

TERREMOTOS DE CUBA

Mario Octavio Cotilla-Rodríguez

Depto. de Geofísica y Meteorología, Facultad de Ciencias Físicas

Universidad Complutense de Madrid

E-mail: mariocta@eucmax.sim.ucm.es

RESUMEN

Se presenta una recopilación, previa selección del autor, de diversas fuentes consultadas de los terremotos en Cuba. Así, el primer evento sísmico que se conoce ocurrió en 1528 ($I_{\text{máx}}=6$ grados MSK) en la localidad de Baracoa (la primera villa fundada en el país). Los sismos históricos más fuertes son dos (1766 y 1852) que se asocian a las cercanías de Santiago de Cuba ($I_{\text{máx}}=9$ grados MSK). Sin embargo, el número de víctimas mortales es muy diferente (120 y 2, respectivamente). El terremoto de Gibara en 1914 ($M_s=6.2$, $I_{\text{máx}}=7$ grados MSK) constituyó el primer registro instrumental por una estación de Cuba (perteneciente a la Orden de los Jesuitas en La Habana) de un terremoto en ese país. El sismo de 1880 en la localidad de San Cristóbal ($I_{\text{máx}}=8$ grados MSK) se recoge como el más fuerte de Cuba Occidental hasta el presente; fue estudiado desde el punto de vista ingeniero - sismológico por dos especialistas españoles, Benito Viñes y Pedro Salteraín. El terremoto más fuerte del presente siglo (1995) se localizó en Cabo Cruz ($M_s=6.9$, $I_{\text{máx}}=7$ grados MSK). En la región Central (Remedios - Caibarién) ocurrió un fuerte terremoto en 1939, registrado por la red internacional ($M_s=5.6$, $I_{\text{máx}}=7$ grados MSK). El evento de 1976 de Pilón, registrado también por la red internacional, ($M_s=5.7$, $I_{\text{máx}}=8$ grados MSK) ocasionó dos muertos.

Palabras clave: Sismicidad, terremotos, Cuba.

INTRODUCCIÓN

Cuba es un territorio que está localizado, desde el punto de vista neotectónico, en la placa litosférica de Norteamérica y limita en su parte suroriental con la pequeña placa del Caribe (Figura 1). En consecuencia, Cuba refleja no sólo la actividad del proceso de interacción de las placas mencionadas sino también de su evolución y condiciones geodinámicas. Esa actividad es de tipo sísmico y, lógicamente, resulta más frecuente y fuerte en la parte suroriental. En la Figura 1 se distingue muy bien que la sismicidad de Cuba es de una importancia menor, relativamente, que la de otras zonas del marco Norteamérica - Caribe.

La sismicidad del territorio cubano ha sido tratada en diversos trabajos, incluso desde el siglo XVI. Uno de los primeros catálogos de terremotos de América fue preparado para Cuba (Poey, 1855a,b, 1857). Se considera que es a partir del año 1985 cuando se sistematiza la información y también se documenta una síntesis (Alvarez *et al.*, 1985). Sin embargo, la divulgación no ha resultado ser eficiente.

El objetivo del presente trabajo es exponer de una forma concreta, sobre la base de diversas fuentes consultadas, los terremotos que han ocurrido en Cuba y sus inmediaciones. Esas fuentes son principalmente: Alvarez *et al.* (1985, 1990, 1993) y Chuy *et al.* (1988).

TERREMOTOS OCURRIDOS Y REFERIDOS EN CUBA

Según Alvarez *et al.* (1985) en Cuba se producen dos tipos diferentes de sismicidad: de entreplacas litosféricas (o de borde de placas) y de interior de placas litosféricas (o intraplacas). En torno de esta cuestión Benito Viñes había apuntado, muy acertadamente, en el siglo XIX, las diferentes características de la sismicidad del archipiélago cubano (Gutiérrez Lanza, 1914). Otros autores como Mann y Burke (1984) determinaron la existencia de una zona límite de placas litosféricas (ZLPL) que con un ancho variable (80-200 km) se extiende a lo largo del contacto de las placas Norteamérica y Caribe, delimitado éste por Molnar y Sykes (1969). Tal límite lo extendieron Mann y Burke (1984) al borde emergido de Cuba suroriental e incluyeron al resto de las islas del arco de Las Antillas Mayores. Por su parte, Cotilla *et al.* (1991a) incorporaron, con idénticos argumentos, a la parte oriental de Cuba, denominándolas Unidades Sismotectónicas Suroriental y Oriental (Figura 2).

En Cuba y sus inmediaciones han ocurrido muchos eventos sísmicos de carácter natural (Alvarez *et al.*, 1985), algunos de los cuales han tenido consecuencias desastrosas para la población y su economía. Sin embargo, la creencia general (dadas las periodicidades de ocurrencia) es que sólo se pueden producir terremotos fuertes en la parte suroriental y en específico en la ciudad de Santiago de Cuba.

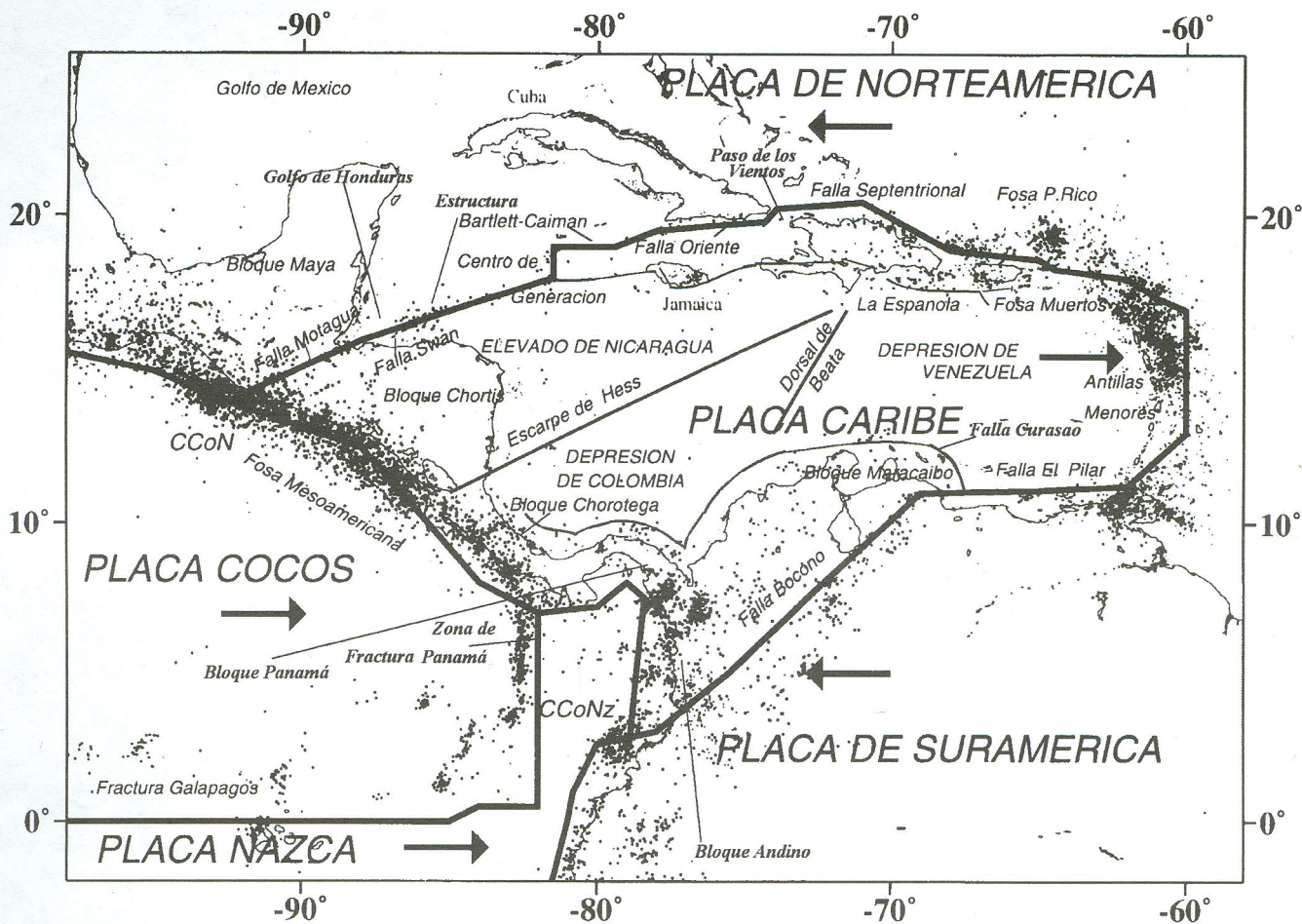


Figura 1. Localización de Cuba en el contexto de placas litosféricas. (Se representa la sismicidad del período 1990-1996, documentada a partir de datos del NEIS.).

Para lograr una exposición ordenada, coherente y fácil se utilizará el convenio de considerar una división general desde el punto de vista físico - geográfico de nuestra región de estudio, —Cuba y sus inmediaciones— en cuatro partes (Figura 3). Los límites son tectónicos y corresponden a los sistemas de fallas: Bartlett-Caimán (Oriente), Nortecubana, Surcubana, Cauto-Nipe y Cochinos.

TERREMOTOS DEL LÍMITE DE PLACAS

La zona límite de placas litosféricas Norteamérica - Caribe es una extensa, heterogénea y activa conjunción de estructuras, donde se producen fuertes y frecuentes eventos sísmicos (Sykes y Ewing, 1965; Mann y Burke, 1984) (Figura 1). Ha sido estudiada por distintos autores, entre ellos: Bowin (1968, 1976); Cotilla *et al.* (1991b); Hernández *et al.* (1989); Rosencratz y Mann (1991). Sin embargo, el nivel de estudio es aún insuficiente. (Incluso no está cubierta por estaciones sismológicas de una forma adecuada (Cotilla y Udías, 1997)).

En la ZLP se localizan dos fosas oceánicas profundas (aproximadamente 8 km), Oriente y Puerto Rico, un centro de generación de corteza oceánica y un sistema de arcos de islas con sistemas de cuencas de tipo *pull-apart* (Figura 1). En

correspondencia con lo anterior, es comprensible que en algunos sectores existan importantes modificaciones del patrón de mecanismo focal de tipo transcurrente a la izquierda (Cotilla y Udías, 1997) (Figura 4).

Dentro de la ZLPL merecen especial atención las siguientes regiones: el sector suroriental de Cuba (incluyendo la isla de Jamaica), el sector al oeste del Paso de los Vientos (la isla de La Española, Haití y República Dominicana) y el sector entre Cabo Cruz y las Islas Caimán, inclusive (Figura 1).

En la Tabla 1 se incluyen los eventos sísmicos más importantes que han ocurrido en la parte suroriental de Cuba, en específicamente en la Unidad Sismotectónica Suroriental (Cotilla *et al.*, 1991a). Todos los hipocentros están localizados en la región marina.

Se debe indicar que Pacheco y Sykes (1992) presentaron una reevaluación de dos terremotos para esta parte de la ZLPL, 1910.01.01 (11:02; 16.50 N, - 84.00 O; h = 60 km; Ms = 7.0; Mo = 0.44×10^{20} Nm) y 1971.02.20 (19:29; 19.50 N, -78.50 O; h = 70 km; Ms = 7.1; Mo = 0.62×10^{20} Nm). Sin Embargo en el catálogo de Alvarez *et al.* (1993) son descartados.

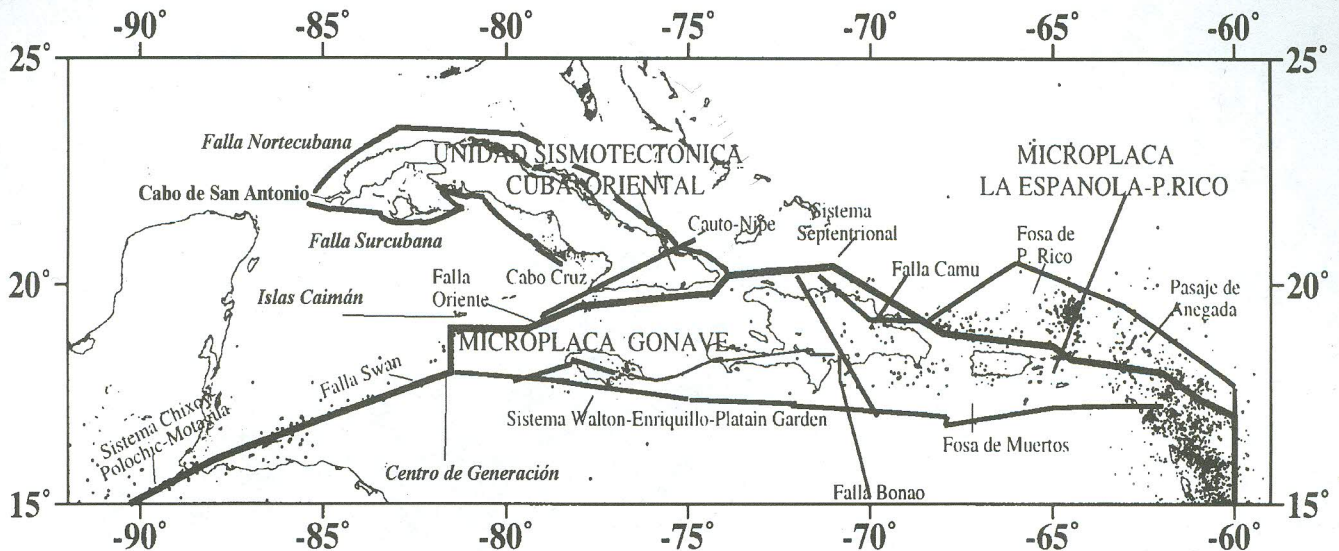


Figura 2. Zona norte del Caribe.

Tabla 1. Terremotos de la Unidad Sismotectónica Suroriental

No.	Fecha	Tiempo	Lat. N	Lon. O	h (km)	Ms	Io (MSK)	Ip (MSK)
1	1766.06.12	05:14	(19.90)	(-76.10)	(30)	(7.5)	9	9
2	1852.08.20	14:05	(19.75)	(-75.32)	(35)	(7.3)	9	8-9
3	1887.09.23	11:55	(19.40)	(-73.40)	(60)	(7.9)	9	7
4	1578.08		(19.9)	(-76.0)	(30)	(6.75)	8	
5	1678.02.11	14:30	(19.9)	(-76.6)	(30)	(6.75)	8	
6	1760.07.11		(19.9)	(-76.0)	(30)	(6.75)	8	
7	1842.07.07		(19.9)	(-76.0)	(30)	(6.0)	7	
8	1852.11.26	08:15	(19.9)	(-76.2)	(30)	(6.5)	8	
9	1858.01.28	09:45	(19.9)	(-76.0)	(30)	(6.5)	7	
10	1914.12.25	04:50	(19.9)	(-76.3)	(30)	(6.0)	7	
11	1932.02.03	06:16:00	19.8	-75.8	(30)	(6.75)	8	8
12	1947.08.07	00:40:20	19.9	-75.3	(50)	(6.3)	7	7
13	1995.05.25	16:55:04.17	19.613	-77.872	23	6.9	7	
14	1580		(19.9)	(-76.6)	(30)	(5.75)	7	
15	1675.02.11		(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.75)	7	
16	1682		(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.75)	7	
17	1757.12.14	16:15	(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.25)	6	
18	1762		(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.75)	7	
19	1775.02.11		(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.75)	7	
20	1826.09.18	09:00	(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.75)	7	
21	1894.01.09	05:00	(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.0)	6	
22	1903.09.19	08:09	(19.9)	(-75.8)	(30)	(5.4)	7	7
23	1906.06.22	06:40	(19.9)	(-76.0)	(30)	(5.7)	7	
24	1927.03.05	04:17	(19.8)	(-75.5)	(30)	(5.0)	6	
25	1930.01.17	12:00	(19.9)	(-75.8)	(30)	(5.4)	7	
26	1932.06.06	09:12:45.0	(19.85)	(-75.90)	(35)	(5.3)	6	6
27	1940.07.30	16:05:24	19.4	-75.1		5.6	6	
28	1976.02.19	13:59:59	19.87	-76.87	15	5.7	8	
29	1990.08.26	07:53:41.69	19.592	-77.874	10	5.1	8	

Nota: Las cifras entre paréntesis se refieren a determinaciones macrosísmicas.

TERREMOTOS DE CUBA ORIENTAL

El territorio localizado al este del sistema de fallas activas transverso - diagonales (dirección NE-SO) de Cauto - Nipe es denominado Unidad Sismotectónica de Cuba Oriental (Cotilla *et al.*, 1991a) (Figura 2). La característica principal de esta región es el relieve montañoso. En él se encuentran no sólo las mayores altitudes sino también las áreas donde han sido más intensos los movimientos neotectónicos de tipo vertical (González *et al.*, 1989) y los contrastes del relieve más significativos del norte del Caribe (Cotilla *et al.*, 1991c).

Dada la inmediata cercanía de este bloque a la zona más activa (la Unidad Sismotectónica Suroriental, Figura 3), no pocos

eventos sísmicos propios de la Unidad Oriental pudieron ser asociados a la Unidad Suroriental. También se ha demostrado, a partir de investigaciones macrosísmicas, que los eventos de la Unidad Suroriental en particular y de la ZLPL en general le han afectado (Alvarez *et al.*, 1985).

Las primeras villas fundadas por los españoles desde su arribo en 1492 están situadas en el territorio de Cuba Oriental, entre ellas: Baracoa (1511), Santiago de Cuba (1515) y Bayamo (1513). Todas ellas han sufrido en más de una ocasión los efectos de terremotos (Alvarez *et al.*, 1985).

La tabla 2 contiene los datos de los eventos sísmicos más importantes y fuertes de esta región.

Tabla 2. Terremotos más fuertes e importantes de la Unidad Sismotectónica Oriental.

No.	Fecha	Tiempo	Lat. N	Lon. O	h (km)	Ms	Io (MSK)	Localidad
1	1528		(20.50)	(-74.50)	(30)	(5.0)	6	Baracoa
2	1551		(20.40)	(-76.60)	(15)	(5.8)	8	Bayamo
3	1624.10		(20.40)	(-76.60)	(15)	(5.2)	7	Bayamo
4	1905.10.21	14:29	(20.18)	(-75.71)	(20)	(4.5)	5	Alto Songo
5	1926.08.03	11:30	(20.35)	(-77.15)	(10)	(4.8)	7	Manzanillo
6	1927.03.01	03:00	(20.38)	(-76.66)	(15)	(3.7)	5	Bayamo
7	1992.03.20	13:35:06.0	20.65	-74.72	10		6	Moa

Nota: Las cifras entre paréntesis se refieren a determinaciones macrosísmicas.

TERREMOTOS DE CUBA CENTRO - ORIENTAL

Esta región está situada al oeste del sistema de fallas Cauto - Nipe y colinda con la porción más occidental (que posteriormente se presenta) de la Unidad Sismotectónica Occidental (Cotilla *et al.*, 1991a). El relieve es fundamentalmente de llanuras, con algunos sistemas montañosos (de pequeña extensión) que tienen sus ejes principales en la misma dirección que la estructura de la isla, de E-O a NO. Esos sistemas son de menores cotas que los de la parte oriental. La parte más energética se ubica en las inmediaciones de Sancti Spíritus, Trinidad - Cienfuegos, donde se han determinado movimientos neotectónicos de tipo vertical ligeramente superiores a los 1,000 m (González *et al.*, 1989).

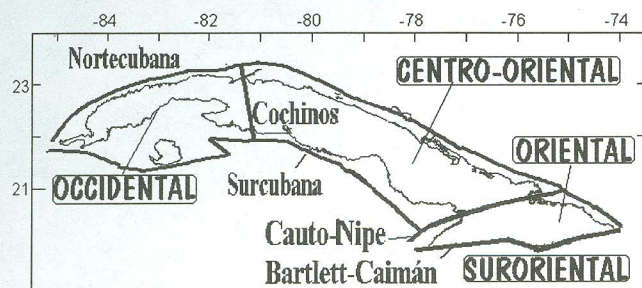


Figura 3. Esquema de la región de estudio.

En esta parte de Cuba se han sentido algunos estremecimientos de terremotos de la ZLPL (como por ejemplo el de Islas Caimán, 1852.07.07) y de la Unidad Sismotectónica Suroriental (como los sismos de 1990 y 1992 de las inmediaciones de Cabo Cruz y 1932 de las inmediaciones de Santiago de Cuba).

En la Tabla 3 se incluyen los eventos sísmicos más fuertes y significativos de la región.

Tabla 3. Terremotos más fuertes e importantes de Cuba Centro Oriental.

No.	Fecha	Tiempo	Lat. N	Lon. O	h(km)	Ms	Io (MSK)	Localidad
1	1824.01.05	08:59	(21.80)	(-79.98)	(10)	(4.3)	6	Trinidad
2	1837.04.22	14:44	(21.72)	(-77.86)	(15)	(3.7)	5	Cubitas
3	1838		(21.80)	(-79.98)	(10)	(3.8)	5	Trinidad
4	1861.06.27		(22.81)	(-80.08)	(10)	(3.8)	5	Sagua la Grande
5	1872.06	23:29	(22.51)	(-79.47)	(10)	(4.2)	5.5	Caibarién-Remedios
6	1873.08.12	03:29	(22.48)	(-79.55)	(10)	(4.5)	6	Remedios
7	1886.08.31	22:20	(22.94)	(-80.01)	(15)	(3.8)	5	Isabela de Sagua
8	1896.04.25		(22.51)	(-79.47)	(10)	(3.9)	5	Caibarién
9	1906.06.05	05:59	(22.88)	(-80.38)	(10)	(3.8)	5	Rancho Veloz
10	1909.01.24	19:29	(21.80)	(-79.98)	(10)	(4.3)	6	Trinidad
11	1909		(21.12)	(-76.13)			5	Gibara
12	1914.02.28	05:19	(21.25)	(-76.20)	(32)	(6.15)	7	Gibara
13	1916.02.11		(1.10)	(-76.48)	(10)	(3.6)	5	Gibara
14	1937.05.14		(22.78)	(-80.08)	(10)	(3.6)	5	Sagua la Grande
15	1939.01.13	09:35	(22.52)	(-79.47)	(10)	(3.8)	5	Caibarién
16	1939.08.15	03:52:31.0	22.50	-79.25		5.6	7	Remedios-Caibarién
15	1943.07.30	02:40	(21.85)	(-80.10)	(15)	(4.6)	6	Trinidad
16	1949.06.09		(21.92)	(-80.02)	(10)	(3.8)	5	Topes de Collantes
17	1952.02.03	16:30	(22.88)	(-80.28)	(15)	(4.0)	5	Quemado de Güines
18	1953.01.01	11:20	(22.10)	(-78.60)	(5)	(3.9)	6	Morón
19	1960.05.25	15:30	(22.45)	(-79.48)	(15)	(4.0)	5	Remedios
20	1972.06.27	00:12	(21.80)	(-78.05)	(5)	(3.0)	5	Esmeralda
21	1974.04.08	03:18:11.0	(21.80)	(-78.05)	(5)	(4.1)	6	Esmeralda
22	1974.11.05	06:35	(21.97)	(-78.23)	(10)	(4.0)	5	Esmeralda
23	1976.10.24	02:15	(21.97)	(-79.98)	(10)	(4.5)	5.5	La Felicidad

Nota: Las cifras entre paréntesis se refieren a determinaciones macrosísmicas.

TERREMOTOS DE CUBA OCCIDENTAL

La parte de Cuba entre la zona de fallas Cochinos y el Cabo de San Antonio pertenece a la Unidad Sismotectónica Occidental (Cotilla *et al.*, 1991a) (Figura 3). Su característica principal es que las estructuras pre - neotectónicas tienen una dirección NE y destaca también por la inflexión de la isla en las inmediaciones de Matanzas (Cotilla *et al.*, 1991b). Los mayores niveles hipsométricos y las amplitudes de los movimientos neotectónicos verticales están en el Sistema Montañoso de Guaniguanico de la provincia Pinar del Río (González *et al.*, 1989). Este sistema se localiza al oeste de la capital del país, Ciudad de La Habana.

En esta parte del territorio cubano son muy escasos los informes de perceptibilidad de terremotos de la parte oriental e incluso de la ZLPL.

Los terremotos más importantes y fuertes aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4. Terremotos más fuertes e importantes de Cuba Occidental.

No.	Fecha	Tiempo	Lat.N	Lon.O	h (km)	Ms	Io (MSK)	Localidad
1	1843.02.21		(23.13)	(-82.40)	(10)	(3.7)	5	Ciudad Habana
2	1854		(23.05)	(-81.58)	(10)	(3.7)	5	Matanzas
3	1868.03.25		(23.13)	(-82.40)	(10)	(3.7)	5	Ciudad Habana
4	1871		(21.87)	(-82.78)	(10)	(4.2)	5	El Abra
5	1879.12		(22.78)	(-83.45)	(20)	(4.2)	5	Cajalbana
6	1880.01.23	04:39	(22.70)	(-83.00)	(15)	(6.0)	8	San Cristóbal
7	1896		(22.75)	(-83.56)	(20)	(4.2)	5	La Palma
8	1903		(22.68)	(-81.11)	(18)	(4.1)	5	Agramonte
9	1907.02.19		(23.13)	(-82.40)	(10)	(3.7)	5	Ciudad Habana
10	1937.12.20						6	San Cristóbal
11	1964.03.27		(22.07)	(-81.04)	(10)	(3.7)	5	Girón
12	1981.06.11	18:35	(22.20)	(-83.48)	(10)	(3.7)	5	Alonso de Rojas
13	1982.12.16	20:20:17.0	22.60	-81.25	22	4.5	6	Torriente-Jagüey Grande
14	1995.03.09					2.5	5	San José de las Lajas

Nota: Las cifras entre paréntesis se refieren a determinaciones macrosísmicas.

MECANISMOS FOCALES Y TSUNAMIS

Como se dijo anteriormente, sólo han sido determinados mecanismos focales para la ZLPL. Algunos de ellos se relacionan en la Tabla 5. Hasta la fecha sólo el trabajo de Perrot *et al.* (1997) ha enfrentado el estudio de la zona fuente de un terremoto en Cuba, precisamente en la ZLPL.

Tabla 5. Terremotos del segmento suroriental de Cuba con mecanismos focales.

No	Fecha	Lat. N-Lon. W	Magnitud	Fuente
1	19.09.1957	16.96-85.60	mb = 6,0	Molnar y Sykes, 1969
2	25.07.1962	19.00-81.20		Molnar y Sykes, 1969
3	23.02.1966	16.96-85.60	mb = 4,9	Molnar y Sykes, 1969
4	20.04.1962	20.60-72.20		Molnar y Sykes, 1969
5	25.02.1969	15.30-87.40	mb = 5,4	Dean y Drake, 1978
6	04.02.1976	15.28-89.19	Ms = 7,5	Kanamori y Stewart, 1976
7	11.10.1968	19.88-75.92	mb = 4,3	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
	16.02.1969	19.92-75.74	mb = 4,2	
	16.03.1970	20.14-74.60	mb = 4,3	
	22.12.1970	19.92-75.29	mb = 4,7	
	20.05.1973	19.71-75.58	mb = 4,5	
8	11.04.1972	19.09-80.74	mb = 4,7	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
9	19.02.1976	19.87-76.87	Ms = 5,7	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
10	23.02.1976	19.84-77.12	Ms = 4,6	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
	24.02.1976	19.84-77.17	mb = 4,8	
11	23.09.1887	Sur de Cuba	Ms = 7,5	Mocquet, 1984
12	20.02.1917	19.50-78.50	Ms = 7,4	Mocquet, 1984
13	03.02.1932	19.80-75.80	Ms = 6,7	Mocquet, 1984
14	07.08.1947	19.84-75.30	Ms = 6,7	Mocquet, 1984
15	13.11.1978	19.84-76.05	Ms = 5,1	CMT, Harvard University
16	01.09.1985	19.78-75.08	Ms = 5,1	CMT, Harvard University
17	12.02.1989	19.69-74.36	Ms = 5,2	CMT, Harvard University
18	22.05.1990	19.74-76.02	Ms = 5,1	CMT, Harvard University
19	26.08.1990	19.59-77.87	Ms = 5,9	CMT, Harvard University
20	04.09.1990	19.80-75.69	Ms = 5,2	CMT, Harvard University
21	26.08.1991	18.90-80.97	Ms = 5,2	CMT, Harvard University
22	25.05.1992	19.61-77.87	Ms = 6,9	Perrot <i>et al.</i> , 1997
23	27.06.1992	19.03-80.56	Ms = 5,3	CMT, Harvard University
24	27.06.1995	18.50-81.73	Ms = 5,6	CMT, Harvard University

La utilización de estaciones de banda ancha ubicadas en otras partes del mundo para la solución de los mecanismos focales, ha permitido indicar de una forma clara que la zona fuente del terremoto de Cabo Cruz en el año 1992 es compleja (Perrot *et al.*, 1997; Cotilla y Udías, 1997). Evidentemente, el empleo de la información de la estación de Puerto Rico facilitará la cuestión de establecer el verdadero carácter de la ZLPL del norte del Caribe.

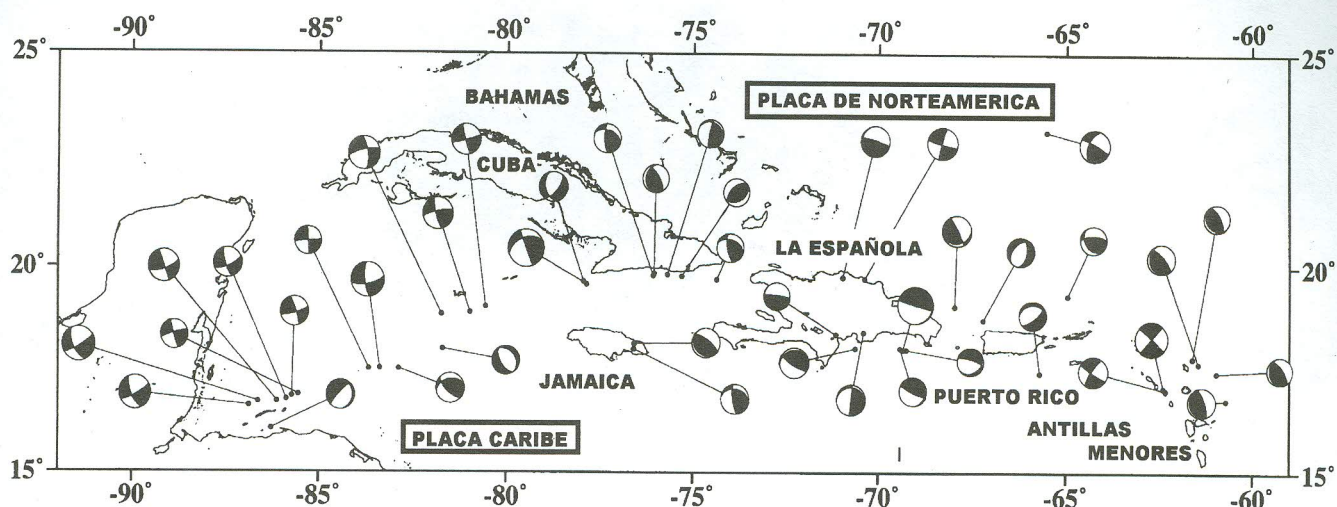


Figura 4. Mecanismos focales del norte de Caribe.

Por lo que toca a los tsunamis es factible con el catálogo de Rubio (1982) preparar la Tabla 6. También se puede asegurar, sobre la base del mencionado catálogo y los mecanismos focales determinados, que la probabilidad de generación de tales fenómenos es muy baja para Cuba.

Tabla 6. Relación de tsunamis que han afectado Cuba.

No.	Fecha	Lugar	Comentarios
1	1755.01.11	S. de Cuba	Terremoto de Lisboa
2	1852.07.17	S. de Cuba	
3	1931.10.01	Playa Panchita, Rancho Veloz (Las Villas)	
4	1932.02.02	S. de Cuba	
5	1939.08.15	Cayo Francés	

RED DE ESTACIONES SISMOLÓGICAS DE CUBA

La primera estación sismológica instalada en el país fue una del tipo Omori - Bosch en el año 1907 (Gutiérrez Lanza, 1914). Esta estación de registro en papel ahumado y de dos componentes, N-S y E-O, operó hasta el año 1920 en Luyanó, Ciudad de La Habana; pertenecía a la Orden de la Compañía de Jesús que fundó el Observatorio del Colegio de Belén en La Habana. Sin embargo, no es hasta el año 1964 en que se instala otra estación, esta vez en la localidad de Soroa, Pinar del Río.

Cuba contaba en 1995 con una red de estaciones sismológicas del tipo convencional (de períodos corto y medio) y una pequeña red de tipo sismotelemétrico en las inmediaciones de la ciudad de Santiago de Cuba, donada la primera fundamentalmente por la ex-Unión Soviética y la ex-República Democrática Alemana (Figura 5). Sin embargo, la operatividad de la red es, en general, deficiente y no permite determinaciones fiables de los hipocentros (Cotilla, 1993). De hecho no se han empleado los registros para la obtención de mecanismos focales.

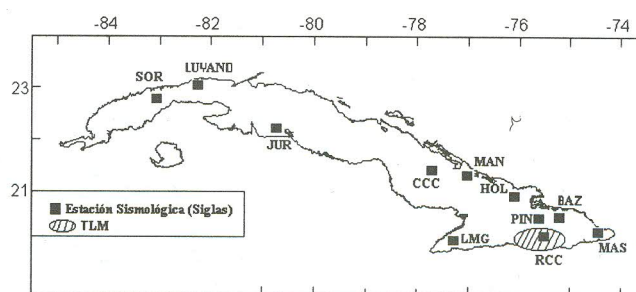


Figura 5. Red de estaciones sismológicas de Cuba. (Las siglas corresponden a los nombres de las estaciones: BAZ-Bazán, CCC-Casorro, HOL-Holguín, JUR-Juraguá, LMG-Las Mercedes, MAN-Manatí, MAS-Maisí, PIN-Pinares de Mayarí, RCC-Río Carpintero, SOR-Soroa. Se indica la localización de la primera estación que operó en Cuba, Luyanó. El área rayada es la ubicación aproximada de la red sismotelemétrica en S. de Cuba).

FIABILIDAD DE LOS CATÁLOGOS

Independientemente de que exista un trabajo sistemático para completar los catálogos de terremotos, es importante para los estudios de sismotectónica y de riesgo sísmico que estos materiales se homogeneicen e incluyan, entre otros aspectos, la fuente del dato, las modificaciones sucesivas de la información, una escala de errores, etc. Como se verá a continuación los catálogos cubanos adolecen de estos aspectos, amén de las no pocas y reiteradas modificaciones.

PARTE OCCIDENTAL

Para la región Occidental de Cuba, en un período de 14 años (1980 - 1994), se han preparado un total de seis catálogos de terremotos (Chuy y González, 1980; González y Chuy, 1983; Chuy *et al.*, 1988; Orbera *et al.*, 1990; González *et al.*, 1994; y Chuy *et al.*, 1983), los que aquí serán denominados como (1), (2), (3), (4), (5) y (6) respectivamente. Dichos catálogos varían mucho en cuanto a datos y han sido utilizados para estudios de

la peligrosidad y el riesgo sísmico. Se incluye otro catálogo, el número (7) de (Chuy *et al.*, 1980), del que sólo interesa la parte de Cienfuegos.

En seguida se presenta un resumen del análisis inicial y general de esos siete catálogos:

a) los catálogos (1), (2), (3), (6) y (7) se han elaborado en el marco de dos temas de investigación: el 310.01 (quinquenio 1981-85) y el 430.03 (quinquenio 1986-90). En todos ellos el método aplicado ha sido la revisión de prensa y publicaciones, aunque en el segundo tema hubo además recorridos por las zonas afectadas por los terremotos. Los catálogos (4) y (5) se prepararon (en un período de un año aproximadamente) con el objetivo específico de realizar investigaciones sismológicas para proyectos especiales (emplazamientos de la industria nuclear) tomando como base los tres primeros. Sin embargo, ellos demuestran una notable modificación de muchos de los parámetros de los eventos sísmicos a pesar del muy poco tiempo dedicado a la actividad; b) las provincias (de acuerdo con la división político-administrativa) son por catálogo: (1), (3) y (4) - Pinar del Río, La Habana, Ciudad de La Habana y Matanzas; (2) - Pinar del Río; (5) - Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Las Villas, Cienfuegos, Sancti Spíritus, Ciego de Avila, Camagüey y Tunas; (6) - La Habana, Ciudad de La Habana y Matanzas; (7) - Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spíritus; c) en ninguno de los siete casos ha existido un procesamiento estadístico, sólido, de la información recopilada y tampoco una valoración ingeniero-geológica; d) la fiabilidad de los reportes de sismos históricos (prensa y publicaciones y de recorridos retrospectivos) es por lo general baja; e) existen dudas con relación a la fiabilidad de las reconstrucciones (posteriores al terremoto) de los efectos producidos por los sismos en la medida que éstas se realizan en días, meses y años subsiguientes; f) hay muy pocas isosistas pero todas muestran demasiada homogeneidad; y g) los especialistas T. Chuy y B. González son autores de todos los catálogos.

El análisis que aquí se realiza es esencialmente cualitativo y sobre la base de los parámetros que aparecen consignados en los catálogos, como: 1) existencia o no de datos instrumentales; 2) fecha, precisión hasta año, mes o día; 3) hora de origen, precisión hasta hora, minuto, o segundo; 4) profundidad por: datos instrumentales, macrosísmicos o ambos; o no existe determinación; 5) intensidad máxima reportada; 6) tipo de dato: prensa y crónicas, inspección después del terremoto, encuesta retrospectiva; 7) número de localidades que reportan el terremoto; 8) existencia o no de mapa de isosistas.

De emplear la lógica, será el catálogo más reciente (González *et al.*, 1994) (5) el más completo y fiable; no obstante, para comparaciones se escogió el catálogo (3). El catálogo (5) tiene 266 eventos y 11 mapas de isosistas; de éstos sólo uno pertenece a la región de estudio (Torriente-Jagüey Grande) y su forma es muy diferente de la original de 1983 (Chuy *et al.*, 1983a). En cuanto a la fiabilidad de los nuevos datos de Orbera *et al.* (1990) que modifican las isosistas, el autor tiene grandes dudas, ya que recorrió los poblados, en los días inmediatos

posteriores al sismo de 1982.12.16 y no hubo el más ligero índice de perceptibilidad por los pobladores. Mientras el catálogo (3) [de una región menor en área] tiene 88 eventos y dos isosistas (años 1880 y 1982) para Cuba Occidental. La figura de la segunda isosista se mantiene igual que como apareció en el trabajo original de 1983 y la del 1880.01.23 ha sido presentada, sin cambios, en todos los trabajos hasta que fue muy modificada por Orbera *et al.* (1990).

A continuación se presenta una muestra estadística de la cantidad de eventos reportados (con su máxima intensidad MSK) en los catálogos (3 y 5):

I (MSK)	?	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0
No. Eventos (Cat. 3)	23	18	1	26	-	17	-	2	-	1
No. Eventos (Cat. 5)	29	57	16	103	15	32	2	8	1	1

Las características temporales de estos dos catálogos son las siguientes:

Eventos en:	Sin Información de				Con Información de
	Mes	Día	Hora	Hora y Minuto	Hora-Minuto-Segundo
Cat. (3)	22	29	57	57	-
Cat. (5)	91	122	137	158	14

Esta información permite concluir que además de los siete apuntes iniciales al conjunto de siete catálogos, para estos dos [(3) y (5)] se cumple que: 1) la fiabilidad de los reportes es baja; 2) no existe un completamiento de los eventos por intensidad; 3) los datos deben ser empleados con reservas.

PARTE ORIENTAL

En seguida se muestra un análisis somero sobre la completitud de la información de los terremotos ocurridos en Santiago de Cuba, atendiendo a cinco parámetros, tomando como ejemplo el catálogo de Chuy y Pino (1982).

I (MSK)	Con Información de					
	Año	Mes	Día	Hora	Minuto	Segundo
9	2	2	2	2	2	0
8	8	8	6	4	4	0
7	10	8	8	6	6	0
6	19	19	19	18	18	0
5	71	71	71	59	58	0

La información contenida en los catálogos cubanos ha variado en no pocas ocasiones sin explicación. Por ejemplo, según Chuy (1982) el terremoto del 1842.05.07 fue de 8 grados de intensidad sísmica (MSK) en Baracoa. También en Chuy y Pino (1982) aparece textualmente lo mismo. En Chuy y Rodríguez (1980) se presentó por primera vez ese evento para las estimaciones de peligro sísmico. En Chuy, González y Vorobiova (1984) se reiteró la ocurrencia y los daños. Sin embargo, en el catálogo de Alvarez *et al.* (1993) no aparece.

Seguidamente se presenta una tabla en la que se incluye la cantidad de eventos sísmicos por intensidad para tres períodos diferentes y sólo para Santiago de Cuba contenidos en los

catálogos de Alvarez *et al.* (1993) [A] y Chuy y Pino (1982) [Ch]. La cantidad de eventos difiere, ya en aumento o disminución, y no hay comentarios al respecto en Alvarez *et al.* (1993). Interpretando los datos y las diferencias es posible suponer, entre otros, que: **1-** la actividad sísmica disminuyó; **2-** hubo sobrestimación en las descripciones iniciales; **3-** hay combinación de los dos puntos anteriores; **4-** están por acontecer eventos sísmicos. Cotilla (1993) señaló para La Española y Jamaica una situación similar.

PERIODO									
1492-1800		1800-1932		1932-1998					
Ch	A	Ch	A	Ch	A	Ch	A	Intensidad (MSK)	
1	1	1	1	-	-	2	2	IX	
4	3	3	1	1	1	8	5	VIII	
4	5	6	7	1	1	11	13	VII	
1	1	7	14	11	1	19	16	VI	
10	11	17	22	13	3	40	36		

Por último, como una observación de carácter general para el territorio de Cuba, está el hecho de que hasta el momento no se han determinado deformaciones sísmicas en el terreno. Esta situación ha sido inicialmente abordada por Cotilla y Franzke (1994) en las áreas e inmediaciones donde se han producido los terremotos más fuertes. Sin embargo, los resultados no son satisfactorios ni definitivos.

CONCLUSIONES

De lo expuesto podemos concluir que:

La actividad sísmica del territorio cubano y sus inmediaciones es real y está sujeta a condiciones geodinámicas específicas. Los eventos sísmicos más fuertes se han producido en la Unidad Sismotectónica Suroriental, zona de contacto directo de las placas de Norteamérica y del Caribe en las inmediaciones de Cuba

Los catálogos de terremotos deben ser revisados y las evaluaciones macrosísmicas e interpretaciones deben ser ajustadas concretamente a la fuente original de información

Aún en el supuesto de que la red de estaciones de Cuba operase sin dificultades técnicas es evidente que resulta insuficiente para el estudio preciso de la sismicidad

Dada su posición geográfica, Cuba requiere de una verdadera y activa cooperación internacional para el control de los hipocentros, mecanismos focales y fuentes sísmicas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado en parte por la Dirección General de Enseñanza Superior, del Ministerio de Educación y Cultura de España. (Ref. SAB-0302). El apoyo de los Profesores Agustín Udías Vallina y Diego Córdoba Barba fue muy importante. Al

Dr. Leonardo Álvarez Gómez que facilitó algunos datos y observaciones a la versión inicial.

REFERENCIAS

- Alvarez, L., Cotilla, M. y Chuy, T., 1990, Sismicidad de Cuba. Informe final del tema 430.03, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Alvarez, L., Mijailova, R.S. y Chuy, T., 1993, Catálogo de los terremotos fuertes de la región 16°-24° LN y 70°-86° LW, desde el siglo XVI hasta 1988, Informe del Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Alvarez, L., Rubio, M., Chuy, T. y Cotilla, M., 1985, Informe final del tema 310.01: Estudio de la sismicidad de la región del Caribe y estimación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba, 2 vols, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Alvarez, L., Serrano, M., Rubio, M., Chuy, T. y González, B., 1984, El terremoto del 19 de febrero de 1976. Pílon, región oriental de Cuba, Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 5, 5-60, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Bowin, C., 1968, Geophysical study of the Cayman Trough, Journal of Geophysical Research, 73:5159-5173.
- Bowin, C., 1976, Caribbean gravity field and plate tectonics, Geological Society of America, Special Paper, 169-179.
- Chuy, T., 1982, Actividad sísmica de la provincia Holguín, Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 2, 20-45. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T., Dzhuraev, R.U., Alvarez, L., Alvarez, H. y Mirzoev, K.M., 1988, Informe técnico de las investigaciones macrosísmicas en el territorio de Cuba oriental y en la región de emplazamiento de las variantes 2 y 10 de la CEN de Holguín, Archivos del Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T. y González, B., 1980, Catálogo macrosísmico de la región occidental de Cuba, Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 1, 18-32, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T., González, B. y Escalona, A., 1980, Información macrosísmica de las provincias de Villa Clara, Cienfuegos y Sancti Spiritus, Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 1, 33-57, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T., González, B. y Polo, B., 1988a, Algunos criterios sobre la peligrosidad sísmica de la región occidental de Cuba, Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía, 4, 21 p., Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T., González, B. y Vorobiova, E., 1984, Sismicidad del territorio de las provincias de Camagüey y Ciego de Avila, Cuba, Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba, 5, 61-94, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.

- Chuy, T. y Pino, O., 1982, Datos macrosísmicos de los terremotos en la provincia Santiago de Cuba, *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 2, 46-136, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T. y Rodríguez, M., 1980, La actividad sísmica basada en datos históricos. *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 1, 5-17, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T., Vorobiova, E., Alvarez, L., Pérez, E., Cotilla, M. y Portuondo, E., 1983a, El sismo del 16 de diciembre de 1982. Torriente - Jagüey Grande, *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 3, 44 p., Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Chuy, T., Zapata, A. y Rubio, M., 1990, Isosistas del terremoto del 20 de agosto de 1852, *Atlas de la provincia de Santiago de Cuba*, Academia de Ciencias de Cuba.
- Cotilla, M., 1987, Red de estaciones sismológicas, Informe científico - técnico del Instituto de Geofísica y Astronomía, 20 p., Academia de Ciencias de Cuba.
- Cotilla, M., 1993, Una caracterización sismotectónica de Cuba, Tesis en opción al grado de doctor en ciencias, 200 p., Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Cotilla, M., Bankwitz, P., Franzke, H.J., Alvarez, L., González, E., Díaz, J.L., Grünthal, G., Pilarski, J. y Arteaga, F., 1991a, Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000, Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía, 23, 35 p., Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Cotilla, M. and Franzke, J., 1994, Some comments on the seismotectonic activity of Cuba, *Z. Geol. Wiss.*, 22 (3/4), 347-352, Berlín.
- Cotilla, M., González, E., Díaz, J.L. y Cañete, C., 1991b, Estudio complejo geomorfológico - estructural de la zona marítima del sur de Cuba oriental, *Rev. Geofísica. Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, 34, 167-176.
- Cotilla, M., González, E., Franzke, H.J., Díaz, J.L., Oro, J., Arteaga, F. y Alvarez, L., 1991c, Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000, Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía, 22, 37 p., Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Cotilla, M. y Udías, A., 1997, Caracterización sismotectónica preliminar del límite Caribe-Norteamérica, Resúmenes de la I Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica, Almería, España.
- Dean, B.W. and Drake, C.L., 1978, Focal mechanisms and tectonics of the Middle America arc, *Journal of Geology*, 86: 111-128.
- Gutiérrez-Lanza, M., 1914, Conferencias de Seismología pronunciadas en la Academia de Ciencias de La Habana, Imprenta y Librería de Lloredo y Cía., La Habana, 178 p.
- Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1954, *Seismicity of the earth*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- González, E., Cañete, C., Díaz, J.L., Pérez, L. y Cotilla, M., 1989, Esquema neotectónico de Cuba, escala 1:250,000, *Rev. Serie Geológica*, 1, 16-34, Centro de Investigaciones y Desarrollo del Petróleo, Ministerio de la Industria Básica.
- González, B. y Chuy, T., 1983, Actividad sísmica de la provincia Pinar del Río, *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 4, 53-68, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- González, B., Chuy, T., Alvarez, L., Rubio, M., *et al.*, 1994, Estudio sismológico regional complejo de Cuba centro oriental para el emplazamiento de objetivos nucleares, Informe Científico-Técnico del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba, 90 p.
- Hernández, J.R., González, R. y Arteaga, F., 1989, Diferenciación estructuro-geomorfológica de la zona de sutura de la microplaca cubana con la placa Caribe, Editorial Academia, p. 48, La Habana, Academia de Ciencias de Cuba.
- Hess, H.H. and Maxwell, J.C., 1953, Caribbean research project, *Geological Society of America Bulletin*, v. 64, p. 16-18.
- Kanamori, H. and Stewart, G.S., 1976, Seismological aspects of the Guatemala earthquake of february 4, 1976, *Journal of Geophysics Research*, 83: 3427-3434.
- Mann, P. and Burke, K., 1984, Neotectonics of the Caribbean region. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 22, 4: 309-362, November.
- Mocquet, A., 1984, Vitesses de déplacement discontinu le long d'une zone limite de plaques: Caraïbes-Amérique du Nord, Master thesis, University of Rennes, France, p. 53.
- Molnar, P. and Sykes, L.R., 1969, Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanism and seismicity, *Geological Society of America Bulletin*, 80, 9: 1639-1684.
- Monteulieu, E., 1933, Informe de la comisión nombrada para el estudio del terremoto de Santiago de Cuba de febrero de 1932, *Rev. Sociedad Cubana de Ingenieros*, vol. XXV, No. 1, La Habana.
- Monteulieu, E., 1968, Notas y apuntes acerca de terremotos ocurridos en Cuba. Inédito. Archivo del Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Orbera, L., González, B., Chuy, T. y Oro, J., 1990, Investigaciones sísmicas en la región de emplazamiento del centro de investigaciones nucleares, Vol. I, Sec. Ejecutiva de Asuntos Nucleares, Cuba, 344 p., Academia de Ciencias de Cuba.
- Pacheco, J.F. and Sykes, L.R., 1992, Seismic moment catalog of large earthquakes, 1900-1989, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 82, 3, 1306-1349.
- Perrot, J., Calais, E. and Mercier de Lépinay, B., 1997, 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 and Applied Geophysics*, 149: 475-487.

- Poey, A., 1855a, Tableau chronologique des tremblements de terre ressentis à l'île de Cuba de 1851 à 1855, Paris, A. Bertrand.
- Poey, A., 1855b, Supplément au tableau chronologique des tremblements de terre ressentis à l'île de Cuba de 1851 à 1855, Paris, A. Bertrand.
- Poey, A., 1857, Catalogue chronologique des tremblements de terre ressentis dans les Indes Occidentales de 1530 à 1857, accompagné d'une revue bibliographique contenant tous les travaux relatifs aux tremblements de terre des Antilles, Paris.
- Rosencratz, E. and Mann, P., 1991, Sea MARC II mapping of transform faults in the Cayman trough, Caribbean sea, *Geology*, V, 19, 690-693.
- Rubio, M., 1982, Ocurrencia de tsunamis en el Caribe, *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 2, 170-180, Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Salteraf y Legarra, P., 1884, Ligera reseña de los temblores de tierra ocurridos en la Isla de Cuba, *Anales de la Academia de Ciencias de La Habana*, 21, 203-218.
- Sykes, L.R. and Ewing, M., 1965, The seismicity of the Caribbean region, *Journal Geophysical Research*, 70,20, 5065-5074.
- Viñes, B. y Salteraf, P., 1880, Excursión a Vuelta Abajo de Viñes y Salteraf en ocasión de los fuertes temblores de tierra ocurridos en la noche del 22 al 23 de enero de 1880, Ediciones "La Voz de Cuba", La Habana, 68 p.
- Vireux, J., Calais, E., Deschamps, A., Mercier de Lépinay, B. and Bèthoux, N., 1992, Tectonic interpretation of the May 25th 92 Cuban earthquake, *EOS Transactions, AGU Fall Meeting*, San Francisco.