Poey, 1855a, b, 1857; PRSN; Reid y Taber, 1919; Reyes, 1977; Robson, 1964; Robinson *et*

al., 1957; Rockwood, 1876, 1880; Sherer, 1912, 1914; Shepherd y Aspinall, 1980, 1983; Shepherd y Lynch, 1992; Shepherd *et al.*, 1986; 1993; Sykes y Ewing, 1965; Taber, 1920, 1922; Tippenhauer, 1893; Tomblin y Robson, 1977; Wiggins-Grandison, 1996, 2001), también de las zonas continentales (Centeno Grau, 1969; Fiedler, 1961; Morales, 1989; Rojas *et al.*, 1993; Schubert, 1994). Sin embargo, hasta este momento no había un trabajo donde se incluyesen datos que permitieran una comparación histórica y contemporánea.

Destacamos que, probablemente, la primera cooperación internacional por terremotos en América se produjo con el evento del 26 de marzo de 1812 de Venezuela. Conocidas las muy elevadas cifras de pérdidas humanas y económicas, Estados Unidos envió cuatro navíos con alimentos (Humboldt y Bonpland, 1807). Y uno de los primeros científicos que argumentó sobre la necesidad de realizar investigaciones conjuntas en el campo sismológico, para el Caribe y América del Sur, fue Andrés Poey (1868). Su exposición, netamente científica, a raíz del fuerte terremoto de 1868 en la región de Perú-Ecuador-Chile, la realizó en México. Sin embargo, las autoridades gubernamentales, de entonces, impidieron la tarea. No es hasta que en el cuarto final del siglo XX que se alzan voces en esa línea: Spilhaus (1975) escribió al respecto de las investigaciones geofísicas en América: "...los profesionales de este rico y variado campo, que trasciende los límites de las disciplinas científicas y de los intereses nacionales, tienen una oportunidad única de servir a la sociedad...". En ese pensamiento queda claro que lo más importante es la sociedad en general, la Humanidad. Poco después Estrada Uribe (1976) expuso una propuesta de Código Latinoamericano sobre Riesgo Sísmico. También aquí se comprueba la necesidad de ir de lo particular a lo general, para nuestro caso desde las islas al Caribe. Y finalmente, Grases (1986) argumenta la idea de la reconstrucción histórica de los terremotos del Caribe.

Así, sobre esos precedentes en Cotilla (1999a, b, 2007) y Cotilla y Udías (1999a) están las bases del presente trabajo. Esos autores sostienen que para América, en su conjunto, existe un gran volumen de información sobre la sismicidad histórica. Pero, que lamentablemente no hay homogeneidad en las búsquedas y los estudios. Esto también se refleja, lamentablemente, en la parte instrumental, de la que se hablará posteriormente. Además, en la región de estudio destacan dos formas, diferentes, de realizar y divulgar las investigaciones científicas: 1) la marcadamente occidental por la influencia de Estados Unidos, en la mayor parte de las islas; 2) la "soviética" aplicada en C. En el último caso, no siempre fue así (Cotilla, 1999b, 2007). Esas diferencias también lastran la cooperación.

Geología y tectónica

El área del Mar Caribe, América Central, y los bordes norte de América del Sur y Las Antillas Mayores y Menores se incluyen en una pequeña placa litosférica, que da continuidad a la estructura tectónica global. Esa placa, denominada Caribe, está localizada entre otras placas de mayores dimensiones: Norteamérica, Suramérica, Cocos, y Nazca (Molnar y Sykes, 1969) (Figura 2). Todo el conjunto es sísmicamente activo, pero no hay actividad volcánica en el margen septentrional, desde el Eoceno-Oligoceno. También indicamos que D, H, J, y P están agrupados en la placa Caribe, y C se emplaza en la placa de Norteamérica. Dadas esas localizaciones resulta que los dos grupos de islas tienen diferentes características: geodésicas, morfoestructurales, morfotectónicas, neotectónicas, y sísmicas. Aunque poseen rasgos físico-geográficos similares.

La región septentrional del Caribe constituye un arco de islas que se desarrolló durante el Cretácico inferior. Ésta ha sido estudiada, por sectores,

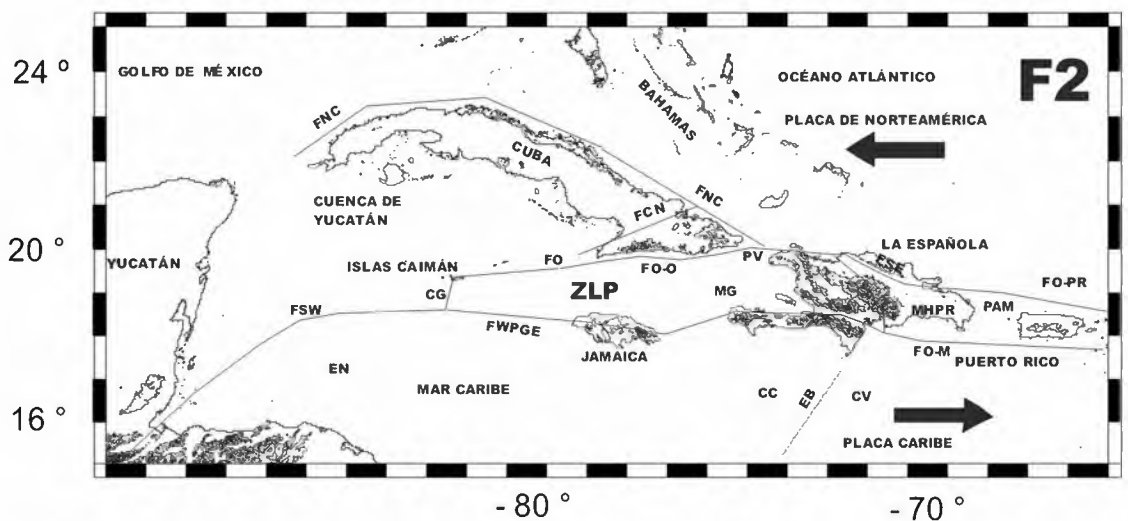


Figura 2. Esquema del marco tectónico del Caribe.
 Aparecen: Flechas negras gruesas= Sentido del movimiento de las placas; Líneas negras continuas= Zonas de fallas; Fallas: FCN= Cauto-Nipe, FNC= Nortecubana, FOO= Oriente, FSE= Septentrional, FSW= Swan, FWPEG= Walton-Gonave-Enriquillo; Microplacas: MG= Gonave; MHPR= La Española-Puerto Rico Localidades y zonas: BR= Elevado de Beata; CG= Centro de Generación; EN= Elevado de Nicaragua; PV= Paso de los Vientos; ZLP= Zona límite de placas; Cuencas: CC= Colombia, CV= Venezuela; Fosas (siglas): FO-O= Oriente, FO-PR= Puerto Rico, FO-M= Muertos.

desde el punto de vista: 1) geofísico (Andrew, 1969; Bernard y Lambert, 1988; Bourgois *et al.*, 1979; Bowin, 1966, 1968, 1975, 1976; Bracey y Vogt, 1970; Caytrough, 1979; Compagnie Generale de Geophysique, 1999; Drully, 1994; Holcombe *et al.*, 1973; Horsfield y Roobol, 1975; Maufret y Leroy, 1997; Reblin, 1993; Renard *et al.*, 1992; Rosencratz y Sclater, 1986; Rosencratz y Mann, 1991; Rosencratz *et al.*, 1988); 2) geológico (Brookes, 1984; Burke *et al.*, 1980, 1981; Byrne *et al.*, 1985; Case y Holcombe, 1980; Case *et al.*, 1984; Chiessa y Mazzoleni, 2001; DeMets *et al.*, 2000; Deng y Sykes, 1995; de Zoeten y Mann, 1992; Horsfield, 1974, 1975); 3) morfoestructural (Cotilla y Córdoba, 2009b; Cotilla *et al.*, 1997a, b, 2007a, 2009a; González *et al.*, 2003); 4) morfotectónico (Cotilla y Córdoba, 2011b; Von Huene *et al.*, 1995); 5) neotectónico (Burke *et al.*, 1981; Cotilla y Córdoba, 2010c; Cotilla *et al.*, 1991c; Jansma *et al.*, 2000; Mann y Burke, 1984; Mann *et al.*, 1984; Masson y Scanlon, 1991; Pubellier *et al.*, 1991); 6) tectónico (Bracey y Vogt, 1970; Byrne *et al.*, 1985; Calais *et al.*, 1992; Case y Holcombe, 1980; Cotilla y Udías, 1999b; DeMets *et al.*, 1990, 2000; Deng y Sykes, 1995; Dolan y Wald, 1998; Mann *et al.*, 1995, 1998; Molnar y Sykes, 1969; Palme *et al.*, 2001; Prentice y Mann, 1995; Pubellier *et al.*, 2000; Rubio *et al.*, 1994; Russo *et al.*, 1992; Taber, 1920, 1922; Van Dusen y Doser, 2000). En este sentido se tiene un cuadro bastante elaborado sobre su estructura y los principales elementos neotectónicos, que lógicamente ayudan en la interpretación de la sismicidad.

Las determinaciones de los mecanismos focales de los terremotos ocurridos en el Caribe Norte (Cotilla, 1998; Perrot *et al.*, 1997; Molnar y Sykes, 1969) muestran que el patrón principal de desplazamiento lateral de las placas es localmente diferente (Cotilla, 1993, 1998). Esto conlleva a considerar que la estructura es heterogénea. Al respecto Cotilla y Álvarez (1991) y Cotilla *et al.*, (1991a) han determinado que las zonas de origen de terremotos y los espesores de la capa sismogénica son diferentes.

En el trabajo emplearemos los modelos de Cotilla y Udías (1999b) y Cotilla *et al.* (1991b). Esos autores presentan una descripción y un modelo geodinámico, coherente con los datos, para la zona septentrional del Caribe (Figura 3). En ellos hay una sucesión lateral y escalonada de cuatro bloques: Swan, Gonave, Cuba Oriental, Dominicana-Puerto Rico. Estos bloques son diversos en cuanto a: composición, morfología y dinámica. Sin embargo, aunque heterogéneos no están aleatoriamente dispuestos, sino que responden a la dinámica regional (Rubio *et al.*, 1994). En ellos aparecen las islas de nuestro interés.

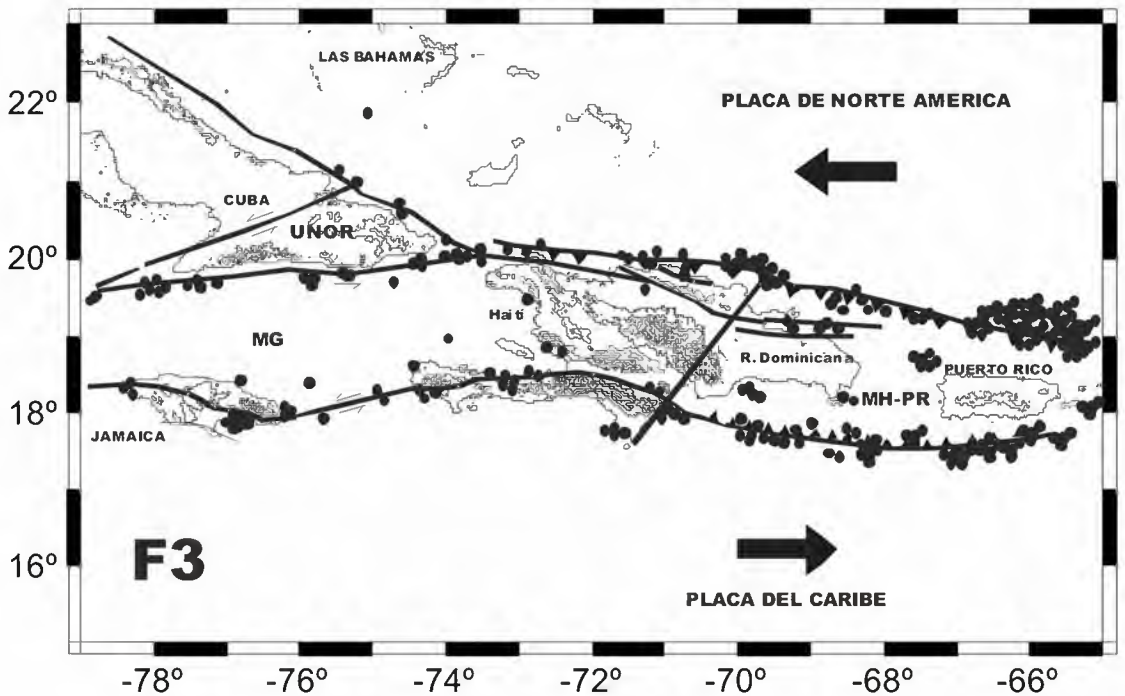


Figura 3. Geodinámica del Caribe Septentrional.

Aparecen: Flechas negras gruesas= Sentido del movimiento de las placas; Líneas negras gruesas= fallas; Círculos negros= epicentros; Microplacas): H-PR= La Española-Puerto Rico, MG= Gonave; Unidad Noectónica de Cuba Oriental= UNOR.

Terremotos más importantes

La información sobre terremotos ocurridos en el Caribe (Figura 4) se encuentran, principalmente, en: Álvarez *et al.*, 1984, 1985, 1999; Ambrasseys, 1995; Bakun *et al.*, 2012; Barr y Robson, 2007; Bernard y Lambert, 1988; Betancourt Ruiz, 1972; Brown, 1907; Burbach *et al.*, 1984; Camacho y Viquez, 1993; Centeno Grau, 1969; Chuy y Álvarez, 1988; Cornish, 1908; Cotilla, 1993, 1998, 2003; Cotilla y Córdoba, 2008, 2009a, 2010a, b, 2011a; Cotilla *et al.*, 1997a; Cruz y Wyss, 1983; Davidson, 1907; Delanoy, 1996; Dolan y Wald, 1998; Eberhard *et al.*, 2010; Fielder, 1961; Fielding y Taber, 1969; Fuller, 1907; Goes *et al.*, 1991; Grases, 1974, 1990; Gutenberg y Richter, 1954; Hall, 1912, 1922; Iñiguez Pérez *et al.*, 1975; Kovach, 2004; Lynch y Bodle, 1948; Lynch y Schepherd, 1995; Mallet, 1852, 1854; McCann, 1985, 2009; McCann *et al.*, 2010; Molnar y Sykes, 1989; Montandon, 1962; Montero, 1989, 1999; Montessus de Ballore, 1894; Moraus de Jones, 1822, 1829; Nealon y Dillon, 2001; Pacheco y Sykes, 1992; Palme *et al.*, 2001; Pereira y Turnovsky, 1978; Poey, 1855, 1855a, 1857; Prentice y Mann, 2005; PRSN; Ramírez, 1975; Reid y Taber, 1919; Reyes,

1977; Robinson *et al.*, 1958; Robson, 1964; Rockwood, 1876, 1880; Rojas *et al.*, 1993; Russo *et al.*, 1992; Scherer, 1912, 1914; Shepherd y Aspinall, 1980, 1983; Shepherd y Lynch, 1992; Shepherd *et al.*, 1986, 1993; Schubert, 1983; Singh *et al.*, 1984; Sykes y Ewing, 1965; Taber, 1920; Tippenhauer, 1983; Tomblin y Robson, 1977; Van Dusen y Dosen, 2000; y Wiggins-Grandison, 1996.

De las Tablas 3 y 4 se tiene con un alto grado de fiabilidad, la cantidad de terremotos por intervalo de magnitud $[7-7.5]= 15$, $[7.5-8]= 12$, y $\geq 8.0= 2$ (Figura 4). Atendiendo a la selección de los 29 terremotos con $M \geq 7.0$ y para 448 años documentados comprobamos que cada 16 años, aproximadamente ocurre un evento de esa magnitud. Mientras que entre los dos con $M \geq 8$ transcurrieron 65 años; pero hasta el año 2010, 168 años después del último de ellos, no se ha producido ninguno. También es significativo que desde el año 1492 al 1842 en D ($M= 8.2$) transcurrieron 350 años, y desde 1493 al 1787 en P ($M= 8.0$) pasaron 294 años. La diferencia temporal entre esos terremotos, de atenernos a la estadística de la repetitividad no es igual; ya que otro evento de esa magnitud en D debería ocurrir en el año 2192, mientras que para el caso de P sería el año 2081. Así la diferencia sería de 111 años.

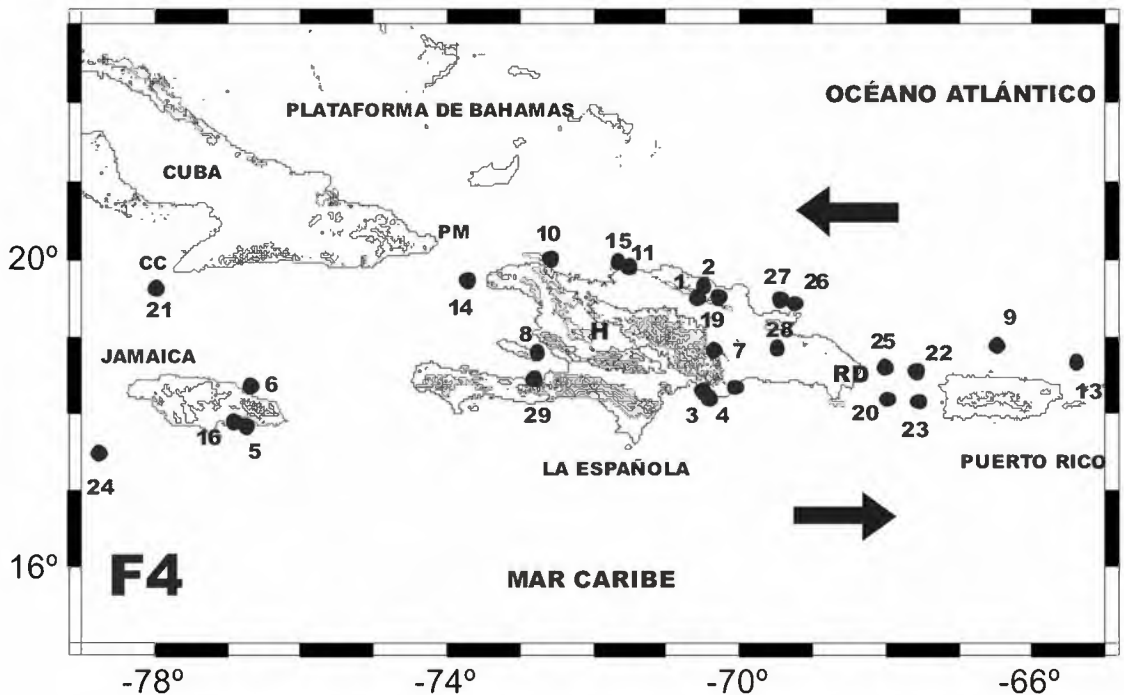


Figura 4. Sismicidad más importante del Caribe Septentrional. Aparecen: Flechas negras gruesas= sentido del movimiento de las placas; Líneas negras gruesas= fallas; Círculos negros = epicentros; 12= Identificativo del terremoto (véase Tabla 3); CC= Cabo Cruz, H= Haití, PM= Punta de Maisí, RD= República Dominicana.

Tabla 3
Terremotos más fuertes del Caribe Septentrional

<i>Núm.</i>	<i>Fecha</i>	<i>Coordenadas</i>	<i>M</i>	<i>Fallas del</i>	<i>País</i>
1	03.12.1562	19.6 N / 70.8 O	7.2	Norte	D
2	20.04.1564	19.6 N / 70.8 O	7.0	—	D
3	09.05.1673	18.4 N / 70.3 O	7.5	Sur	D
4	1684	18.4 N / 70.3 O	7.5	Sur	D
5	07.06.1692	17.8 N / 76.8 O	7.5	Sur	J
6	1692	18.2 N / 77.0 O	7.75	Sur	J
7	18.10.1751	18.5 N / 70.7 O	7.25	Sur	H
8	04.06.1770	18.6 N / 72.6 O	7.5	Centro-Sur	H
9	02.05.1787	19.7 N / 72.8 O	8.0	Norte	P
10	07.05.1842	19.8 N / 72.2 O	8.2	Norte	H
11	1842	19.5 N / 71.5 O	7.7	Centro-Norte	D
12	07.07.1852	19.7 N / 79.0 O	7.5	—	I
13	18.11.1867	18.0 N / 65.5 O	7.3	Norte	P
14	23.09.1887	19.4 N / 73.4 O	7.9	Norte	H
15	29.12.1897	20.1 N / 71.2 O	7.5	Norte	H-D
16	14.06.1899	18.0 N / 77.0 O	7.3	Sur	J
17	21.06.1900	20.0 N / 80.0 O	7.2	—	I
18	01.01.1910	16.5 N / 84.0 O	7.1	—	I
19	06.10.1911	19.0 N / 70.5 O	7.0	—	H
20	24.04.1916	18.5 N / 68.0 O	7.2	Sur	D-P
21	20.02.1917	19.46 N / 78.0 O	7.3	Sur	I
22	27.07.1917	19.0 N / 67.5 O	7.0	Norte	P
23	11.10.1918	18.5 N / 67.5 O	7.3	Sur	D-P
24	07.04.1941	17.43 N / 78.68 O	7.1	Sur	J
25	29.07.1943	19.25 N / 67.5 O	7.5	Norte	D-P
26	04.08.1946	19.5 N / 69.5 O	7.8	Norte	D
27	08.08.1946	19.5 N / 69.5 O	7.5	Norte	D
28	21.04.1948	19.2 N / 69.2 O	7.3	Sur	D
29	12.01.2010	18.3 N & 72.3 O	7.0	Sur	H

Nota: M= magnitud, D= República Dominicana, H= Haití, I= Islas Caimán, J= Jamaica, P= Puerto Rico.

Tabla 4
Cantidad de terremotos fuertes ($M \geq 7.0$) de los países del Caribe Norte

<i>Magnitud</i>												
7.0	7.1	7.2	7.25	7.3	7.5	7.7	7.75	7.8	7.9	8.0	8.2	Σ
4	2	3	1	5	8	1	1	1	1	1	1	29

En las Tablas 5-10 están los datos de otros terremotos importantes para cada una de las islas, no incluidos en la Tabla 3. La valoración realizada por Cotilla (2007), en cuanto a la menor magnitud de los sismos del segmento de Cuba Suroriental ($M_{\text{máx}} = 6.9$) con respecto al resto del Caribe Septentrional, se comprueba con estos datos. En el sector desde Cabo Cruz a Punta de Maisí no hay eventos con magnitud igual o mayor que 7.0 (Figura 4); sin embargo en el segmento paralelo del sur, donde está J si hay. Esto confirma la diferenciación de la AS más fuerte, no solo lateral sino transversal, entorno a la fosa Oriente (Cotilla *et al.*, 1991c), y que se corresponde con lo expuesto en el epígrafe anterior.

Tabla 5
Terremotos importantes de Cuba

<i>Núm.º</i>	<i>Fecha</i>	<i>M / I</i>	<i>H (km)</i>	<i>Muertos</i>
1	11.02.1678	6.75 / 8	30	—
2	11.06.1766	6.8 / 9	25	~40
3	14.10.1800	6.4 / 8	20	?
4	18.09.1826	6.4 / 8-9	30	?
5	07.07.1842	6.8 / 8	30	?
6	20.08.1852	6.4 / 9	30	2
7	23.01.1880	6.2 / 8	20	3
8	03.02.1932	6.75 / 8	30	14
9	26.08.1990	5.9 / 8	10	—
10	25.05.1992	6.9 / 8	23	—

Nota: H= profundidad (km), I= Intensidad Sísmica (Escala MSK), M= magnitud.

Tabla 6
Terremotos importantes de Haití

<i>Núm.</i>	<i>Fecha</i>	<i>M / I</i>	<i>H (km)</i>
1	09.11.1701	6.6 /	30
2	21.11.1751	6.5 / 8	30
3	09.04.1860	6.7 / 8	50
4	19.08.1881	5.5 / 7	—
5	11.05.1910	6.5 / 8	30

Tabla 7
Terremotos importantes de Jamaica

<i>Núm.</i>	<i>Fecha</i>	<i>M/I</i>	<i>Muertos</i>
1	11.11.1812	/ 8	Muchos
2	14.01.1907	6.5 / 9	~1,000
3	22.03.1907	/ 8	~1,000
4	03.08.1914	/ 7	—
5	01.03.1957	6.9 / 8	4
6	13.01.1993	/ 7	2

Nota: I= Intensidad Sísmica (Escala MSK), M= magnitud.

Tabla 8
Terremotos importantes de Islas Caimán y sus alrededores

<i>Núm.</i>	<i>Fecha</i>	<i>M</i>	<i>H (km)</i>
1	14.06.1925	6.5	90
2	10.12.1954	6.25	80
3	25.07.1962	6.0	—
4	10.04.1982	6.0	10
5	14.12.2004	6.8	10

Nota: H= profundidad (km), M= magnitud.

La Figura 5 muestra, para las magnitudes mayores ($M \geq 7.0$), que la AS no se comportado de forma regular en el periodo 1492-2013, o al menos no es posible determinar el patrón de repetitividad regional con fiabilidad. Sin embargo, si es factible apreciar un nivel de actividad muy intenso entre los años 1787 y 1948. En ese intervalo de 161 años han ocurrido 21 terremotos con esas magnitudes; mientras que entre 1492 y 1787 (295 años) sólo hay ocho eventos.

Con los datos aportados se puede confirmar la segmentación de las zonas de origen de terremotos (Cotilla y Álvarez, 1991; Cotilla y Udías, 1999b; Cotilla *et al.*, 1991a; Rubio *et al.*, 1994). En este caso queda claro que hay al menos dos partes bien diferenciadas: 1) norte de La Española; 2) norte de Puerto Rico.

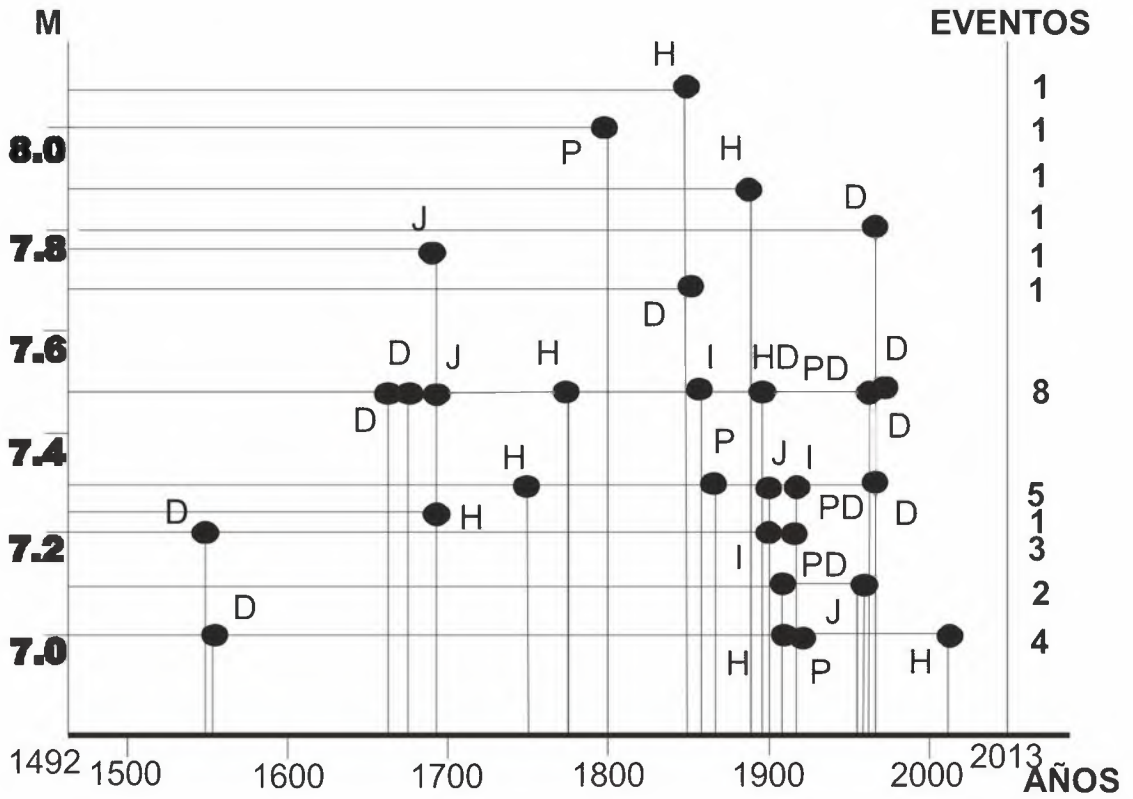


Figura 5. Representación de los sismos más importantes del Caribe Norte.
 Siglas: D= República Dominicana, H= Haití, I= Islas Caimán, P= Puerto Rico. Véase Tabla 3.

Tabla 9
Terremotos importantes de Puerto Rico

Núm.	Fecha	M/I	Núm.	Fecha	M/I
1	07.09.1615	7.75 /	12	30.08.1865	/ 6
2	15.08.1670	—	13	26.08.1874	/ 5-6
3	30.08.1740	—	14	09.12.1875	/ 7-8
4	25.05.1829	—	15	15.08.1890	—
5	28.07.1830	—	16	27.09.1906	/ 6
6	14.07.1831	—	17	04.08.1908	/ 6
7	12.09.1833	—	18	10.02.1920	6 / 6.5
8	05.05.1844	/ 7-8	19	18.12.1922	6 / 6.3
9	28.11.1846	/ 7	20	12.06.1939	/ 6
10	14.12.1855	/ 6	21	24.08.1981	5.7 /
11	23.10.1860	/ 6-7	22	30.08.1987	4.6 / 6

Nota: I= Intensidad Sísmica (Escala MSK), M= magnitud.

Tabla 10
Terremotos importantes de República Dominicana

<i>Núm.</i>	<i>Fecha</i>	<i>M / I</i>	<i>Muertos</i>
1	07.09.1615	7.75 / 9	—
2	28.10.1761	6.1 / 7.5	—
3	24.04.1916	6.5 / 8	—
4	22.09.2003	6.4 / 7	3

Nota: I= Intensidad Sísmica (Escala MSK), M= magnitud.

De otra parte, la ocurrencia de fuertes terremotos en el área ha permitido mostrar que, históricamente, no ha existido colaboración entre los países de la región, como indicamos anteriormente. Sin embargo, con el terremoto de Haití de 2010 (~316,000 muertos y ~14.10⁹ USD) esa tendencia cambió, aunque la colaboración científico-técnica ha provenído, principalmente, de tres países desarrollados: Estados Unidos, Francia, y España. De hecho hay una pequeña red sísmica provisional, en funcionamiento que no pertenece a H.

Catálogos de terremotos

Los primeros informes sobre terremotos en América, todos del siglo XVI, son los siguientes: Panamá (1516), Guatemala (1526), Nicaragua (1528), Venezuela (1530), Honduras (1538), El Salvador (1538), y D (1562). Esa información se corresponde, en mucho, con la AS contemporánea. Y es con posterioridad a estos informes que se producen los catálogos de la región (Cotilla, 2007).

Entre las muchas fuentes empleadas para los estudios de sismicidad, en la región, se citan los siguientes: Alcedo, 1826; Álvarez *et al.*, 1999; Betancourt Ruiz, 1972; Camacho y Viquez, 1993; Chuy y Álvarez, 1988; Cotilla, 2007; Cotilla y Córdoba, 2011a; Cotilla *et al.*, 2007b; Figueroa, 1970, 1974; Grases, 1974, 1990; Gutenberg y Richter, 1954; Hall, 1912, 1922; Iñiguez Pérez *et al.*, 1975; Kovach, 2004; Lynch y Shepherd, 1915; Mallet, 1852-1854; McCann, 2009; McCann *et al.*, 2010; Montandon, 1962; Montero, 1989; Montessus de Ballore, 1894; Moreaus de Jones, 1822; Nealon y Dillon, 2001; Pacheco y Sykes, 1992; Perrey, 1843, 1845; Pichardo, 1854; Poey, 1855a, b, 1857; PRSN; Robson, 1964; Rojas *et al.*, 1993; Russo *et al.*, 1992; Sherer, 1912, 1914; Shepherd y Lynch, 1992; Singh *et al.*, 1984; Tippenhauer, 1893 y Tomblin y Robson, 1977.

La Tabla 11 recoge los primeros catálogos de terremotos del Caribe Norte. Mientras que en la Tabla 12 está la mayoría de las agencias que han informado sobre eventos sísmicos del Caribe.

Tabla 11
Primeros catálogos de terremotos del Caribe Norte

<i>Núm.</i>	<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Región</i>
1	Poey	1855, 1857	Caribe
2	Sherer	1912	Haití
3	Hall	1912, 1922	Jamaica
4	Montandon	1952	América
5	Robson	1964	Caribe Este
6	Sykes y Ewing	1965	Caribe
7	Iñiguez <i>et al.</i>	1975	República Dominicana
8	Tomblin y Robson	1977	Antillas Mayores

Shepherd *et al.* (1986) aseguran que los catálogos de terremotos históricos (con magnitudes superiores a 6.5 son fiables en las siguientes regiones: 1) Este de D, P y Venezuela (desde 1600); 2) Antillas Francesas, Leeward Islands y Barbados (desde 1650); 3) Windward Islands (desde 1750); 4) Trinidad (desde 1766); 5) Tobago (desde 1800). Álvarez *et al.* (1985) alcanzó resultados similares para C. Sin embargo, Cotilla (1993) insiste que hay margen para ampliar ese rango de realizar búsquedas de fuentes originales.

Con respecto a la etapa instrumental Shepherd *et al.* (1993) asumen que el año 1964 es el indicado para considerar catálogos fiables en la región y con $M \geq 4$. Álvarez *et al.* (1985) exponen que para Cuba los mejores datos están en la región suroriental, dado el mayor número de estaciones sismológicas permanentes, y en específico desde el año 1979. Moreno (2002) confirma lo anterior con la nueva red cubana.

Preparar actualmente un catálogo de terremotos para el Caribe Septentrional no puede ser un proceso ecléctico; aunque existan catálogos en las islas que le integran. En este sentido (Cotilla, 2007) mostró las abundantes incertidumbres y errores de los datos incluidos en catálogos cubanos en cuanto a fechas, tiempo, descripciones y evaluaciones. En el proceso de confección hay que valorar la calidad y la precisión de los datos a partir de las fuentes originales; y después seleccionar en al menos dos grupos la información histórica y la instrumental. Entonces para esa división establecer rangos de búsquedas, por ejemplo, en las magnitudes de 7.0->8.0, 6.0.-7.0,

y <6.0. Y así avanzar sucesivamente hacia las magnitudes menores. Además, es tremendamente importante homogeneizar las estimaciones de intensidades con una misma escala y criterio. Así como confeccionar las isosistas con ajustes y criterios estadísticos. Las búsquedas históricas, para el área, tienen que iniciarse en el Archivo de Indias, Sevilla-España, y a partir de ahí ampliar las búsquedas en otros archivos y bibliotecas.

Tabla 12
Agencias Internacionales que han informado sobre terremotos en el Caribe

<i>Núm.</i>	<i>Agencia</i>	<i>Siglas / País</i>
1	Bureau Sismologique Francais	EOST / Francia
2	Centro Sismológico de América Central	CASC / Costa Rica
3	Caribbean Disaster Emergency Response Agency	CDERA / Jamaica
4	Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América	CEPREDENAC / Panamá
5	Centro Regional de Información sobre Desastres de América Latina y el Caribe	CRID / Varios países
6	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas	FUNVISIS / Venezuela
7	Institut de Physique du Globe	IPG / Francia
8	International Association of Seismology and Physics of the Earth Interior	IASPEI / Reino Unido
9	International Seismological Centre	ISC / Reino Unido
10	International Seismological Summary	ISS / Estados Unidos
11	Middle American Seismograph Consortium	MIDAS / Estados Unidos
12	United States National Earthquake Information Center	NEIC / Estados Unidos
13	Red latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica	RELACIS / Venezuela
14	Seismic Research Unit of the West Indies	TRC/St. Augustine, Trinidad and Tobago
15	Servicio Sismológico Nacional de México	UNAM/México
16	National Earthquake Information Center	USGS/Estados Unidos
17	World Wide Standard Seismographic Network	WWSSN (es mundial, virtual)

Tsunamis

El Caribe es una “bolsa marina” en la zona Tropical Atlántica, que estacionalmente es afectada por procesos meteorológicos activos como los frentes polares o “frentes fríos”, ciclones y huracanes. Ellos pueden provocar pene-

traciones del mar en las costas bajas y marejadas muy importantes. Esto permite al autor, una vez constatados algunos errores en catálogos y relaciones sobre tsunamis, sostener que los fenómenos meteorológicos mencionados pudieron ser confundidos con tsunamis. McCann *et al.* (2010) exponen ideas similares en su trabajo.

El conocimiento por parte de la población sobre los tsunamis en el Caribe es, con diferencia, muy bajo en comparación con los ciclones y huracanes. Las cifras sobre las afectaciones de los tsunamis, y en particular la cantidad de muertos, resultan ser diferentes según distintas fuentes (Tabla 13). Esto significa que resta un importante trabajo de homogenización y verificación en las fuentes bibliográficas originales. Pero, con independencia de la muy grande influencia marina en el área caribeña septentrional, y la existencia de sistemas de fallas activos asociados a sus costas y con movimientos favorables a la generación de tsunamis, las cantidades expuestas en la Tabla 13 son cuestionables (Cotilla, 2011).

Tabla 13
Fallecidos por tsunamis en el Caribe de acuerdo con distintos autores

<i>Núm.</i>	<i>Referencia</i>	<i>Lugar – Año</i>	<i>Cantidad de fallecidos</i>
1	McNamara <i>et al.</i> , 2005	Caribe	9,600
2	Lander <i>et al.</i> , 2002	Caribe septentrional	~9,000
3.1	Hillebrant, 2005	República Dominicana - 1946	1,800
3.2	Lander <i>et al.</i> , 2002	—	1,790
3.3	Rubio, 1982	—	75
4.1	Lander <i>et al.</i> , 2002	Puerto Rico - 1918	140
4.2	Nealon y Dillon, 2001	—	91
4.3	Mercado y McCann, 1998	—	40
4.4	Rubio, 1982	—	8
4.5	Robson, 1964	—	30
5	Fernández <i>et al.</i> , 2000	Panamá - 1882	190
6	Hillebrant y Huérfano, 2004	Islas Vírgenes - 1867	17
7.1	Lander <i>et al.</i> , 2002	Haití - 1842	500
7.2	Lander y Whiteside, 1997	—	200-300
7.3	Rubio, 1982	—	200
8.1	Lander <i>et al.</i> , 2002	Jamaica - 1780	10
8.2	Rubio, 1982	—	300
9	Rubio, 1982	Haití - 1770	200
10.1	Lander <i>et al.</i> , 2002	Jamaica - 1692	2,000
10.2	Rubio, 1982	—	2,000

Resulta muy probable que el primer tsunami en el Caribe se produjese con el fuerte terremoto del 1 de septiembre del año 1530 en Venezuela. En esa región del sur de la placa Caribe han ocurrido más de 100 eventos sísmicos fuertes, algunos de ellos con tsunamis. A esto nos referiremos después.

El estudio de los tsunamis para la región del Caribe se puede encontrar en las siguientes publicaciones: Cotilla, 2011; Cotilla y Córdoba, 2011c; Cruz y Wyss, 1983; Fernández *et al.*, 2000; Grindlay *et al.*, 2005; Hillebrandt-Andrade y Huérfano Moreno, 2004; Lander y Lockridge, 1989; Lander y Whiteside, 1997; Lander *et al.*, 2002; McNamara *et al.*, 2006; Nealon y Dillon, 2001; O'Loughlin y Lander, 2003; Rubio, 1982; Schubert, 1994; Weissert, 1990; Zahibo y Pelinovsky, 2001. Sobre la base de tres fuentes (Cotilla, 2011; Lander *et al.*, 2002; Rubio, 1982) hemos preparado la Tabla 14. Destaca en ella que la región Septentrional ha sido afectada por 28 tsunamis. Es importante indicar que el sistema PRSN (Puerto Rico Tsunami Warning and Mitigation Program) está en contacto permanente con el West Coast and Alaska Tsunami Warning Center y el Tides and Currents of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), y ha incluido a la vecina D.

Tabla 14
Tsunamis del Caribe Septentrional

<i>Núm.</i>	<i>País</i>	<i>Fecha / Total</i>
1	Cuba	01 nov. y 18 dic. 1775, 01/oct/1931, 04/ago/1939. Total 4
2	Haití	15/sep/1751, 21/nov/1751 y 1769/mzo.y jun./1770, 11 feb. marzo y 18 dic. 1775, 07/may/1842, 08/mzo/1860, 23/sep/1887. Total. 10
3	Islas Vírgenes	16/abr/1690, 18/nov/1867, 11/mzo/1874. Total 3
4	Jamaica	01/mzo/1688, 07/jun/1692, 03/oct/1780, 01/ago/1781, 27/oct/1787, 11/nov/1812, 12/ago/1881, 14/ene/1907. Total 8
5	Puerto Rico	11 y 24 oct. 1918, 08/ago/1946, 01/nov/1989. Total 4
6	República Dominicana	18/oct/1751, 04/ago/1946, 31/may/1953. Total 3

La Española tiene en esta región la mayor cantidad de tsunamis 19, y específicamente en D hay 12 reportes. También en La Española se ha producido el terremoto más fuerte del arco caribeño ($M= 8.2$) y sólo 65 años después del otro terremoto de $M= 8.0$ del norte de P, ambos epicentros distan entre sí ~ 400 km.

En el área del Caribe hay varias modelizaciones de tsunamis (Mercado y McCann, 1998; Weissert, 1990). En particular la realizada para el evento de 1918 (Mercado y McCann, 1998) supone la influencia del tsunami en C; sin embargo, ese acontecimiento realmente no le afectó. En igual sentido sucede con los eventos del oeste, del suroeste, y del sur del Caribe. Y los diversos eventos tsunamigénicos de D, J, e Islas Vírgenes tampoco se han percibido en C, desde el punto de vista tectónico se descarta la generación de tsunamis en el Golfo de México. Sin embargo, otras fuentes lejanas como el suroeste de la Península Ibérica si ha producido oscilaciones en Santiago de Cuba 7-8 horas después del terremoto principal (Tabla 15).

Tabla 15
Tsunamis en el Caribe desde fuentes lejanas

<i>Región fuente</i>	<i>Total</i>
Suroeste de la Península Ibérica (Portugal)	2
Indonesia (volcán Krakatoa)	1
Total	3

Red de estaciones sísmicas permanentes

El Caribe es un escenario sísmico de interés para muchos científicos. En ese sentido siempre hubo importantes esfuerzos para instalar estaciones sísmicas (Cotilla, 2007). Muchos de esos esfuerzos se relacionan con las zonas de mayor AS y de daños a la población y sus bienes. Así, en Costa Rica se instaló la primera estación de la región, en el año 1888, en Trinidad funcionó la primera en 1898. En la Tabla 16 están los datos de varios países inmediatos a la región de estudio, como se comprueba hasta el año 1907 no hubo estación en la zona septentrional caribeña, concretamente en C (La Habana). Esa estación del Observatorio de Belén funcionó hasta aproximadamente el año 1920. Pero, a pesar de las muchas solicitudes de personalidades de la época no se obtuvieron fondos económicos ni se sustituyó por otra, ni siquiera a raíz del terremoto del 3 de febrero de 1932 en Santiago de Cuba. Posteriormente, en 1946 tiempo después del fuerte terremoto y tsunami de D se instaló allí un equipamiento sísmico.

De acuerdo con el *Bulletin of the Seismological Society of America* habían, en el Caribe, operativas en el año 1911, cinco estaciones sísmicas: 1) Puerto Príncipe (Equipamiento de Péndulo; responsable J. Scherer); 2) Santo Domingo (Equipamiento ¿?; responsable: R. Bordon); 3) P (Equipamiento de 2 Bosch-Omori; responsable: G. Hartnell); 4) Trinidad (Equipamiento

de Milne; responsable: P. Carmody); 5) Kingston (Equipamiento de Verbeck y de Gray-Milne; responsable: J.F. Breenan). Además, el autor ha encontrado varias notas y comentarios sobre la instalación, por parte de Estados Unidos, en la base naval de Guantánamo (Cuba) de una estación sismológica desde el año 1910. Aunque esto no lo hemos podido confirmar en la actualidad; sí localizamos un texto, que ya apuntaba en esa dirección, del *Bulletin of Seismological Society of America* (1945): "...Cuba: ...some thought is being given the reestablishment of a seismological station at Belén College. The US Navy operates a meteorological-microseismic station at Guantanamo".

Tabla 16
Otros países latinoamericanos con las primeras estaciones y redes sísmicas

<i>Núm.</i>	<i>Año</i>	<i>País</i>	<i>Equipamiento</i>
1	1888	Nicaragua	Ewing, 2 Péndulos NS, EO y sismógrafo de Péndulo Invertido
2	1896	El Salvador	Ewing, 2 Péndulos
3	1904, 1908	Panamá	Bosch Omori
4	1919	Guatemala	2 Wiechert

Existen varias referencias sobre estaciones sísmicas y su funcionamiento en el Caribe, entre ellas: Barr y Robson, 2007; Clinton *et al.*, 2006; Cotilla, 2007; Directorio de Observatorios Sismológicos, 2003; Hillebrandt Andrade, 2005; Hillebrandt Andrade y Huérfano Moreno, 2004; Jamaica Seismograph Network; McNamara *et al.*, 2005; Mendoza y Huérfano, 2005; Moreno, 2002; Nealon y Dillon, 2001; PRSN; Serrano y Álvarez, 1983; y Wiggings-Grandison, 2001. Todas ellas se han empleado en el trabajo.

Álvarez *et al.* (1985) analizaron la mejoría de las determinaciones instrumentales en el área del Caribe por las redes de estaciones sísmicas internacionales. Se determinó que hubo al menos dos periodos de mejoras: 1900-1950 y 1950-1985. Para esto se analizaron entre otros los casos de los terremotos del 23 de febrero de 1976 (Pilón, Cuba Suroriental), y 16 de diciembre de 1982 (Torriente-Jagüey Grande, Cuba Occidental). Posteriormente, se va visto que esa tendencia se incrementa a mejor: casos de los terremotos de 25 de mayo de 1992 (Cabo Cruz, Cuba Suroriental) y 2010 (Puerto Príncipe, Haití).

Atendiendo a los terremotos fuertes ocurridos en la región de estudio y en particular a la influencia de algunos de estos en las islas más cercanas a ellos, consideramos necesaria la decidida colaboración para la confección

de boletines sísmicos conjuntos. Como ejemplo, los casos de: 1) D y P, 2) D y H, 3) C, J y H. Otro aspecto de la colaboración regional debe incluir, desde ya, la instalación y operación de una red sísmica automática en H.

Instituciones y personalidades

Se ha constatado, históricamente, que al ocurrir un terremoto fuerte, los científicos, de los países desarrollados, crean comisiones y expediciones para estudiar las áreas afectadas. En particular, destacan los estudios en: 1) Guatemala, 1976 ($M= 7.5$, ~23,000 muertos) (Plafker, 1976; Plafker *et al.*, 1976; Young *et al.*, 1989); 2) Spitak-Armenia, 1988 (Cisternas *et al.*, 1989); 3) Asnan-Argelia, 1980 (Cisternas *et al.*, 1982); 4) Gobi-Altai, Mongolia, 1957 ($M= 8.1$, 30 muertos); 5) Haití, 2010 (Eberhard *et al.*, 2010). Esta cooperación permite, indiscutiblemente, mejorar el conocimiento sobre los terremotos; pero, lamentablemente no influyen en beneficio de la población afectada, ya que las soluciones dependen de los gobernantes.

Con independencia del campo que se estudie y del país o de la región que incluya, lo primero que se identifica y valora son las instituciones y personalidades. Como nuestro objetivo es la Sismología y la región el Caribe Septentrional el análisis se reduce. Así, la Tabla 17 contiene las instituciones científicas que existen en el área del Caribe Septentrional. Destaca entre ellas el, ya mencionado, consorcio MIDAS en el que están los países de la región caribeña.

Destacamos que el IPGH ha demostrado ser, desde el año 1928, una Institución fundamental y efectiva para toda América, y en particular para el Caribe, en las investigaciones y la divulgación científica. El total de números de las revistas bajo su dirección, hasta el año 2012, es como sigue: 1) Cartográfica= 88; 2) Geofísica= 63; 3) Geográfica= 151; 4) Historia de América= 146.

Tabla 17
Algunas de las instituciones científicas del Caribe Septentrional

<i>Núm.</i>	<i>Institución</i>	<i>País</i>
1	Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENASIS)	Cuba
2	Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)	República Dominicana
3	Universidad de Puerto Rico (UPR)	Puerto Rico
4	University of the West Indies (UWI)	Jamaica
5	Middle American Seismograph Consortium (MIDAS)	Estados Unidos

En el área hay también otras publicaciones seriadas como: 1) *Revista Geológica de América Central* (Costa Rica), 2) *Geofísica Internacional* (México), 3) *Revista Minería y Geología* (Cuba), 4) *Revista Geológica Colombiana* (Colombia), 5) *Revista Geográfica* (México), 6) *Revista Geológica* (México), 7) *Revista Umbral* (Puerto Rico), 8) *Revista Geográfica de América Central* (Costa Rica), 9) *Revista Geológica de América Central* (Costa Rica), 10) *Journal Geological Society of Jamaica* (Jamaica).

Tabla 18
Personalidades científicas del Caribe Septentrional

<i>Núm.</i>	<i>Personalidad</i>	<i>País</i>
1	A. Poey y Aguirre	Cuba
2	Viñes Martorell, S.J.	España
3	Moreau de Jonnes	Francia
4	A.M. Perrey	Inglaterra
5	M. Hall	Estados Unidos
6	S. Taber	Estados Unidos
7	Rev. J. Lynn	Estados Unidos
8	G.R. Robson	Inglaterra
9	J. Tomblin	Inglaterra
10	L. Sykes	Estados Unidos

Las personalidades más significativas en el campo de la Sismología para la región aparecen en la Tabla 18. Actualmente están en marcha varios proyectos científicos internacionales, pero es evidente que la influencia y compromiso de las autoridades locales y regionales tiene que ser mucho mayor.

Peligro sísmico

Hay algunas características que distinguen a los fenómenos naturales catastróficos, entre ellas están: 1) la repetitividad, 2) el “aviso previo”. Con ellas “juegan”, siempre a su favor, los gobernantes y los seguros, sobre esa base analizaremos brevemente, los casos de un huracán y un terremoto. Así, los terremotos, por lo general, no avisan y ocurren de forma súbita y violenta; tampoco se ha encontrado un patrón, claro y definido, sobre el periodo de repetitividad. Mientras que los huracanes se producen estacionalmente cada año y “avisan” a partir de la modificación del estado del tiempo. Ahora bien, ambos fenómenos se solapan geográficamente para el caso del Caribe Septentrional.

Las zonas límites de placas son “muy atractivas” para las investigaciones científicas por la ocurrencia de terremotos fuertes. Ejemplos: 1) área de San Andrés (Estados Unidos), 2) área Mediterránea (Azores-Turquía), 3) Caribe Septentrional. Las tres áreas tienen nivel de AS diferente, siendo la de menos valor el Caribe Septentrional. En el primero de esos ejemplos, Estados Unidos se basta para cubrir con tecnología y especialistas todos los campos de científicos; para el segundo ejemplo destacan, principalmente, los estudios de España, Francia, Italia y Portugal; ellos cubren bien toda la región. El caso del Caribe Septentrional es muy diferente, aunque también sea una zona límite de placas.

Tabla 19
Resumen de los datos sobre sismología por isla

<i>Elemento</i>	<i>Cuba</i>	<i>Haití</i>	<i>Jamaica</i>	<i>República Dominicana</i>	<i>Puerto Rico</i>
Primer catálogo de terremotos	1855	1912	1912	1975	1964
Primera estación sismológica	3 de febrero de 1907	1911	1911	1911	1911
Red estaciones sismológicas	7 estaciones	No	7 estaciones y 2 acelerómetros	7 estaciones	30 estaciones y 26 acelerómetros
Enseñanza universitaria de la especialidad	No	No	No	No	Si
Revista de la especialidad	No	No	No	No	No
Cooperación regional	MIDAS	MIDAS	MIDAS	MIDAS	MIDAS
Estudio de peligrosidad sísmica	Si	Si	Si	Si	Si
Mapa sismotectónico	Si	No	Si	No	Si
Especialistas	Si	No	Si	Si	Si
Institución sismológica	Si	No	Si	Si	Si
Valoración integral	Bien	Mal	Muy Bien	Regular	Excelente

La sismotectónica del Caribe Septentrional es compleja, como corresponde a una zona de colisión entre placas (Cotilla *et al.*, 1991b), sin embargo, los estudios de la región en su conjunto son muy escasos, por eso se preparó la Tabla 19 que contiene un resumen de los datos aquí aportados y que se han extraído, fundamentalmente de los siguientes resultados: Álvarez *et al.*, 1985; Benz *et al.*, 2010; Bernard y Lambert 1988; Burke *et al.*, 1973; Calais *et al.*, 1992; CDERA; Cotilla 1993, 2007; Cotilla y Álvarez 1991; Cotilla *et al.*, 1991a, b, 1997a; Dolan y Wald 1998; Mann *et al.*, 1995, 1998; National Disaster Research, Inc.; Prentice y Mann 2005; Russo *et al.*, 1992; Shepherd y Aspinall 1980, 1983; Van Dusen y Doser 2000; Wiggins-Grandison y Atakan 2005; Zúñiga y Guzmán 1994; y Zúñiga *et al.*, 1997.

Alexander Von Humbolt expresó en su visita a Cuba: "...los terremotos son mucho menos frecuentes en Cuba que en Puerto Rico y Haití..." (Pichardo, 1854). Posteriormente, Montessus de Ballore (1894) realizó un trabajo para España y sus colonias, donde aseguró que P ocupa el lugar (o nivel) 3, mientras que C tiene tres valores: 12 (Cuba Oriental), 16 (Cuba Central) y 20 (Cuba Occidental). Esto indica que, desde entonces, los especialistas se percataron de la diferenciación de la AS del área septentrional del Caribe.

Sykes y Ewing (1965) estudiaron la sismicidad del Caribe, poco después, Molnar y Sykes (1969) analizaron la sismicidad, los mecanismos focales y la tectónica del área Caribe-América Central. Kelleher *et al.* (1973) avanzaron en la predicción sísmica en el Pacífico y parte del Caribe. Reyes (1977) presentó para el conjunto La Española-J-P un estudio de riesgo sísmico; Álvarez *et al.* (1985) investigaron la sismicidad del Caribe y la peligrosidad sísmica de C; González y Vorobiova (1989) estudiaron la sismicidad de las Antillas Mayores sobre la base de la profundidad focal. Determinaron que hay dos bandas de sismicidad muy diferenciadas que rompen la estructura homogénea que se consideraba en los estimados de peligro sísmico. Posteriormente Cotilla y Álvarez (1991) realizaron un mapa de zonas de origen de terremotos para La Española-J para compararle estadísticamente con Cuba Oriental, eso dio paso a la preparación del primer esquema de zonas de origen de terremotos para para el segmento C-La Española-J (Cotilla *et al.*, 1991a), y con todos esos resultados Cotilla *et al.* (1997a) determinaron un esquema del potencial sismogénico de la región septentrional del Caribe. Panagiotopoulos (1995) realizó una predicción sísmica para el Caribe sobre la base de un modelo en tiempo y magnitud, así, subdividió el margen septentrional en cinco zonas sísmicas, de ellas las más importantes son dos: La Española y P, sin embargo, diferencia muy bien a las zonas de Cuba Suroriental y J. También Tanner y Sherherd (1997) estudiaron peligro sísmico en Latinoamérica y el Caribe.

Tabla 20
Datos sobre terremotos fuertes y tsunamis en las islas

	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>P</i>
Terremotos $M \geq 7.0$	—	12	7	4	6
Tsunamis	4	3	10	8	4

Nota: C= Cuba, D= República Dominicana, H= Haití, J= Jamaica, P= Puerto Rico.

En todos esos resultados, incluso en el que se presenta aquí (epígrafe Terremotos Importantes), queda claro que la zona de mayor peligro y riesgo sísmico es H (Tablas 3, 4, 6, 14, 18-20). Sin embargo, sus recursos económicos son prácticamente inexistentes y requiere de la ayuda inmediata y sin cortapisas de la comunidad internacional. Y la Tabla 21 contiene datos sobre los cinco terremotos más fuertes del mundo, de ella se aprecia que: 1) el rango de magnitud es de 9.0-9.5; 2) las cifras de muertos son muy importantes, incluso con un solo terremoto; 3) el Caribe no está en ella.

La vulnerabilidad sísmica de los países queda, siempre, en evidencia con la ocurrencia de terremotos fuertes. Estos son los casos, entre otros, de: 1) Asnan-Argelia, 1980 ($M= 7.3$, 500 muertos); 2) México, 1985 ($M= 8.1$, ~10,000 muertos, ~1200.10⁶ pesos); 3) Spitak-Armenia, 1988 ($M= 6.9$, ~50,000 muertos, ~6-8 billion USD); 4) Izmit-Turquía ($M= 7.6$, ~17,000 muertos, 150.10⁹ USD); 5) Japón 2011 ($M= 9.0$, 20,896 muertos, 310.10⁹ USD); 4) Haití 2010 ($M= 7.0$, ~316,000 muertos, 14.10⁹ USD). En esos momentos las autoridades gubernamentales prometen ayudas para la población, sin embargo, transcurridos los días y como norma, esas ayudas no llegan o se retrasan de forma dramática. Esto se ha visto incluso en países desarrollados, por ejemplo España con el terremoto de Lorca del año 2011 ($M= 5.2$) (Asamblea de vecinos de Lorca afectados por el terremoto, 2013; *El País*, 2013; Europapress.es, 2013; Laopiniondemurcia, 2012; Libertadigital.com, 2013; 20 minutos, 2013).

Tabla 21
Terremotos más fuertes del mundo

<i>Núm.</i>	<i>Fecha</i>	<i>Lugar</i>	<i>M</i>	<i>Muertos</i>
1	4 de noviembre de 1952	Kamchatka	9.0	~2,400
2	22 de mayo de 1960	Chile	9.5	1,655
3	27 de marzo de 1964	Alaska	9.2	128
4	26 de diciembre de 2004	Sumatra	9.1	~220,000
5	11 de marzo de 2011	Japón	9.0	20,896

Comparación con otros países del área

En este epígrafe se dan algunos datos que permiten valorar mejor las condiciones de la región septentrional caribeña. Para esto veamos someramente los casos de: 1) Colombia que está enclavada en la zona donde interaccionan las placas del Caribe y de Suramérica, en consecuencia ha tenido importantes terremotos y tsunamis, que han producido tremendas pérdidas humanas y económicas. Como ejemplos relacionamos los siguientes eventos: 1.1) 16 de noviembre de 1827 (M= 9.0, 250 muertos); 1.2) 31 de enero de 1906 (M= 8.8, 1,500 muertos en Colombia y Ecuador); 1.3) dos eventos con M= 7.9 (14 de mayo de 1942 y 12 de diciembre de 1979, con 10 y 450 muertos, respectivamente); 1.4) 19 de enero de 1958 (M= 7.8, 500 muertos); 1.5) 31 de julio de 1970 (en Colombia-Perú M= 7.6, 1 muerto); 1.6) 30 de septiembre de 2012 (M= 7.4); 7) 9 de febrero de 2013 (M= 7.3); 2) Panamá, que es de la región del suroeste de la placa Caribe, demuestra AS, que no siempre se consideró importante (Camacho y Viquez, 1993). Entre los años 1798 y 1930 han ocurrido 11 terremotos fuertes, cuatro de ellos con tsunamis. En todo ese conjunto hay magnitudes de 6.1-8.0. En general, esa información permitió la definición del bloque tectónico de Panamá como una estructura sismogénica e incluso considerarle una microplaca; 3) en los extremos occidental y meridional del Caribe hay otros países donde la AS, volcánica y tsunamigénica es muy importante (Betancourt Ruiz, 1972; Burbach *et al.*, 1984; Camacho y Viquez, 1993; Centeno Grau, 1969; Cruz y Wyss, 1983; Figueroa, 1970, 1974; Fernández *et al.*, 2000; Fiedler, 1961; Goes *et al.*, 1991; Grases, 1974, 1990; Kelleher *et al.*, 1973; Montandom, 1962; Montero, 1989, 1999; Morales, 1989; Palme de Osechas *et al.*, 2001; Panagiotopoulos, 1995; Ramírez, 1975; Rojas *et al.*, 1993; Russo *et al.*, 1992; Schubert, 1983, 1994; Sykes y Ewing, 1965; Tanner y Shedlock, 1983, 2004; Van Huene *et al.*, 1995; Zúñiga y Guzmán, 1994; Zúñiga *et al.*, 1997). De entre ellos presentamos seleccionamos a México y Venezuela (Tabla 22). Con estos datos se confirma que: 1) esas zonas son más activas y conllevan un peligro mayor que nuestra región de estudio; 2) tienen una mayor capacidad de organización y preparación que la mayor parte de las islas caribeñas.

Tabla 22
Datos de dos zonas cercanas al arco septentrional del Caribe

	<i>México</i>	<i>Venezuela</i>
Año del descubrimiento	1501	1498
Mmáx	8.8	7.5
Terremotos fuertes	(M _≥ 8.0) 11	(M 7.0-7.8) 7
Tsunamis	Si	Si
Vulcanismo	Si	Si
Muertos	~25,000	~20,000
Sismicidad (Interior de placas/ Entreplacas)	Si	Si
Red de estaciones sísmicas	Si	Si
Catálogo de terremotos	Si	Si
Estudio de peligrosidad sísmica	Si	Si
Revista científica (<i>Ciencias de la Tierra</i>)	Si	Si
Universidad (especialidad Geofísica)	Si	Si
Instituciones científicas de Geofísica-Sismología	Si	Si
Programas de prevención-mitigación	Si	Si

Conclusiones

El Caribe y el Caribe Septentrional en particular, demuestran tener en más de 500 años, una importante actividad sísmica y tsunamigénica. De hecho se han catalogado más de 100 terremotos fuertes y 28 tsunamis. Todos ellos han producido una importante cantidad de víctimas mortales, cercana al millón; así como también importantes pérdidas económicas.

En el trabajo se exponen las principales características y diferencias de los países (Cuba, Haití, Islas Caimán, Jamaica, República Dominicana, y Puerto Rico), todos ellos con muy limitados recursos económicos. Una valoración cualitativa de las capacidades de trabajo e investigación científica propias de cada uno de esos países, muestra un resultado muy diferente [Puerto Rico (Excelente), Jamaica (Muy Bien), Cuba (Bien), República Dominicana (Regular) y Haití e Islas Caimán (Mal)].

Agradecimientos

Este trabajo obtuvo financiación parcial de tres siguientes proyectos de investigación: TSUJAL (CGL2011-29474-C02-01), CARIBENORTE

(CTM2006-13666-C02-02), y 41-SISMO-HAITÍ. Las figuras fueron preparadas por Amador García Sarduy. La ayuda por parte de los especialistas de la Hemeroteca de la Facultad de Ciencias Físicas de la Universidad Complutense de Madrid, fue decisiva para la búsqueda de muchas referencias. En España al Archivo de Indias, Sevilla; Instituto Geográfico Nacional; y Observatorio del Ebro. En Francia a Laboratoire GTS, Université Montpellier II; Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París; Instituto de Física del Globo de la Universidad Louis Pasteur, Estrasburgo y Biblioteca Central-Nacional, París. En el Reino Unido al Imperial College. A las Universidades de Puerto Rico, Nacional Autónoma de México y Autónoma de Santo Domingo.

Bibliografía

- Abbad F.I., *Historia geográfica civil y natural de la Isla de San Juan Bautista de Puerto Rico*, Editorial Universitaria, Río Piedras, 1970.
- Alcedo A. de, *Diccionario geográfico histórico de las Indias Occidentales o América*, 5 tomos, Madrid, 1786.
- , “Tremblements de Terre”, *Annales de Chimie et de Physique*, tomo 33:402-413, París, 1826 (en francés).
- Álvarez L., Rubio M., Chuy T. y Cotilla M., *Estudio de la sismicidad de la region del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba*, Informe final del tema 310.01, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 1985.
- Álvarez L., Chuy T. García T., Moreno B., Álvarez H., Blanco M., Expósito O. González O. y Fernández A.I., *An earthquake catalogue of Cuba and neighbouring areas*, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Miramare-Triest, Internal Report IC/IR/99/1, 60 pp., 1999 (en inglés).
- Álvarez L., Serrano M., Rubio M., Chuy T. y González, B., “El terremoto del 19 de febrero de 1976. Pílon, región oriental de Cuba”, *Revista Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 5:5-60, 1984.
- Ambraseys N.N., “Magnitudes of Central American earthquakes 1898-1930”, *Geophys.J.Int.*, 121:61-74, 1995 (en inglés).
- Andrew F.M., “Gravity surveys in Jamaica”, *Inst.Geol.Sci.Geophys*, Report GP/0/40, 32 pp., 1969 (en inglés).
- Anuario Estadístico de Cuba*, Oficina Nacional de Estadística, Ciudad de La Habana, 2000.
- Asencio E., *Western Puerto Rico seismicity*, USGS Open File Report, pp. 80-192, 1980 (en inglés).

- Bakun W.H., Flores C.H. y Ten Brink U., “Significant earthquakes on the Enriquillo Fault System, Hispaniola, 1500-2010: Implications for seismic hazard”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 102(1):18-30 (en inglés), 2012.
- Barr K.G. y Robson G.R., “Comment on seismic delays in the Eastern Caribbean”, *Geophys.Jour. of the Royal Astron.Soc.*, 2007 (en inglés).
- Benz H.M., Tarr A.C., Hayes G.P., Villaseñor A., Furlong K.P., Dart R.L. y Rhea S., *Seismicity of the Earth 1900-2010 Caribbean plate and vicinity*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2010-1083-A, scale 1:8,000,000, 2011 (en inglés).
- Bernard P. y Lambert J., “Subduction and seismic hazard in the northern Lesser Antilles”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 78:1,965-1,983; 1988 (en inglés).
- Betancourt Ruiz A., *Terremotos y temblores*, Caracas, Monte Ávila, 1972.
- Bourgeois J., Glacon G., Tavares I. y Villa J., “Découverte d’une tectonique recente á vergence sud dans la Sierra de Neiba (Ile d’Hispaniola, Republique Dominicaine, Grandes Antilles)”, *Comptes Rendus Académie des Sciences, Series D.*, París, 289 pp., 1979 (en francés).
- Bowin C., “Geology of Central Dominican Republic: A case historic of part of an island arc, The Geological Society Memoir-98”, *Caribbean Geol.Inv.*, pp. 11-84, 1966 (en inglés).
- , “Geophysical study of the Cayman trough”, *Jour.Geophys.Res.*, 73(16):5,159-5,173, 1968 (en inglés).
- , *The geology of Hispaniola*, en A. Naim and F. Stehli (Eds.), “The ocean basins and margins: The Gulf of Mexico and the Caribbean, 3”, New York, Plenum Press, pp. 501-552, (en inglés), 1975.
- , “Caribbean gravity field and plate tectonics”, *Geol.Soc.Am. Special Paper*, 169, 79 pp., 1976 (en inglés).
- Bracey D. y Vogt P., “Plate tectonics in the Hispaniola area”, *Geol.Soc.Am.Bull.*, 81:2,885-2,860, 1970 (en Inglés).
- Brookes S., Jamaica geology map, scale 1:250,000, First edition, 1984.
- Brown C.W., “The Jamaican earthquake”, *Popular Science Monthly*, 70:385-403, 1907 (en inglés).
- Bulletin of Seismological Society of America*, “News from the American Republics”, Earthquake Notes (Eastern Sections), Vol. XVII, No. 1-2 1945 (en inglés).
- Buné V.I., Nikolaev N.I. y Polyakova J.P., *Scheme of seismotectonic regions of Europe, distribution of strong earthquake foci and seismicity in 1956-1965*, en Proceedings of XII Assemblée de la Commission Séismologique Européenne, 88-98 p., Luxembourg, 21-29 Sept., 1970 (en inglés).
- Burbach G.V., Frohlich C., Pennington W.D. y Matumoto T., “Seismicity and tectonics of the subducted Cocos Plate”, *Jour.Geophys.Res.*, 89:7,719-7,735, 1984 (en inglés).

- Burke K., Grippi J. y Sengor A.M.C., "Neogene structures in Jamaica and the tectonic style of the Northern Caribbean Boundary Zone", *Jour.Geophys.Res.*, 88(4):375-386, 1980 (en inglés).
- Burke K., Dixon T. y Nemec N., "Neotectonics of Hispaniola", *EOS, Trans.Amer.Geophys. Union*, 62(45) 1981, (en inglés).
- Byrne D.B., Suarez G. y McCann W.R., "Muertos trough subduction-microplate tectonics in the northern Caribbean?", *Nature*, 317:420-421, 1985 (en inglés).
- Calais E., Béthoux N. y Mercier de Lépinay B., "From transcurrent: A seismotectonic study of the northern Caribbean plate boundary from Cuba to Puerto Rico", *Tectonics*, 11(1):114-123, 1992 (en inglés).
- Camacho E. y Viquez V., "Historical seismicity of the North Panama deformed belt", *Revista Geológica de América Central*, 15:49-64, 1993 (en inglés).
- Case J.E. y Holcombe T.L. "Tectonic map of Caribbean", *U.S.Geol.Surv.Misc.Invest.Ser.*, Map I-1100 (scale 1:2,500,000), 1980 (en inglés).
- Case J.E., Holcombe T.L. y Martin R.G., "Map of geologic provinces in the Caribbean region", *Geol.Soc.of Am. Memor.*, 162:1-31, 1984 (en inglés).
- Caytrough, *Geological and geophysical investigations of the Mid-Cayman rise spreading center. Initial results and observations*, en: *Deep drilling results in the Atlantic Ocean: Ocean crust*, Maurice Ewing Ser. (Editores: M. Talwani, C.G. Harrison, D.E. Hays), 1979, Vol. 2, pp. 66-93 (en inglés).
- Centeno Grau M., *Estudios sismológicos*, Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas Naturales, Vol. VII, Caracas, 1969.
- Centre for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University, The World Bank, Latin American and Caribbean population data base, versión 3.0, 2005 (en inglés).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), United Nations Environment Program, Base de Datos de Población de América Latina y El Caribe, 2002.
- Chiesa S. y Mazzoleni G., "Dominican Republic (Hispaniola Island, North-Eastern Caribbean): A map of morpho-structural units at a scale 1:500,000 through Landsat TM image interpretation", *Revista Geológica de América Central*, 25:99-106, 2001 (en inglés).
- Chuy T. y Álvarez, L., "Sismicidad histórica de La Española", *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, núm. 16, 11 pp., 1988.
- Cisternas A., Philip H., Bousquet J.C., Cara M., Deschamps A., Dorbath L., Dorbath C., Haesler H., Jimenez E., Nercessian A., Rivera L., Romanowicz B., Gvishiani A., Shebalin N.V., Aptekman I., Arefiev S., Borisov B.A., Gorshkov A., Graizer V., Lander A., Pletnev K., Rogozhin A.I. y

- Tatevossian R., "The Spitak (Armenia) earthquake of 7 December 1988; field observations, seismology and tectonics", *Nature*, 339:675-679, 1989 (en inglés).
- Cisternas A., Dorel J. y Gaulon R., "Models of the complex source of the Asnam earthquake", *Bull.Seism.Soc.Am.*, 72(6):2,245-2,266, 1982 (en inglés).
- Clinton J.F., Cua G., Huérfano V., Hillebrandt-Andrade Ch. von y Martínez Cruzado J., "The current state of seismic monitoring in Puerto Rico", *Seismological Research Letters*, 77(5):532-543, 2006 (en inglés).
- Compagnie Generale de Geophysique, *Prospección geofísica aeroportada de alta resolución en la República Dominicana*, Dirección General de Minería, Programa de Desarrollo Geológico Minero SYSMIN (7ACP DO 074), 1999.
- Cornish V., "The Jamaica earthquake", *Geographical J.*, 31:245-335, 1908 (en inglés).
- Cotilla M., "Una caracterización sismotectónica de Cuba", tesis doctoral en el Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 200 pp., 1993.
- , "Sismicidad y sismotectónica de Cuba", *Revista Física de la Tierra*, 10:53-86, 1998.
- , "Apuntes necesarios acerca de los acontecimientos sismológicos en Cuba", *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 19:71-93, 1999a.
- , "La ciencia sismológica en Cuba (I). Consideraciones principales", *Revista de Historia de América*, 124:29-53, 1999b.
- , "The Santiago de Cuba earthquake of 11 June 1766: Some new insights", *Geofísica Internacional*, 42(4):589-602, 2003 (en inglés).
- , *Un recorrido por la Sismología de Cuba*, Editorial Complutense, 2007.
- , ¿Tsunamis en Cuba?, *Revista Física de la Tierra*, 23:173-197, 2011.
- Cotilla M.O. y Álvarez J.L., "Determinación de las zonas de origen de terremotos de La Española y Jamaica", Informe Científico-Técnico, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 10 pp., 1991.
- Cotilla M. y Córdoba D., "Notes on three earthquakes in Santiago de Cuba (14.10.1800, 18.09.1826, 07.07.1842)", *Russian Geology and Geophysics*, 51:243-251, 2008 (en inglés).
- , "The Hispaniola fluvial system and its morphostructural content", *Physical Geographic*, 30(5):453-478, 2009a (en inglés).
- , "Morphostructural analysis of Jamaica", *Geotectonics*, 43(5):420-431, 2009b (en inglés).

- , “The Bayamo earthquake (Cuba) of the 18 October 1551”, *International Journal of Geosciences*, 1:1-13, 2010a (en inglés).
- , “The August 20, 1852 earthquake in Santiago de Cuba”, *Russian Geology and Geophysics*, 51:1,227-1,246; 2010b (en inglés).
- , “Determination of lineaments in Hispaniola”, *Revista Geográfica*, 147:114-133, 2010c (en inglés).
- , “Study of the earthquake of the January 23, 1880, in San Cristóbal, Cuba and the Guane fault”, *Izvestiya Physics of the Solid Earth*, 47(6):496-518, 2011a (en inglés).
- , “Análisis morfotectónico de la Isla de Puerto Rico, Caribe”, *Revista Geofísica*, 52:79-126, 2011b.
- , “Comments about tsunami occurrences in the northern Caribbean”, *Tsunamis*, 2011c (en inglés).
- Cotilla M., Álvarez L. y Chuy T., “Determinación del esquema de zonas de origen de terremotos de Cuba, La Española y Jamaica”, Informe científico-técnico, Instituto de Geofísica y Astronomía, 10 pp., 1991a.
- Cotilla M., Bankwitz P., Franzke H.J., Álvarez L., González E., Díaz J.L., Grünthal G., Pilarski J. y Arteaga F., “Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000”, *Comunicaciones científicas sobre Geofísica y Astronomía*, núm. 23, 35 pp., 1991b.
- Cotilla M.O., Córdoba D. y Calzadilla M., “Morphotectonic study of Hispaniola”, *Geotectonics*, 41(5):368-391, 2007a (en inglés).
- Cotilla M.O., Díaz L., González D., Fundora M. y Pacheco M., “Estudio morfoestructural de La Española”, *Revista Minería y Geología*, 14(3):73-88, 1997b.
- Cotilla M.O., Franzke H.J. y Córdoba D., “Seismicity and seismoactive faults of Cuba”, *Russian Geology and Geophysics*, 48:505-522, 2007b (en inglés).
- Cotilla M.O., González E.C., Franzke H.J., Díaz J.L., Arteaga F. y Álvarez L., “Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000”, *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, núm. 22, 37 pp., 1991c.
- Cotilla M.O., Rubio M., Álvarez L. y Grünthal G., “Potenciales sísmicos sector Centro-Occidental del arco de Las Antillas Mayores”, *Revista Geofísica*, 46:127-150, 1997a.
- Cotilla M. y Udías A., “La ciencia sismológica en Cuba (II). Algunos terremotos históricos”, *Revista de Historia de América*, 125:45-90, 1999a.
- , “Geodinámica del límite Caribe-Norteamérica”, *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12(2):175-186, 1999b.
- Cruz G. y Wiss M., “Large earthquakes, mean sea level, and tsunami along the Pacific coast of Mexico and Central America”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 73:553-570, 1983 (en inglés).
- Davidson C., “The Kingston earthquake”, *Nature*, No. 75, 296 pp., 1907 (en inglés).

- Delanoy R.A., “Aspectos de la Sismología Dominicana”, *Historia del Instituto Sismológico Universitario*, República Dominicana, 1996.
- DeMets C., Gordon R.G., Argus D.F. y Stein S., “Current plate motions”, *Geophysical Journal International.*, 101:425-478, 1990 (en inglés).
- DeMets C., Jansma P., Mattioli G.S., Dixon T., Farina P., Bilham R., Calais E., y Mann P., “GPS geodetic constraints on Caribbean-North American plate motion”, *Geophys.Res.Lett.*, 27:437-440, 2000 (en inglés).
- Deng J. y Sykes L., “Determination of Euler pole for contemporary relative motion of the Caribbean and North American plates using slip vectors of interplate earthquakes”, *Tectonics*, 14:39-53, 1995 (en inglés).
- De Zoeten R. y Mann P., *Structural geology and Cenozoic tectonic history of the Central Cordillera Septentrional, Dominican Republic*, en Mann, P. et al., (eds.) “Geologic and tectonic development of the North America-Caribbean plate boundary in Hispaniola”, *Geol.Soc.Amer. Special Paper*, 262:265-280, 1992 (en inglés).
- Directorio de Observatorios Sismológicos, S.L., *América Latina y Caribe. UNESCO, División Ciencias de la Tierra*, 14 pp., Montevideo, 2003.
- Dolan J.F. y Wald D.J., “The 1943-1953 north-central Caribbean earthquakes: Active tectonic setting, seismic hazard and implications for Caribbean-North America plate motion”, *Geol.Soc.Am.Spec. Paper*, 326:143-169, 1998 (en inglés).
- Drully T.W., “The Caribbean sea floor”, *Caribbean Geology an Introduction*, VWI Publisher’s Association Kingston, 1994, 41-63 pp. (en inglés).
- Eberhard M.O., Baldrige S., Marshall J., Mooney W. y Rix G.J., *The Mw 7,0 Haiti earthquake of January 12, 2010*. USGS/EERI Advance reconnaissance team report v.1.1, 2010 (en inglés).
- Estrada Uribe, G., “Un código latinoamericano para la prevención del riesgo sísmico”, *Revista Geofísica*, 4:9-13, 1976.
- Fernández M., Molina E., Havskov J. y Atakan K., “Tsunamis and tsunami hazards in Central America”, *Natural Hazards*, 22:91-116, 2000 (en inglés).
- Fiedler G., “Áreas afectadas por terremotos en Venezuela”, Memorias del III Congreso Geológico de Venezuela, Vol. IV, *Boletín de Geología*, Publicación Especial 3. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Caracas, 1961.
- Fielding H. y Taber S., “The Porto Rico earthquakes of October-November 1918”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 9 (4):95-127, 1919 (en inglés).
- Figuroa J.A. *Catálogo de terremotos ocurridos en la República Mexicana*, Reporte, 272. Serie: Investigación y desarrollo, Coordinación: Sismología e Instrumentación Sísmica, Instituto de Geología, UNAM, México, 1970.

- , *Isosistas de grandes temblores ocurridos en la República Mexicana*, Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 1974.
- Fuller M., “Notes on the Jamaica earthquake”, *J. Geology*, 15:696-721, 1907 (en inglés).
- Gatinsky Yu. G. y Rundquist D.V., “Geodynamics of Eurasia: Plate tectonics and block tectonics”, *Geotectonics*, 38(1):1-16, 2004 (en inglés).
- Goes S., Velasco A., Achwartz S. y Lay T., “The April 22, 1991, Valle de la Estrella, Costa Rica (Mw= 7.7) earthquake and its tectonic implications: A broadband study”, *Jour.Geophys.Res.*, 98:8,127-8,142, 1991 (en inglés).
- González B.E. y Vorobiova E.O., “Distribución de las profundidades focales de los terremotos con la magnitud en la región de las Antillas Mayores”, *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, núm. 8, 7 pp., 1989.
- González E.C., Cotilla M.O., Cañete C.C., Díaz J.L., Carral R. y Arteaga F., “Estudio morfoestructural de Cuba”, *Geogr.Fis.Dinam.Quat.*, 26:49-69, 2003.
- Grases J., *Relación cronológica de sismos destructores de América Central, lapso 1526-1900*, Vol. 2, UCV, Caracas, 1974.
- , “Hacia la reconstrucción de la historia de los terremotos del Caribe”, *Revista Geofísica*, 24:53-70, 1986.
- , *Terremotos destructores del Caribe, 1502-1990*, UNESCO-RELACIS, Caracas, 1990.
- Grindlay N.R., Hearne M. y Mann P., “High risk of tsunami in the northern Caribbean”, *EOS, Trans.Amer.Geophys. Union*, 86(12):121-126, 2005 (en inglés).
- Gutenberg G., y Richter C.F., *Seismicity of the Earth and related phenomena*, Princeton University Press, Princeton, 1954 (en inglés).
- Hall M., *Earthquakes in Jamaica from 1688 to 1909*, Kingston Government Printing Office 58, Kingston, 1912 (en inglés).
- , *Earthquakes in Jamiaca, from 1688 to 1919*, Jamaica Government Printing Office, Kingston, 1922 (en inglés).
- Henares Romero C. y López Casado C., *Catálogo de mecanismos focales del área Ibero-Mogrebí*. Universidad de Granada (Editor: C. López Casado), Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos, 208 pp., 2001.
- Hillebrandt-Andrade C.G. von, “Seismic monitoring in northeastern Caribbean”, *The 17th Caribbean Geological Conference*, San Juan Puerto Rico, July 19-21, 2005 (en inglés).
- Hillebrandt-Andrade C.G. von y Huérfano Moreno V., *Emergent tsunami warnig system for Puerto Rico and the Virgin Islands*, en Proceedings of the Caribbean Tsunami Workshop, NSF, PR Emergency Management, Sea Grant and the UPR, 15 pp., 2004 (en inglés).

- Holcombe T.L., Vogt P.R., Mathews J.E., y Murchinson R.R., "Evidence for sea-floor spreading in the Cayman trough", *Earth and Planetary Science Letters*, 20:357-371, 1973 (en inglés).
- Horsfield W.T., "Major faults in Jamaica", *J.Geol.Soc. of Jamaica*, 14:1-15, 1974 (en inglés).
- , "Quaternary vertical movements in the Greater Antilles", *Geol.Soc.Am.Bull.*, 86:933-938, 1975 (en inglés).
- Horsfield W.T. y Roobol M.T., "A tectonic model for the evolution of Jamaica", *J.Geol.Soc. of Jamaica*, 14:31-38, 1975 (en inglés).
- Humboldt von A. y Bonpland A., *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente*, Cap. XIV, 1807.
- Instituto Geográfico Nacional (IGN), *Mapa sismotectónico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias, escala 1:1.000.000*, Madrid, 1992.
- Institut Haitien de Statistique et de Informatique (IHSI), 1997 (en francés).
- Instituto Sismológico Universitario (ISU), Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana, <<http://uasd.edu.do/>>.
- International Seismological Centre (ISC), 1969-1998, *Regional catalogue of earthquakes*, Edinburg-Newbury, Scotland.
- International Seismological Summary (ISS), 1918-1970, Surrey, Kew Observatory.
- Iñiguez Pérez H.M., Acosta Segura R. y Vizcaino I.A., *Relación de sismos ocurridos en la Isla de República Dominicana: 1551-1975*, (inédito), 1975.
- Jamaica Seismograph Network, Earth Unit, University of the West Indies, Mona, <<http://www.equak.unimona.edu.ja.1104>>.
- Jansma P.E., Mattioli G.S., López A. DeMets Ch., Dixon T.H., Mann P. y Calais E., "Neotectonics of Puerto Rico and the Virgin Islands, northeastern California, from GPS geodesy", *Tectonics*, 19(6):1,021-1,037, 2000 (en inglés).
- Kárnik V., *Seismicity of the European Area*, D. Reidel Publishing Company-Dordrecht-Holland, 1969 (2 parts) (en inglés).
- Kelleher J., Sykes L. y Oliver J., "Possible criteria for predicting earthquake locations and their applications to major plate boundaries of the Pacific and the Caribbean", *Jour.Geophys.Res.*, 78:2,547-2,581; 1973 (en inglés).
- Kovach R.L., *Early earthquakes of the Americas*, Cambridge University Press, 2004 (en inglés).
- Lander J.F. y Lockridge P.A., *United States Tsunamis (Including United States Possessions) 1690-1988*, Boulder: National Geophysical Data Center, 1989 (en inglés).
- Lander J.F. y Whiteside L.S., "Caribbean tsunamis: an initial history", <http://rmoclis.upr.clu.edu/tsunamis/Lander/J_Lander.html>, 1997, (en inglés).

- Lander J.F., Whiteside L.S. y Lockridge P.A., “A brief history of tsunamis in the Caribbean Sea”, *Science of Tsunami Hazards*, 20(2):57-94, 2002 (en inglés).
- Lynch J.J y Bodle R.R., “The Dominican earthquakes of August 1946”, *Bull.Seismol.Soc.Am.*, 38:1-17, 1948 (en inglés).
- Lynch L.L. y Shepherd J.B., *An earthquake catalogue for the Caribbean. Part II. The macroseismic listing for the instrumental period 1900-1991*, Presentation at the Caribbean Latin American Seismic Hazard Project Workshop, Melbourne, FL., 45 pp., 1995 (en inglés).
- Mallet R., *Catalogue chronologique des secousses de la Terre ressenties sur la surface entiere du Globe*, Reports of the Bristish Association, London, 1852-1854 (en francés).
- Mann P. y Burke K., “Neotectonics of the Caribbean”, *Review of Geophysics and Space Physics*, 22(4):309-392, 1984 (en inglés).
- Mann P., Burke K. y Matumoto T., “Neotectonics of Hispaniola: Plate motion, sedimentation and seismicity at a restraining band”, *Earth and Planetary Science Letters*, 70:311-324, 1984 (en inglés).
- Mann P., Taylor F.W., Lawrence E. y Teh-Lung Ku, “Actively evolving microplate formation by oblique collision and sideways motion along strike-slip faults. An example from the northeastern Caribbean plate margin”, *Tectonophysics*, 246:1-69, 1995 (en inglés).
- Mann P., Prentice C.S., Burr G., Peña L.R. y Taylor F.W., “Tectonic geomorphology and paleoseismology of the Septentrional fault system, Dominican Republic”, en *Active strike slips and collisional tectonics of the Northern Caribbean Plate Boundary Zone* (editores Dolan, J. and Mann, P.), Geol.Soc. America, Spec. Paper, 326:63-123, 1998 (en inglés).
- Management Caribbean Disaster Emergency Response Agency (CDERA), <<http://www.cdera.org/>>.
- Martínez Barrios, D., *Consideraciones sobre la historia sísmica de la República Dominicana*, Universidad de Santo Domingo, vol. XLIV, 1946.
- Masson D.G. y Scanlon K.M., “The neotectonic setting of Puerto Rico”, *Geol.Soc.Am.Bull.*, 103:144-154, 1991 (en inglés).
- Mauffret A. y Leroy S., “Seismic stratigraphy and estructura of the Caribbean igneous province”, *Tectonophysics*, 283:61-104, 1997 (en inglés).
- McCann W.R., “On the earthquake hazards of Puerto Rico and the Virgin Islands”, *Bull.Seism.Soc.Amer.*, 75(1):251-262, 1985 (en inglés).
- , *Brief history of early seismic recording in Puerto Rico*, 2009, <http://www.iris.edu/seismo/stations/puerto_rico/references/seismic-recording_history_Puerto_Rico/>.

- McCann W., Feldman L. y McCann M., “Catalog of felt earthquakes for Puerto Rico and neighboring islands 1493-1899 with additional information for some 20th century earthquakes”, *Revista Geofísica*, 62:141-293, 2010.
- McKenzie D., “Active Tectonics of the Mediterranean Region”, *Geophys. Jour. of the Royal Astron. Soc.*, 30:109-185, 1972 (en inglés).
- McNamara D.E., Hillebrandt C. von y Cruz Calderón G., “Nueva red sísmica en la región del Caribe, Golfo de México y la costa este del Atlántico para el sistema de alerta de tsunamis”, *Revista Ciencia y Tecnología*, 16:18-22, 2005 (en inglés).
- McNamara D.E., McCarthey J. y Beng H., *Improving earthquake and tsunami warnings for the Caribbean Sea, the Gulf of Mexico, and the American coast*, USGS, 2006, <<http://pubs.es.usgs.gov/usgspubs/fs/fs.2006.3012>> (en inglés).
- Mendoza C. y Huérfano V., “Earthquake location accuracy in the Puerto Rico-Virgin Islands region”, *Seismological Research Letters*, 76:356-363, 2005 (en inglés).
- Mercado A. y McCann W., “Numerical simulation of the 1918 Puerto Rico tsunami”, *Natural Hazards*, 18(1):57-76, 1998 (en inglés).
- Mezcua J., *Catálogo de Isosistas de la Península Ibérica*, Publicación Técnica, núm. 202, 62 pp., Instituto Geográfico Nacional, Madrid, 1982.
- Molnar P. y Sykes L., “Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity”, *Geol.Soc.Am.Bull.*, 80:1,639-1,684; 1969 (en inglés).
- Montandon F., “Les mégasésimes en Amérique. Revue pour l'étude des calamités”, *Bull. de l'Union Internationale de Secours aux enfants*, Genève, 38:57-97, 1962 (en francés).
- Montero W., “Sismicidad histórica de Costa Rica 1638-1910”, *Geofísica Internacional*, 28(3):531-559, 1989.
- , “El terremoto del 4 de marzo de 1924 (Ms 7.0): ¿Un gran temblor interplaca relacionado al límite incipiente entre la placa Caribe y la microplaca de Panamá?”, *Revista Geológica de América Central*, 22:25-62, 1999.
- Montessus de Ballore F., “La Península Ibérica y sus Colonias”, *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, Vol. 23, Serie 2, tomo 3, 175-184 pp., Madrid, 1894.
- Morales L.D., *Historia del desarrollo de las disciplinas geofísicas en Costa Rica y de la Ciencia y la Tecnología*, Editorial Tecnología de Costa Rica, Cartago, 1989.
- Moreaus de Jonnes, “Tableau chronologique des tremblements de Terre des Antilles”, *Historie Physique des Antilles Francaises*, tomo I, 110-115 pp., 1822 (en francés).

- , “Dates exactes des tremblements de Terre des Antilles. Communiqués en 1826 à l’Académie des Sciences”, *Bull. de Férussac. des Sc.Nat.*, tomo XVII, 195 pp., 1829 (en francés).
- Moreira V., “Sismicidad histórica de Portugal”, *Revista do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica*, 79 p., Lisboa, 1984 (en portugués).
- Moreno B., “The new Cuban seismograph network”, *Seismological Research Letters*, 73(4):504-517, 2002 (en inglés).
- National Disaster Research, Inc., *Kingston metropolitan area seismic hazard assessment final report. Kingston multihazard assessment*, Caribbean Disaster Mitigation Project, US Agency for International Development Organization of American States <www.cas.org/CDMP/hazmap.htm/kma.htm>, pp. 8-19, 1999 (en inglés).
- Nealon J.W. y Dillon W.P., *Earthquakes and tsunamis in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands*, USGS, FS-141-00, April 2001 (en inglés).
- Oficina Nacional de Estadística de la República Dominicana, 2002.
- O’Loughlin K.F. y Lander J.F., *Caribbean tsunamis: A 500-year history from 1498-1998*, Advances in Natural and Technological Hazards Research, vol. 20, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 2003 (en inglés).
- Pacheco J.F. y Sykes L.R., “Seismic moment catalog of large shallow earthquakes, 1900 to 1989”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 82:1,306-1,349; 1992 (en inglés).
- Palme de Osechas Ch., Choy J.E. y Morandi S. M.T., “Mecanismos focales sísmicos y esfuerzos tectónicos en la región norte de los Andes Meridionales, Venezuela”, *Comunicaciones Reports*, 26(5):201-209, 2001.
- Panagiotopoulos D.G., “Long-term earthquake prediction in Central America and Caribbean Sea based on the times and magnitude-predictable model”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 85(4):1,190-1,201, 1995 (en inglés).
- Pereira J. y Turnovsky J., “The Jamaican earthquake of February 26, 1978”, *J.Seism.Res.Counc.*, 5:8-23, 1978 (en inglés).
- Perrey A., “Note historique sur les tremblements de Terre des Antilles”, *Comptes Rendus Académie des Sciences de Paris*, tomo 16:1,283-1,303, 1843 (en francés).
- , “Sur les tremblements de Terre aux Antilles”, *Mém. de l’Acad. des Sc. de Dijon*, pp. 325-392, 1845 (en francés).
- Perrot J., Calais E. y Lèpinay B., “Tectonic and kinematic regime along the northern Caribbean plate boundary: New insights from broadband modeling of the May 25, 1992, Ms 6.9, Cabo Cruz, Cuba, earthquake”, *Pure appl.geoph.*, 149:475-487, 1997 (en inglés).
- Pichardo E., *Geografía de la Isla de Cuba*, 3 partes, Establecimiento Tipográfico de D. M. Soler, La Habana, 1854.

- Plafker G., "Tectonic aspects of the Guatemala earthquake of 4 February 1976", *Science* (American Association for the Advancement of Science) 193(4259):1,201-1,208; 1976 (en inglés).
- Plafker M.G., Bonilla y Bonis S.B., *Geologic effects in the Guatemala Earthquake of February 4, 1976, a preliminary Report*, Professional Paper 1002, Washington, USGS, 1976, pp. 38-51 (en inglés).
- Poey A., "Tableau chronologique des tremblements de terre ressentis a l'île de Cuba de 1551 à 1855", *Annales des Voyages*, 6^a serie, 11, 301 pp. Malte-Brun, Paris, 1855a (en francés).
- , "Supplément au tableau chronologique des tremblements de Terre ressentis a L'île de Cuba de 1530 à 1855", *Annales des Voyages*, tomo 4, pp. 286-325, A. Bertrand, Malte-Brun, Paris, 1855b (en francés).
- , "A chronological table. Comprising 400 cyclonic, hurricanes which have occurred in the West Indies and in the North Atlantic within 362 years from 1493-1855, with NA bibliographical list of accounts of hurricanes", *J.Roy.Geogr.Soc.Lond.*, 25:291-328, 1855c (en inglés).
- , "Catalogue chronologique des tremblements de Terre ressentis dans les Indes Occidentales de 1530 à 1857. Accompagné d'une revue bibliographique contenant tous les travaux relative aux tremblements de Terre des Antilles", *Annuaire de la Société Météorologique de France*, tomo 5:75-227, 1857 (en francés).
- , *Relación del gran terremoto acaecido el 13 y 16 de agosto de 1868 en las Repúblicas del Perú, Chile y del Ecuador, relacionado con otros temblores de tierra en Acapulco, San Francisco, Estados Unidos, Islas de Sanceoride, Japón, Australia, Hungría, Inglaterra y San Thomas, acontecidos hasta el 16 de noviembre*, Imprenta La Antilla, de Coelio Negrete, La Habana, 16 pp., 1868.
- Population Census of Jamaica 2001, Jamaica Government (en inglés).
- Prentice C.S. y Mann P., "Paleoseismic study of the South Lajas fault: First documentation of an onshore Holocene fault in Puerto Rico", (editor: P. Mann), en *Active Tectonics and Seismic Hazards of Puerto Rico, the Virgin Islands, and Offshore Areas. Geological Society of America Special Paper 385*, pp. 215-222, 2005 (en inglés).
- Puerto Rico Seismic Network (PRSN), Historical catalogue of Puerto Rico, <<http://temblor.uprm.edu/~victor/PRSN/history/>>.
- Pubellier M., Vila J.M. y Boisson D., "North Caribbean neotectonics events: The Trans-Haitian fault system. Tertiary record of an oblique transcurrent shear zone uplifted in Hispaniola", *Tectonophysics*, 194:217-236, 1991 (en inglés).
- Pubellier M., Mauffret A., Leroy S., Vila J.M. y Amilcar H., "Plate boundary readjustment in oblique convergence: Example of the Neogene of Hispaniola, Greater Antilles", *Tectonics*, 19(4):630-648, 2000 (en inglés).

- Ramírez J.E., *Historia de los terremotos en Colombia*, Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”, 1975.
- Reblin M.T. *Regional gravity survey of the Dominican Republic*, Ms Thesis, University of Utah, Salt Lake, Utah, 129 pp., 1993 (en inglés).
- Red Sísmica de Puerto Rico, Departamento de Geología, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico, <<http://redsismica.uprm.edu/spanish>>.
- Reid H.F. y Taber L., *The Porto Rico earthquake of 1918 with descriptions of earlier earthquakes*, Report of the Earthquake Investigation Commission, Document No. 269, US. House of Representatives, 66th Congress, 1st Session, 1919 (en inglés).
- Renard V., Mercier de Lépinay B. y Buffet G., “North Caribbean plate boundary: High resolution imagery of the Oriente fault across the Windward Passage and South of Tortuga Island: A model for strike-slip tectonics”, *EOS, Transactions American Geophysical Union*, No. 73, 278 pp., 1992 (en inglés).
- Reyes L., “Sismicidad y riesgo sísmico de La Española, Jamaica y Puerto Rico”, *Boletín del IMME*, 15:59-60, 1977.
- Robinson E., Versey H.R. y Williams J.B., “The Jamaica earthquake of march 1, 1957”, *Proceedings of the 2nd Caribbean Geological Conference, Mayagüez, Puerto Rico*, pp. 50-57, 1958 (en inglés).
- Robson G.R., “An earthquake catalogue for the eastern Caribbean 1530-1960”, *Bull.Seism.Soc.Amer.*, 54(2):785-832, 1964 (en inglés).
- Rockwood C.G., “Notices of recent American earthquakes”, *American Journal of Science*, 12:25-30, 1876 (en inglés).
- , “Notices of recent American earthquakes”, *American Journal of Sciences*, 19(9):25-299, 1880 (en inglés).
- Rojas W., Bungun H. y Lindholm C., “Historical and recent earthquakes in Central America”, *Revista Geológica de América Central*, 16:5-22, 1993 (en inglés).
- Rosencratz E. y Mann P., “Sea MARC II mapping transform faults in the Cayman trough Caribbean Sea”, *Geology*, 19:690-693, 1991 (en inglés).
- Rosencratz E., Ross M.I. y Sclater J.G., “Age and spreading history of the Cayman trough as determined from depth, heat flow and magnetic anomalies”, *Jour.Geophys.Res.*, 93:2,141-2,157, 1988 (en inglés).
- Rosencratz E. y Sclater J.G., “Deep and age in the Cayman trough”, *Earth and Planetary Science Letters*, 79:133-144, 1986 (en inglés).
- Rubio M., “Ocurrencia de tsunamis en el Caribe”, *Revista Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 2:170-180, 1982.
- Rubio M., Cotilla M. y Álvarez L., *Evidencias sobre la microplaca Gonaive*, Informe científico-técnico del Departamento de Sismología, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 20 pp., 1994.

- Russo R.M., Okal E.A. y Rowley K.C., "Historical seismicity of the south-eastern Caribbean and tectonic implications", *Pure appl.geoph.*, 139:87-119, 1992 (en inglés).
- Schubert C., *Los terremotos en Venezuela y su origen*, Caracas, LAGOVEN, 1983.
- , "Tsunamis in Venezuela: Some observations on their occurrence", *Journal of Coastal Research*. Special Issue, 13, *Coastal Hazards*, 189, 1994 (en inglés).
- Serrano M. y Álvarez L., "Desarrollo de la sismología instrumental en Cuba", *Revista Investigaciones Simológicas en Cuba*, 4:5-10, 1983.
- Sherer J., "Great earthquakes in the Island of Haiti", *Bull.Seism.Soc.Am.*, 2(1):161-180, 1912 (en inglés).
- , "Catalogue chonologique des Trtemblements de Terre Ressentis Dans l'Ile d'Haiti de 1551 a 1900", *Bulletin Semestriel de L'Observatoire Meteorologique du Seminaire-College St-Martial, Port-au-Prince, Haiti Julliet-Decembre 1913*, pp. 147-151, 1914 (en francés).
- Shepherd J.B. y Aspinall W.A., "Seismicity and seismic intensities in Jamaica, West Indies: A problem in risk assessment", *Earthq.Eng.Struct.Dyn.*, 8:315-335, 1980 (en inglés).
- Shepherd J.B. y Aspinall W.A., "Seismicity and earthquake hazard in Trinidad and Tobago, West Indies", *Earth.Eng.Struct.Dyn.*, 11:229-250, 1983 (en inglés).
- Shepherd J.B., Beckles D.M., Aspinall W.A. y Clarke S., *Recent seismicity of the Trinidad and Tobago, Paria Peninsula region*, Transactions Fourth Latin American, Geological Conference, Port of Spain, pp. 926-928, 1986 (en inglés).
- Shepherd J.B. y Lynch L.I.L., *An earthquake catalogue for the Caribbean Part I, the pre-instrumental period 1502-1900*, Report submitted for the Executive Committee of the Latin American and Caribbean Program of Seismic Vulnerability, 1992 (en inglés).
- Shepherd J.B., Lynch L.I.L. y Tanner J.C., "A revised earthquake catalogue for the Eastern Caribbean Region: 1513-1992", Proceedings of the Caribbean Conference on Natural Hazards: Volcanoes, earthquakes, windstorms, floods, Trinidad y Tobago, pp. 43-52, 1993 (en inglés).
- Singh S.K., Rodríguez M. y Espíndola J.M., "A catalogue of shallow earthquakes of Mexico from 1900-1981", *Bull.Seism.Soc.Am.*, 74:267-279, 1984 (en inglés).
- Spilhaus A.F., Jr., "Geofísica, panorama general", *Revista Geofísica*, 3:11-20, 1975.
- Sykes L.R. y Ewing M., "The seismicity of the Caribbean region", *Jour.Geophys.Res.*, 70(20):5,065-5,074, 1965 (en inglés).
- Taber S., "Jamaica earthquakes and the Bartlett Trough", *Bull.Seism.Soc.Am.*, 10(2):84-88, 1920 (en inglés).

- , “The seismic belt in the Greater Antilles”, *Bull.Seism.Soc.Am.*, 12(4):199-219, 1922 (en inglés).
- Tanner J.G. y Shedlock K.M., “Seismic maps of Mexico, the Caribbean and Central and South America”, *Tectonophysics*, 190:159-175, 2004 (en inglés).
- Tanner J.G. y Sherherd J.B., *Seismic hazard in Latin America and the Caribbean*, Vol. 1 of the final report on the seismic hazard. Project Sponsored by the 7th International Development Research Centre, Ottawa, Canada and Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1997, 148 pp. (en inglés).
- Tippenhauer L., *Liste der Erdebebe, auf Haiti in die Insle Haiti*, Leipzig, pp. 170-175, 1893 (en alemán).
- Tomblin J.M. y Robson G.R., *A catalogue of felt earthquakes for Jamaica with references to other islands in the Greater Antilles: 1524-1971*. Mines Geol.Div. Special Publ., 2, 243 pp., Jamaica, 1977 (en inglés).
- Udías A. y Buforn E., “Regional Stress Along Eurasia - Africa Plate Boundary Derived From Focal Mechanisms of Large Earthquakes”, *Pure appl.geophys.*, 136:433-448, 1991 (en inglés).
- Udías A., Buforn E. y Ruiz de Gama J., *Catalogue of Focal Mechanisms of European Earthquakes*, Departamento de Geofísica, Universidad Complutense de Madrid, 274 pp., 1989 (en inglés).
- US Census Bureau 1990 Decennial Census and 1997 Population Estimates of Puerto Rico (en inglés).
- Van Dusen S.R. y Doser D.I., “Faulting process of historic (1917-1962) $M \geq 6.0$ earthquake along the North-Central Caribbean margin”, *Pure appl.geophys.*, 157:719-736, 2000 (en inglés).
- Von Huene R., Bialas J., Emeis K., Fluh E., Leandro C., Cropp B., Csrnok T., Fabel E., Perez I., Flores A., Hoffman J., Holler P., Leon R., Barrios O., Chavarria J., Jeschke G. y Escobedo D., “Morphotectonics of the Pacific convergent margin of Costa Rica”, *Geologic.Soc.Amer.Spec*, Paper, 295:291-307, 1995 (en inglés).
- Weissert T.P., “Tsunami travel time charts for the Caribbean”, *Science of Tsunami Hazard*, 8(2):67-78, 1990 (en inglés).
- Wiggings-Grandison M., “Seismology of the January 13, 1993, earthquake”, *J.Geol.Soc. Jamaica*, 30:1-14, 1996 (en inglés).
- , “Preliminary results from the new Jamaica seismograph network”, *Seismological Research Letters*, 72:525-537, 2001 (en inglés).
- Wiggings-Grandison M. y K. Atakan K., “Seismotectonics of Jamaica”, *Geoph.Jour.Int.*, 160(2):573-580, 2005 (en inglés).
- Young Christopher J., Thorne Lay y Christopher S. Lynnes, “Rupture of the 4 February 1976 Guatemalan earthquake”, *Bull.Seism.Soc.Amer.*, 79(3):670-689, 1989 (en inglés).

- Zahibo N. y Pelinovsky E.N., "Evaluation of tsunami risk in the Lesser Antilles", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1:221-231 2001 (en inglés).
- Zúñiga R. y Guzmán M., *Main seismogenic source zones in Mexico*, Technical Report, Seismic Hazard Project, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1994.
- Zúñiga R., Suárez G., Ordaz M. y García-Acosta V., *Peligro sísmico en Latinoamérica y el Caribe. Capítulo 2: México*, Proyecto 89-0190, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, 1997.

RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS

