

Apuntes necesarios acerca de los acontecimientos sismológicos en Cuba

Mario Octavio COTILLA RODRÍGUEZ

1. INTRODUCCIÓN

El arribo de los españoles al archipiélago cubano en octubre de 1492 y su paulatino asentamiento en poblados, primero en la parte oriental y luego hacia las partes centro oriental, central y occidental, ha permitido a algunos autores, en distintas épocas, la confección de catálogos de terremotos. Esos catálogos son no sólo reflejo inequívoco de la actividad sísmica de Cuba sino también del esfuerzo científico de especialistas e instituciones.

En este sentido consideramos que Cuba exhibe con justo orgullo, a lo largo de su historia, una rica pléyade de hombres que han dedicado sus energías e inteligencia a las ciencias de la Tierra, y en particular para el campo de la sismología son varias las personalidades que se destacan. En este sentido hay que apuntar una divisoria en el tiempo, ya que con anterioridad al año 1962 aparecen españoles y cubanos y con posterioridad a esa fecha hay además alemanes, checos, rusos y tadzhikos. Por supuesto, tal situación se corresponde con condiciones políticas específicas que ni siquiera mencionaremos.

El trabajo tiene su fundamento en la «*Monografía Sobre la Historia de la Sismología en Cuba*», de M. Cotilla, L. Álvarez y M. Serrano (1996) donde se presentó una variada colección de textos. Como algunos aspectos del campo histórico-sismológico no pudieron ser abordados entonces y porque la divulgación fue muy limitada, se decidió desarrollarlos muy concretamente bajo este título.

2. ORIGEN DE LA SISMOLOGÍA CUBANA

El origen, hasta hoy conocido, de la Sismología en Cuba es posterior a la llegada de los españoles. No obstante, el autor ha podido intuir, de una forma preliminar, a partir de algunas conversaciones con especialistas en arqueología de la filial pinareña de la entonces Academia de Ciencias de Cuba que los aborígenes (más de 5.000 años de asentamiento) conocían de la sismicidad de

algunas zonas. También a partir de los tres mapas que indican los asentamientos aborígenes que aparecen en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (Pino *et al.*, 1989) es factible comprender nuestra posición.

Terremotos más significativos

Del primer terremoto de que se tiene información que afectó Cuba es uno del año 1528 (Fig. 1). Ese evento provocó en la población de la primera villa fundada en 1511 por los españoles. La villa de Nuestra Señora de la Asunción de Baracoa (hoy Baracoa) está ubicada en la costa norte de la región oriental y se caracteriza por un relieve enérgico y joven (Cotilla *et al.*, 1991b). Se pudo determinar en el año 1990 a partir de un informe conservado «milagrosamente» en la propia localidad, que luego de los estremecimientos sísmicos de 1528 la población se lanzó a las calles en procesión. Se ha supuesto que el epicentro está en la parte marina norte (Álvarez *et al.*, 1990), específicamente en la zona de fallas. Nortecubana que es un límite externo del bloque Cuba. Se le asignó una intensidad de 6 grados (MSK) (Álvarez *et al.*, 1990).

Otro terremoto de importancia para Cuba fue el del año 1551 en la villa de San Salvador de Bayamo (hoy Bayamo y fundada en 1513), también en la región oriental (Poey, 1855a,b, 1857) (Fig. 1). La zona donde está situada Bayamo se caracteriza por importantes espesores de sedimentos de la cuenca Cauto-Nipe (Cotilla *et al.*, 1991b), lo cual evidentemente favorece la amplificación de las oscilaciones. El evento de marras se dice destruyó el templo y algunas viviendas. La intensidad sísmica se estimó en 8 grados (MSK) y el epicentro se asumió en la misma cuenca (Chuy y Rodríguez, 1980). Sin embargo, el autor considera que el hipocentro pudo estar en la parte marina del sur, en parti-

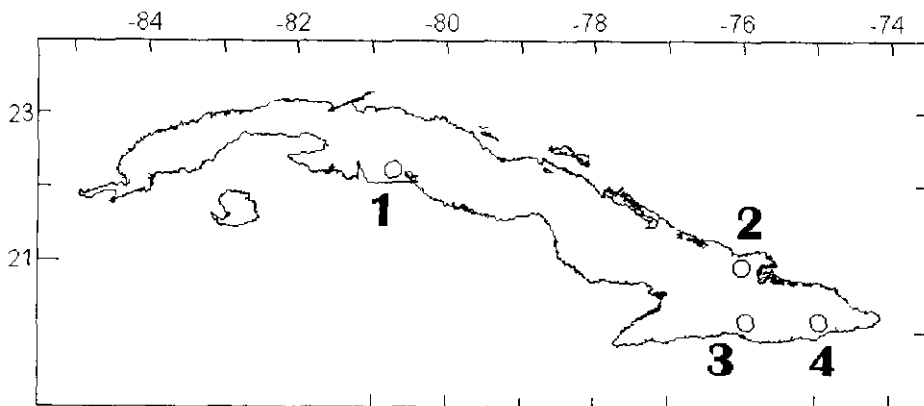


Figura 1.—Terremotos más importantes de Cuba.

cular en las inmediaciones de Cabo Cruz (Fig. 1). Esta suposición se fundamenta principalmente en las características geodinámicas de la región, las condiciones ingeniero-geológicas de la zona de Bayamo y en la probable distorsión de la información de base (Cotilla *et al.*, 1991a).

Debemos señalar que para ninguno de esos dos sismos (1528 y 1551) se tiene información acerca del mes —día y de la hora— minuto.

El día 12-06-1766 a las 05:14 (U.T.) se produjo un fuerte sismo en las inmediaciones de la zona marítima del sur de la región oriental (Pichardo, 1854; Pezuela, 1866; Poey, 1855,a,b, 1857), la zona de fallas activas Bartlett-Caimán (u Oriente) (Fig. 1). La intensidad fue estimada en 9 grados (MSK) (Chuy y Pino, 1982) y se produjeron 120 muertos y más de 600 heridos en la ciudad de Santiago de Cuba. También en esa misma zona ocurrió otro sismo el 20-08-1852 a las 14:05 U.T. (Poey, 1855, a,b, 1857) que ocasionó afectaciones similares en la ciudad de Santiago de Cuba, aunque sólo hubo dos víctimas mortales (Chuy y Pino, 1982). Chuy *et al.* (1990) prepararon las isosistas.

El terremoto del 3-2-1932 (15:55.0 U.T.; 19,80 N y -75,80 O) fue considerado muy fuerte, dados los daños producidos, en Santiago de Cuba (80% de las edificaciones afectadas y 5% totalmente destruidas). Sin embargo, el especialista don Fernando Boytel (Comunicación Personal, 1982) aseguró que ese evento fue muy sobreestimado; ya que los daños fueron debidos principalmente a la baja calidad de los materiales utilizados en las construcciones. Ilustró con un ejemplo convincente algunas de sus afirmaciones: «... la casa de Velázquez (gobernador español entonces) nunca sufrió daños por terremotos a pesar de estar en la misma área que la catedral y otras tantas edificaciones que fueron afectadas y destruidas y en un talud $>30^\circ$; además las edificaciones de mi padre, que fue constructor, tampoco se afectaron con el sismo de 1932...». Hubo 14 muertos y 300 heridos (Monteulieu, 1933, 1968). La intensidad máxima alcanzó 8 grados (MSK) y la $M_s=6,75$. Se confeccionaron isosistas (Chuy, 1988).

Otro evento sísmico fuerte del sur de Cuba oriental es el ocurrido el 07-08-1947 (19,75 N, -75,25 O, $h=50$ km, 00:40:20.0 U.T.) (Martínez-Fortún, 1948; Monteulieu, 1968). Este terremoto alcanzó la intensidad de 7 grados (MSK) y la magnitud registrada fue de 6,75, y la macrosísmica 6,3. Tuvo 15 réplicas y dos premonitores. Se le confeccionaron isosistas (Chuy, 1988).

El terremoto del 19-02-1976 (1,86 N, -76,87 O, 13:59:59,0, $M_s=5,7$, $h=15$ km, $I_0=8$ grados MSK) fue sentido en una amplia área de la región oriental y en la vecina isla de Jamaica (al otro lado de la fosa de Oriente o Bartlett-Caimán) con $I_0=5$ grados. Se le conoce como «el terremoto de Pilón» y causó dos víctimas mortales. Se estimó que la zona de ruptura del foco fue de 30 km a partir del epicentro y hacia las réplicas (al oeste). Las intensidades mayores fueron reportadas en las inmediaciones de la zona de réplicas, por lo que las isosistas están deformadas. El mecanismo focal del sismo es transcurrente sinestroso y el mecanismo compuesto de las dos réplicas más fuertes (días 23 y 24.02) indi-

ca falla normal en dirección NO y buzamiento al sur en el plano transcurrente E-O (Álvarez *et al.*, 1984).

El día 26-08-1990 se produjo un terremoto a las 07:53:41.69 en las coordenadas 19,592 N y -77,874 O, $h=10$ km, y $mb=5,9$ ($Ms=5,1$). Esta zona está al oeste de Cabo Cruz, región suroriental de Cuba, y produjo intensidades de 8 grados (MSK). Se confeccionaron isosistas (Departamento de Sismología, 1990) y se obtuvo su mecanismo focal (NEIS).

El evento sísmico más fuerte registrado para Cuba es el del 25-05-1992, también en las cercanías de Cabo Cruz (16:55:04,17; 19,613 N y -77,872 O; $h=23$ km; $mb=6,3$; $Ms=6,9$). Este ha sido estudiado por el NEIS, el CMT (Universidad de Harvard), Vireux *et al.* (1992) y Perrot *et al.* (1997) los que obtuvieron mecanismos focales. La I_{max} reportada es 7 grados MSK y le confeccionaron isosistas (Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, 1992). El terremoto tuvo 14 réplicas en dos días. La zona de ruptura alcanzó 30 km desde el epicentro al área de réplicas (19,475 N, 77,430 O; $mb=4,4$) y el sentido de la ruptura fue hacia el este (Cotilla y Udías, 1997). Luego, los eventos de 1976 y 1992 tienden a romper en sentido contrario pero convergiendo hacia la misma zona, Cabo Cruz.

Para Cuba, hasta el momento actual, es la región oriental y en particular el borde suroriental, adyacente al límite de placas litosféricas Caribe-Norteamérica, la zona más peligrosa (Cotilla *et al.*, 1991a). En ella la frecuencia y la magnitud de los eventos sísmicos son también las mayores. Sin embargo, en otras zonas del territorio se han producido significativas afectaciones por sismos propios. Así, el 23-01-1880 (04:39 U.T.) en las inmediaciones de San Cristóbal de los Pinos (hoy San Cristóbal y fundada en 1743) (Fig. 1) se produjo un terremoto ($I_0=8$ grados MSK) que afectó una extensa área (Chuy y González, 1980) e incluso se dice fue percibido en los cayos de la Florida.

El terremoto de San Cristóbal en la provincia más occidental de Cuba, Pinar del Río, fue el primer evento sísmico del país estudiado sobre el terreno por especialistas en la temática (Viñes y Salteraín, 1880). Esa investigación apunta no sólo los lugares de las afectaciones y la ruina económica de la región, sino también algunas interesantes observaciones ingeniero-geológicas y otras sugerencias acerca del posible origen del terremoto. Los autores del trabajo fueron dos españoles que aplicaron sus conocimientos en Cuba, el padre Benito Viñes, S.J. y el ingeniero don Pedro Salteraín.

El primer terremoto de Cuba registrado por una estación del país (la del Colegio de Belén, en La Habana) fue el del 28-02-1914. Su epicentro se ubicó en la parte marina del norte, específicamente en la zona de fallas Nortecubana (Fig. 1). Lamentablemente, el sismograma se destruyó con la intervención gubernamental de la institución en 1961. Se le confeccionaron isosistas y tuvo una intensidad máxima de 7 grados MSK con $Ms=6,2$ (Chuy, 1988). Aparece en los catálogos de Monteuilieu (1968) y de Tomblin y Robson (1977).

En las inmediaciones de Remedios y Caibarién, provincia Las Villas (Fig. 1), se registró por la red internacional un terremoto de $M_s=5,6$ el día 15-08-1939 (03:52:31,0 U.T.; 22,50 N, -79,25 O) que produjo intensidades de 7 grados (MSK) (Martínez-Fortún, 1958; Monteulieu, 1968). Para este evento se prepararon isosistas, las cuales confirman que el epicentro se localizó en la parte marina norte (zona de fallas Nortecubana) (Chuy, 1988).

La localidad de Esmeralda, provincia de Ciego de Avila, sufrió los efectos de un sismo de $I_0=6$ grados (MSK) el día 08-04-1974 a las 03:18:19,3 G.M.T. ($21^{\circ} 51' N$ y $-78^{\circ} 12' O$ $M_{LH}=3,95$) (Fig. 1). La magnitud estimada por datos macrosísmicos fue de 3,7. Se confeccionaron isosistas (Chuy, 1988). La importancia de este evento radicó en que su epicentro se localizó en la parte emergida de Cuba occidental y tuvo premonitores y réplicas. Cotilla *et al.* (1991a) lo asociaron a la zona sísmogénica Cubitas.

El 16-12-1982 (20:20 U.T., $22^{\circ} 37' N$, $81^{\circ} 14' O$) se produjo un terremoto ($M_s = 5,0$, $h=30$ km, $I_0=6$ grados MSK) en las localidades matanceras de Torriente-Jagüey Grande (Fig. 1), consideradas de sismicidad desconocida, pero muy baja, y sin ninguna complicación tectónica (Chuy *et al.*, 1983a). Este evento atrajo la atención de los especialistas debido a la particularidad de la propagación de las ondas y a la alarma provocada en la población. Se propuso un mecanismo de intersección de fallas o nudo sismoactivo. Para este evento se aplicó por primera vez en Cuba la técnica de la percepción remota. El epicentro también se determinó en la parte emergida de Cuba occidental.

Un poco más hacia el oeste se registró el día 09-03-1995 un terremoto ($M_s=2,5$) en la localidad habanera de San José de las Lajas con $I_0=5$ grados (MSK) (González *et al.*, 1995). De acuerdo con Cotilla (1995a) el sismo se produjo en una intersección de zonas de fallas (o nudo), reconocidas en el mapa sismotectónico de Cotilla *et al.* (1991a), Habana-Cienfuegos y Guane.

Se considera que el evento del 09-06-1981 ($M_s=3,2$ e $I_0=3,5$ [MSK]) en la localidad de San Juan y Martínez, provincia de Pinar del Río (Fig. 1) fue el primero perceptible, hasta la fecha, de tipo inducido en Cuba, en este caso por explosiones de prospección geofísica realizadas en la zona norte.

Personalidades

Muchas personas han dedicado esfuerzos y energías al conocimiento sísmológico de Cuba, pero entre las que más se destacaron están: Andrés Poey y Aguirre, Benito Viñez Martorell, S.J., Pedro Salteraín y Legarra, Mariano Gutiérrez Lanza, S.J. y Eduardo Monteulieu y de la Torre.

Andrés Poey y Aguirre, considerado el Padre de la Sismología Cubana, que nació en Ciudad de La Habana el 15-02-1825 y que fuese educado en Francia, donde murió en la mayor pobreza el día 04-01-1919, preparó los primeros catálogos para Cuba en 1855 y que en 1858 extendió a las denominadas entonces

Indias Occidentales. Este científico fue miembro de la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana desde el 3-3-1861.

Benito Viñes Martorell, S.J., Padre de la Orden de los Jesuitas y director (desde su llegada a Cuba en 1870) del Observatorio Magnético y Meteorológico del Real Colegio de Belén en La Habana, natural de Pobleda (Cataluña), España, nació el 19-9-1837. Científico sagaz que apuntó, ya en época tan temprana, las dificultades de algunos informes y catálogos de terremotos de Cuba y su divorcio con las condiciones tectónicas. Indicó, por primera vez, las diferencias sismogenéticas entre Cuba occidental y Cuba oriental. Falleció en La Habana el 23-7-1893. Ingresó como Académico de Mérito de la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana el 23-02-1873. Algunos de sus trabajos están recogidos en: «Colección de Artículos Sobre los Terremotos de la Isla de Cuba».

Don Pedro Salterain y Legarra nació el 12-3-1835 en Lrum (Guipuzcua), España. Como geólogo se desempeñó pioneramente en las investigaciones de reconocimiento sismológico de campo a raíz del sismo de 1880, preparó un catálogo de terremotos y colaboró activamente con don Fernández de Castro en la preparación del «Croquis Geológico de Cuba». Fue Académico de Número de la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana desde el 14-3-1884 hasta el 20-2-1893.

El Padre de la Compañía de Jesús Mariano Gutiérrez Lanza, S.J. era natural de Parcadé (León), España donde nació el 26-05-1865. Fue director del Observatorio del Colegio de Belén y tuvo a su cargo la instalación y explotación de la primera estación sismológica en Cuba. El analizó el registro del terremoto de Gibara de 1914, mencionado anteriormente. Divulgó en diferentes estrados y publicaciones los conocimientos de la sismología. Fue Académico de Mérito de la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana desde el 26-2-1915. Falleció el 24-12-1943 en La Habana.

El Sr. Eduardo Monteulieu y de la Torre, natural de Puerto Príncipe (actual provincia de Camagüey), nació el 27-07-1883. Se graduó en 1904 de ingeniero en Minas por la Universidad de Harvard, Estados Unidos de Norteamérica. Ocupó desde el 11-1-1935 el puesto de Académico de Número en la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana. Publicó varios trabajos de importancia, como: «*El megasismo de Santiago de Cuba del 3 de febrero de 1932 a la luz de la Sismología Moderna*». Recopiló gran cantidad de información sobre terremotos de Cuba que lamentablemente no se publicaron. Argumentó infructuosamente acerca de la necesidad de instalar al menos dos estaciones sismológicas, una en Santiago de Cuba y otra en La Habana.

Los especialistas Poey, Viñes y Gutiérrez también investigaron y aportaron en los campos de meteorología y magnetismo terrestre (Ramos, 1994; Udías, 1996).

Otros autores como los señores J. Jover, J.a. Martínez-Fortun y Follo, E. Bacardí, L. Morales y Pedroso y C. Cruz Bustillo han descrito o recogido suce-

sos sísmicos de Cuba, incluso confeccionado catálogos, pero ninguno de ellos alcanza la connotación de los anteriormente mencionados.

3. ESTACIONES SISMOLÓGICAS

Las manifestaciones de la sismicidad en Cuba abarcan prácticamente todo su territorio e históricamente son muchas las poblaciones donde se indica haber sentido los efectos de terremotos (Álvarez *et al.*, 1985). Por ello, la primera estación sísmológica fue instalada el 3-2-1907 por la Orden de la Compañía de Jesús en las afueras entonces de La Habana, Luyanó. Consistía en una estación de dos componentes (N-S y E-O) con registro en papel ahumado y detección con sismómetros de tipo Omori-Bosch (Gutiérrez Lanza, 1914). Se estima estuvo operando hasta 1920.

A partir del año 1964 se construye sucesivamente un conjunto de edificaciones para la instalación de estaciones sísmológicas en el país (Fig. 2). Algunas características de esas estaciones aparecen en la tabla 1.

Está demostrado que los registros de las estaciones sísmológicas cubanas están limitados por condiciones físico-geográficas y subjetivas (Cotilla, 1987). Así, la configuración del archipiélago (larga y estrecha), su localización en el marco caribeño (zonas de frecuentes tormentas y marejadas) y la distribución de las estaciones limita, dado el equipamiento, la fiabilidad de las detecciones. La otra parte, no menos importante, incluye la escasa colaboración (por no decir nula) con los países vecinos y las sistemáticas dificultades de operación

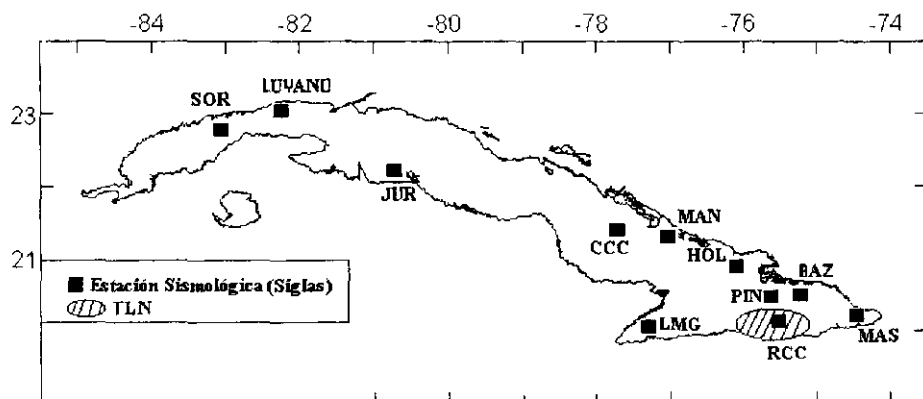


Figura 2.—Estaciones sísmológicas (de tipo permanente) cubanas. (Las siglas corresponden a SOR-Soroa, JUR-Juraguá, CCC-Casorro, MAN-Manatí, HOL-Holguín, LMG-Las Mercedes, PIN-Pinares de Mayarí, MAS-Maisí, BAZ-Bazán. Luyanó fue la estación que funcionó en el período 1907-1920 y el área sombreada alrededor de la parte suroriental corresponde a la red sismotelemétrica de Santiago de Cuba).

Tabla 1
Características de las estaciones sísmológicas cubanas

Nombre	Siglas	Localización (Provincia)	Año	Coordenadas		Tipo de Estación		Altitud (m)
				Lat. N.	Lon. O	Regional/Local	Componentes/ Sismómetros	
Soroa	SOR	Pinar del Río	1964	22.740	-83.000	R	3 (SKM-3)	206
Río Carpintero	RCC	S. de Cuba	1965	19.994	-75.696	R	3 (SKM-3)	100
Pinares de Mayarí	PIN	Holguín	1979	20.067	-75.467	R	3 (SKM-3)	647
Las Mercedes	LMG	Granma	1979	20.167	-77.017	R	3 (SKM-3)	200
Maisi	MAS	Guantánamo	1979	20.200	-74.233	R	3 (SKM-3)	350
Casco	CCC	Camagüey	1982	21.200	-77.433	R	3 (SKM-3, KS-MI)	90
Holguín	HOL	Holguín	1985	20.540	-76.400	R	3 (SKM-3)	50
Tumbadero	TUM	Holguín	1986	21.400	-75.580	R	3 (SKM-3)	20
Manatí	MAN	Camagüey	1986	21.283	-76.917	R	3 (SKM-3)	?
Bazán	BAZ	Holguín	1987	20.600	-75.267	R	3 (SKM-3)	?
La Julia	JUL	S. de Cuba	1988	19.954	-75.580	L (TLN)	1 (SK)	?
Villalón	VIL	S. de Cuba	1988	20.077	-75.737	L (TLN)	1 (SK)	?
Boniato	BON	S. de Cuba	1988	20.081	-75.901	L (TLN)	1 (SK)	?
Baconao	BAC	S. de Cuba	1989	19.920	-75.455	L (TLN)	1 (SK)	?
La Margarita	MAG	S. de Cuba	1989	20.030	-76.044	L (TLN)	1 (SK)	?
Loreto	LOR	S. de Cuba	1989	20.095	-75.588	L (TLN)	1 (SK)	?
Palenque	PAL	S. de Cuba	1989	19.988	-75.450	L (TLN)	1 (SK)	?
Trucutú	TRU	S. de Cuba	1989	20.010	-75.500	L (TLN)	1 (SK)	?
Juraguá	JUR	Cienfuegos	1995	22.065	-80.516	R	3 (SKM-3)	20

(funcionamiento, registro, análisis y mantenimientos). La mejor estación, en todos los sentidos, ha resultado ser siempre Cascorro.

La red de estaciones sísmológicas cubre con distinto grado de fiabilidad sus zonas sísmogénicas. En este sentido, la zona de Cauto-Nipe (que comprende a la ciudad de Bayamo) es la mejor cubierta por la parte oriental de la red; aunque, contradictoriamente por cuestiones subjetivas, no está bien estudiada. Sin embargo, la intención preferente del análisis y procesamiento de la información es para la zona de Bartlett-Caimán. Esta última zona, debido al diseño de la red (localizada al norte) y a factores subjetivos, tiene errores de determinación importantes (Cotilla, 1993). Por lo general, la red cubana no permite una determinación precisa de los hipocentros (Cotilla, 1993); inclusive para los sismos más fuertes hay diferencias significativas entre sus informes y los de la red internacional (Cotilla *et al.*, 1993a); no obstante, puede asegurarse que el proceso de generación de terremotos es superficial, $h \leq 30$ km (Álvarez *et al.*, 1990).

En las inmediaciones de la ciudad de Santiago de Cuba, como un resultado de los temas de investigación 310.01 y 430.03 de Álvarez *et al.* (1985, 1990), se puso en operación una red local de tipo sismotelemétrico (TLN) (ver tabla anterior) a finales de la década del 80 y principios del 90. Esta red fue desarrollada por especialistas cubanos de distintas instituciones. Su estructura es sencilla y su diseño consiste en un conjunto de estaciones remotas que transmiten la señal por radio hacia la estación central que se encuentra en la sede del Centro-Nacional de Investigaciones Sísmológicas (López *et al.*, 1988). La fase de análisis en tiempo real todavía está pendiente.

En algunas zonas de Cuba han sido instaladas estaciones sísmológicas con carácter temporal (Fig. 3).

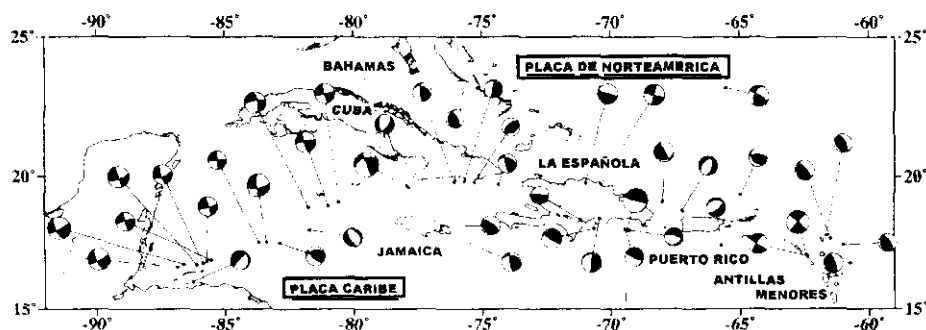


Figura 3.—Localización de las áreas donde operaron temporalmente estaciones sísmológicas. (1-San Juan y Martínez, 2-Ciudad de La Habana [sede del Instituto de Geofísica y Astronomía], 3-Toriente-Jagüey y Grande, 4-Cienfuegos, 5-Esmeralda, 6-Pilón y 7-Holguín).

4. CATÁLOGOS DE TERREMOTOS

Para el establecimiento más correcto de los acontecimientos históricos debemos señalar que la primera colección ordenada de datos de terremotos para el Caribe se adjudica a Lyconthenes (1607) y Zahn (1696). Esos autores sintetizaron cronológicamente las muy diversas notas, referencias y comunicaciones que sobre terremotos existían hasta entonces en forma dispersa e inconexa.

Los primeros catálogos de terremotos de Cuba fueron preparados por Poey a mediados del siglo XIX y comprendían el período 1551-1857. Sobre esa base Salterafín (1884) publicó un trabajo que incluyó los terremotos ocurridos en Cuba hasta el año 1884.

Montessus de Ballore (1924) recoge en su libro eventos sísmicos del período 1851-1923 del área caribeña y algunos de Cuba en particular.

Después de 1963 se han preparado varios catálogos de terremotos (Álvarez *et al.*, 1993; Chuy, 1982; Chuy y González, 1980; Chuy y Pino, 1982; Chuy *et al.*, 1980, 1983a, 1984, 1988, 1988a; González y Chuy, 1983; González *et al.*, 1994; Orbera *et al.*, 1990). Sin embargo, ninguno de ellos tiene una evaluación de la calidad y fiabilidad de los datos y estimaciones (Cotilla, 1993).

Para algunos terremotos han sido elaborados mapas de isosistas (Chuy *et al.*, 1988) y, a partir de su análisis, se ha podido, en una primera aproximación, identificar al elemento generador (falla y nudo de fallas) y establecer la dirección de propagación de la energía, como en el caso del sismo de Torriente-Jagüey Grande del 16-12-1982 (Chuy *et al.*, 1983a) (Fig. 4). También, dada la localización de las fallas sísmogénicas Nortecubana, Surcubana y Bartlett-Caimán las figuras geométricas de las isosistas de los terremotos ocurridos en ellas se representan en una sola mitad (Álvarez *et al.*, 1985). Sin embargo, el alto

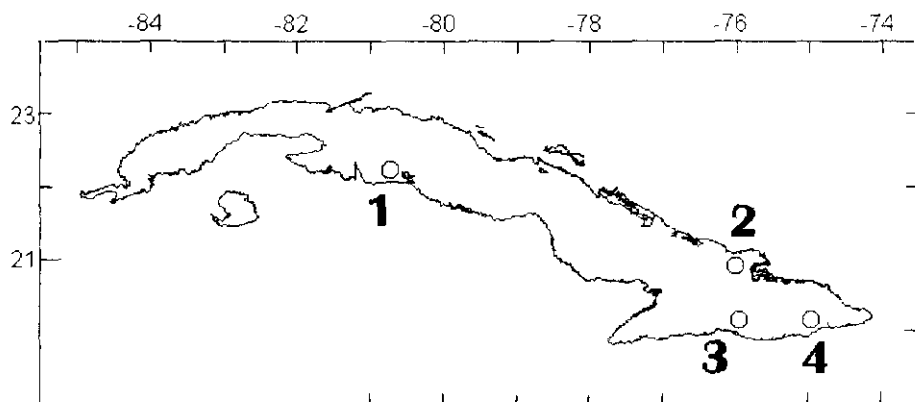


Figura 4.—Generalización de las isosistas del terremoto de Torriente-Jagüey Grande, provincia de Matanzas, el día 16-12-1982.

nivel de subjetividad para la evaluación de los datos iniciales y en el trazado de las isosistas limitan el alcance de estos resultados en las investigaciones sismotectónicas (Cotilla *et al.*, 1993a).

Sobre la base de diversas fuentes Rubio (1982) preparó para el Caribe un catálogo de tsunamis. En él hay un total de 17 descripciones y de ellas 5 de Cuba.

Como una nota curiosa se indica que el tsunami producido por el terremoto del 1-11-1755 en Lisboa fue percibido en Santiago de Cuba.

5. ESTRUCTURA Y CONTEXTO DE LAS INVESTIGACIONES

Como se ha visto anteriormente en el siglo XIX el científico cubano Andrés Poe y realizó, a título individual, un meritorio trabajo en el campo sismológico. Su contemporáneo, el español Benito Viñes, S.J., desarrolló diversas actividades en el contexto de la Compañía de Jesús las cuales sentaron las bases para la instalación de la primera estación sismológica. Esta fue la principal tarea de Mariano Gutiérrez Lanza, S.J. Otra personalidad que ejecutó tareas de investigación sismológicas a título personal y subvencionadas en parte por organismos públicos y privados fue don Pedro Salterain. La participación científica de don Eduardo Monteulieu se ajustó también a esa norma.

En general las investigaciones e ideas sobre terremotos se debatían en la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana y de hecho los especialistas antes mencionados debieron exponer ante ese foro temas específicos para su aceptación como miembros de ella.

Academia de Ciencias

El departamento de Geofísica fue constituido en el año 1962 dentro de la Academia de Ciencias de Cuba, fundada meses antes. En ese departamento había un pequeño grupo de técnicos en sismología con muy poca experiencia. En el año 1964 ese departamento adquiere la categoría de Instituto y ya se constituye un departamento de Sismología por la instalación de la estación en Soroa. Sin embargo, no es hasta 1973 que hay graduados universitarios cubanos dedicados a la disciplina. Desde 1962 y hasta 1990 se contó con la colaboración de numerosos especialistas del entonces «campo socialista», entre ellos mencionaremos de la: a) Unión Soviética: Z. Aranovich, V.I. Buné, V.M. Frend, A.A. Godzikovskaya, V.L. Golubiatnikov, L.M. Lyskov, S.V. Medvedev, R.S. Mijailova, V.N. Krestnikov, L.A. Kogan, T.G. Rautian, N.V. Shebalin y F.S. Tregub; B) República Democrática Alemana: P. Bankwitz, P. Borman, J. Ellenberg, H.J. Franzke, G. Grünthal, W. Strauch, J. Pilarski, M. Pilarski y K. Teuser; c) República de Checoslovaquia: V. Kárník, V. Schenk y Z. Schenkova.

Es importante aclarar que en el año 1961 dejó de existir el Real Colegio de Belén de La Habana por orden del gobierno. Igual suerte tuvo en el año 1962 la Real Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana.

La estructura de la Academia de Ciencias de Cuba, del instituto de Geofísica y del departamento de Sismología fue similar a la de los países socialistas de entonces. En el departamento existían cuatro líneas de trabajo o investigación: a) Servicio Sismológico Nacional; b) Servicio de Investigaciones Aplicadas; c) Peligrosidad Sísmica; d) Microregionalización Sísmica.

El 03-02-1992 se extrae, por decreto, del Instituto de Geofísica y Astronomía al departamento de Sismología que pasa a ser Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. También hubo un cambio de sede, de Ciudad de La Habana hacia Santiago de Cuba.

En el año 1995 el gobierno disolvió la Academia de Ciencias de Cuba y constituyó el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. La sede (Capitolio Nacional) y los funcionarios continuaron siendo los mismos.

Dentro de la Academia de Ciencias de Cuba, en específico de la Secretaría de Asuntos Nucleares, existió un grupo de investigaciones sismotectónicas, derivado principalmente del Ministerio de la Industria Básica (al que se hará referencia posteriormente), que trabajó en el área del Centro de Investigaciones Nucleares. La construcción de ese centro científico se planificó en la periferia de Ciudad de La Habana.

En las investigaciones sismotectónicas del mencionado Centro, para alcanzar un mapa de zonas sismogeneradoras, colaboraron especialistas de esa Secretaría y del Instituto de Geofísica y Astronomía (Orbera *et al.*, 1990). El resultado difiere de los obtenidos por el Ministerio de la Industria Básica.

El Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba aplicó, en colaboración con especialistas soviéticos, para tres regiones de Cuba (Occidental, Centro-Oriental y Suroriental) métodos geomorfológicos con el objetivo de establecer relaciones entre la sismicidad y las morfoestructuras. Estas investigaciones permitieron a tres especialistas alcanzar el grado de doctor en Ciencias (1984-1991). Sin embargo, ninguna de ellas se vinculó con los planes de investigación del Instituto de Geofísica y Astronomía.

Ministerio de la Industria Básica

El Ministerio de la Industria Básica de Cuba enfrentó desde mediados de la década del 70, por lo general, investigaciones de tipo sísmológico al margen de la Academia de Ciencias de Cuba. Esto se fundamentaba en el hecho de las grandes inversiones energéticas que financiaban la Unión Soviética para el país. Así, dentro de la Empresa Integral de Proyectos se constituyó un grupo de investigaciones sismotectónicas, inclusive antes que en la Academia de Ciencias de Cuba. Este grupo contaba con la asesoría de especialistas soviéticos.

En los planes de investigaciones geofísicas y sismológicas para los asentamientos de centrales electrónicas en Cuba investigaron tres zonas: Juraguá (en Cienfuegos), Gibara-Bariay (Holguín) y el norte de Pinar del Río. Esas investigaciones aportaron diversos mapas de zonas sismogeneradoras.

La Industria Básica creó una gran infraestructura para las investigaciones de la Central de Holguín (CEN) y en consecuencia contrató para la parte de sismología un numeroso grupo de especialistas soviéticos (tadzhikos, principalmente), así como también todo el equipamiento de las estaciones sismológicas que se instaló en la región oriental de Cuba. Las estaciones una vez finalizados los trabajos pasaron al Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. Cabe señalar que hubo colaboración entre la CEN y el Instituto de Geofísica y Astronomía, pero la parte soviética era la responsable.

Mención especial tienen los trabajos geofísicos realizados por los especialistas soviéticos en las décadas del 60, 70 y 80 en Cuba (Sherbakova *et al.*, 1975, 1977) para el conocimiento de la estructura superficial y profunda de la corteza. Sin embargo, hasta el presente no hay acuerdo entre los especialistas acerca del modelo de corteza de Cuba (Prol *et al.*, 199; Mossakovskiy *et al.*, 1989; Shein *et al.*, 1985, 1985a).

Publicaciones

Los especialistas del siglo XIX que deseaban presentar ideas y resultados de tipo sismológico debieron recurrir a editoriales en el extranjero, como Poey. Otros aprovecharon las ediciones de la prensa nacional como Viñes y Salterain. Y algunos, ya en los años 1930, utilizaron la publicación seriada de la revista de la Sociedad Cubana de Ingenieros.

Destaca el hecho de que sin ser un especialista en la temática de Sismología, el escritor y poeta cubano José Martí y Pérez redactó un muy interesante artículo de divulgación científica sobre el terremoto del 1-9-1886 de Charleston, Estados Unidos de Norteamérica (32,9° N, -80,0° O; I=X grados MM; Ms=7,5) (Cotilla, 1995). En ese trabajo que apareció en el diario «La Nación» de Buenos Aires, Argentina, los días 14 y 15 de octubre de 1886 resaltan las descripciones sobre los daños ocasionados por el terremoto y agudas observaciones del origen y el mecanismo generador.

A partir del año 1962 las publicaciones se circunscribieron, casi en su totalidad, al área de países socialistas. En el año 1980 se comienza a editar una revista cubana (en idioma español) de contenido sismológico, Investigaciones Sismológicas en Cuba. Ella tuvo una edición de 5 números (1980-1985) con un total de 23 artículos. Posteriormente, salió a la luz la serie (1987-1991), Comunicaciones Científicas Sobre Geofísica y Astronomía. Estos esfuerzos literarios del Instituto de Geofísica y Astronomía permitieron dar una cierta divulgación, en el marco latinoamericano, a los resultados obtenidos. Sin embargo, la

inmensa mayoría de los datos e investigaciones se recogían en informes internos que se desconocen en la misma Cuba.

Un marco muy propicio para la divulgación internacional, al menos en el campo sísmológico, se propició a finales de la década del 80 con el Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Esta obra fue gracias a la cooperación española, en particular del Instituto Geográfico Nacional. Sin embargo, dificultades subjetivas limitaron su alcance.

Otro aspecto de innegable importancia para la divulgación nacional de la Sismología lo constituyeron las 5 jornadas científicas realizadas (1981-1989) en el Instituto de Geofísica y Astronomía.

Colaboración y Resultados

La colaboración científica en materia de sismología, para el caso cubano, se constata a partir del sismo del 03-02-1932 de Santiago de Cuba. En ese marco especialista norteamericanos de la Universidad de Princeton, bajo la dirección de Richard I. Field, investigaron durante más de seis semanas la región surentral de Cuba. Utilizaron incluso un submarino de la Armada norteamericana. El eminente sismólogo holandés M. Meizner formó parte de la comisión.

Otro aspecto de colaboración se aprecia en la incorporación del país (1907-1940) a la Asociación Internacional de Sismología, que tenía su sede en Estrasburgo. Esta adhesión fue gracias al esfuerzo del padre Mariano Gutiérrez Lanza, S.J. y a la remisión periódica de los datos de la estación Luyanó (1907-1920).

Con los ex-países socialistas la colaboración permitió la preparación de técnicos y especialistas cubanos en Sismología y en particular que cinco de ellos obtuviesen el grado de doctor en ciencias. Estos especialistas colaboraron con algunos colegas de Nicaragua en los estudios de peligro sísmico en los alrededores de Managua y Masaya en la década del 80. También impartieron en Cuba gran cantidad de cursos y entrenamientos de postgrado.

Las estaciones sísmológicas Soroa y Cascorro, y Río Carpintero fueron producto de donaciones de la Unión Soviética y de la República Democrática Alemana, respectivamente.

Sobre la base de las ideas rusas, principalmente, se han desarrollado diversos estudios de estimación de la peligrosidad sísmica para el territorio de Cuba como unidad (Álvarez *et al.*, 1985, 1990, 1991; Rubio, 1984) y para algunas partes de él (Álvarez, 1983; y Álvarez y Buné, 1977). En este sentido, se han obtenido distintos modelos. Así, en términos generales se puede asegurar que el grado de conocimiento es bueno; pero debido a algunas suposiciones incluidas en los modelos hay limitaciones para su aplicación.

Uno de los mapas de peligrosidad sísmica obtenidos se representa en la figura 5. También en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (Álvarez *et al.*, 1988) aparece un mapa doble ($T=100$ años y $T=1000$ años), escala 1:2,000,000. Ellos han sido considerados en las normas constructivas.

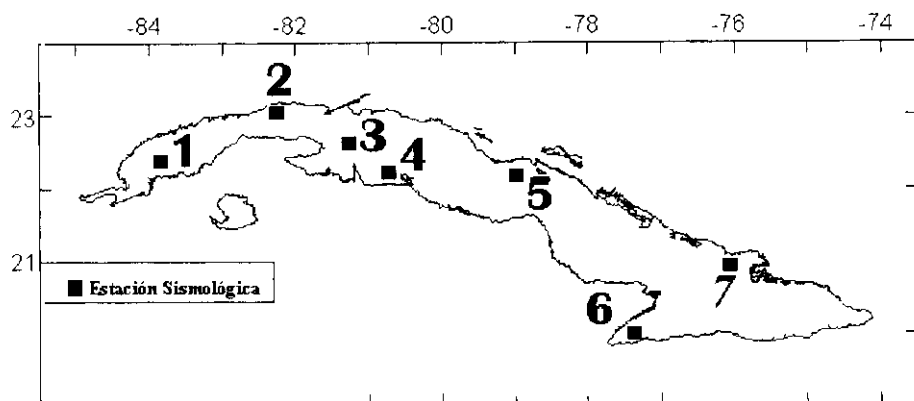


Figura 5.—Mapa de peligrosidad sísmica de Cuba.

En esa línea, Krestnikov *et al.* (1983) prepararon el primer mapa de zonas sismogeneradoras para una región de Cuba, la central (Fig. 6a). Posteriormente, se confeccionaron otros mapas y esquemas para las regiones occidental, orien-

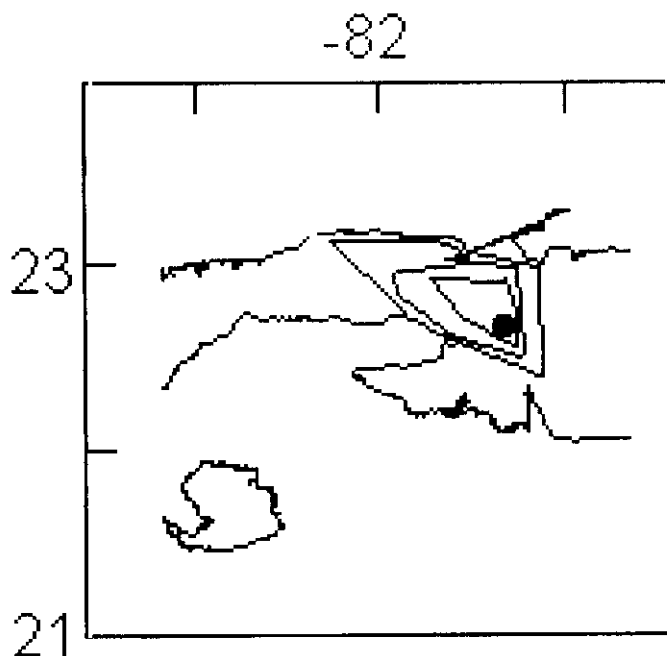


Figura 6a.—Mapa de zonas sismogeneradoras de Cuba Central de Krestnikov *et al.* (1983).

tal y centro-oriental. Para Cuba, en su conjunto, Cotilla *et al.* (1991a) elaboraron una plataforma teórica diferente y obtuvieron el primer mapa sismotectónico, escala 1:1,000,000 (Fig. 6b).

La mayoría de las investigaciones de microregionalización sísmica en Cuba, para obras industriales importantes y ciudades, se sustenta fundamentalmente en las propuestas de Medvedev (1973, 1977). Estos estudios conllevan una fase de gabinete y otra instrumental; instrumental que fue cedido también por la Unión Soviética. Los trabajos más significativos en esta línea han sido realizados en las zonas que se indican en la figura 7.

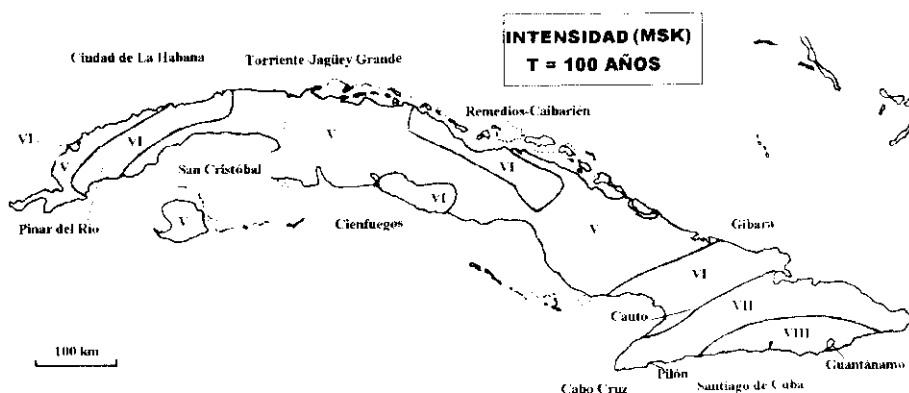


Figura 6b.—Generalización del mapa sismotectónico de Cuba, escala original 1:1000000, de Cotilla *et al.* (1991a).

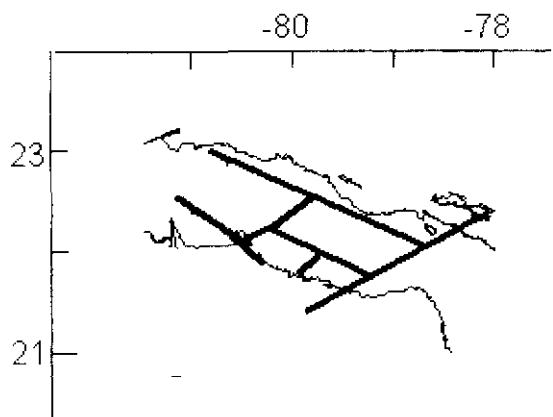


Figura 7.—Localización de las áreas donde se han realizado estudios de microregionalización sísmica. (1-Juraguá, Cienfuegos; 2-Bariay, Holguín; 3-Santiago de Cuba; 4-Guantánamo).

Los mecanismos focales han sido obtenidos únicamente para la zona sísmogénica de Bartlett-Caimán y a partir de estaciones internacionales (tabla 2). Evidentemente, destaca el hecho que la mayoría de las determinaciones son de autores de otros países, lo cual será más significativo en la actualidad debido a la automatización del proceso y el acceso a la información. Los mecanismos determinados, aunque insuficientes, confirman parcialmente el desplazamiento transcurrente sinestroso de la placa Caribe con relación a la placa norteamericana (Fig. 8).

Tabla 2
Mecanismos focales del segmento de Bartlett-Caimán

<i>Fecha</i>	<i>Lat N, Lon W</i>	<i>Magnitud</i>	<i>Fuente</i>
19-09-1957	16.96, 85.60	mb = 6,0	Molnar y Sykes, 1969
25-07-1962	19.0, 81.2		Molnar y Sykes, 1969
23-02-1966	16.96, 85.60	mb = 4,9	Molnar y Sykes, 1969
20-04-1962	20.6, 72.2		Molnar y Sykes, 1969
25-02-1969	15.3, 87.4	mb = 5,4	Dean <i>et al.</i> , 1978
04-02-1976	15.28, 89.19	Ms = 7,5	Kanamori <i>et al.</i> , 1976
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, 74.6	mb = 4,3	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
22-12-1970	19.92, 75.29	mb = 4,7	
20-05-1973	19.71, 75.58	mb = 4,5	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
11-04-1972	19.09, 80.74	mb = 4,7	
19-02-1976	19.87, 76.87	Ms = 5,7	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
23-02-1976	19.84, 77.12	Ms = 4,6	Alvarez <i>et al.</i> , 1984
24-2-1976	19.84, 77.17	mb = 4,8	
23-09-1887	Sur de Cuba	Ms = 7,5	Mocquet, 1984
20-02-1917	19.5, 78.5	Ms = 7,4	Mocquet, 1984
03-02-1932	19.8, 75.8	Ms = 6,7	Mocquet, 1984
07-08-1947	19.84, 75.3	Ms = 6,7	Mocquet, 1984
13-11-1978	19.84, 76.05	Ms = 5,1	CMT
01-09-1985	19.78, 75.08	Ms = 5,1	CMT
12-02-1989	19.69, 74.36	Ms = 5,2	CMT
22-05-1990	19.74, 76.02	Ms = 5,1	CMT
26-08-1990	19.59, 77.87	Ms = 5,9	CMT
04-09-1990	19.80, 75.69	Ms = 5,2	CMT
26-08-1991	18.90, 80.97	Ms = 5,2	CMT
25-05-1992	19.61, 77.87	Ms = 6,9	Perrot <i>et al.</i> , 1997
27-06-1992	19.03, 80.56	Ms = 5,3	CMT
27-06-1995	18.50, 81.73	Ms = 5,6	CMT

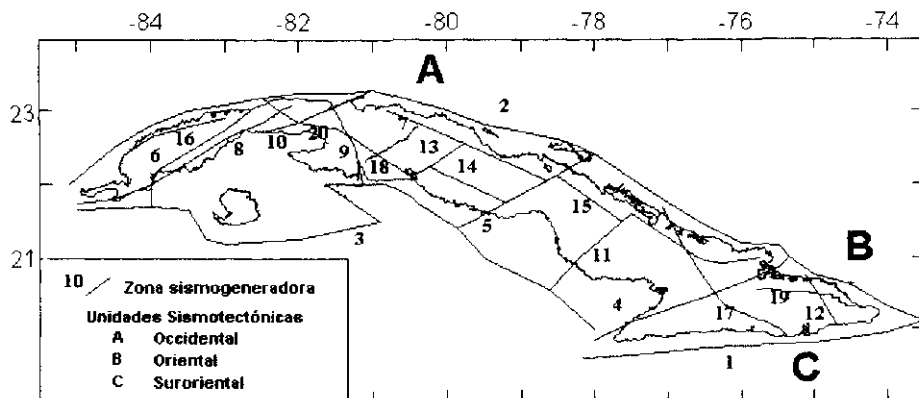


Figura 8.—Mecanismos focales de la zona límite de placas Caribe-Norteamérica.

A raíz de la desaparición de la «comunidad de países socialistas», y en particular del apoyo soviético, se confrontaron muchas dificultades, tales como: falta de insumos para la operación de las estaciones, los intercambios de especialistas se interrumpieron, las donaciones desaparecieron, etc. Esta situación favoreció cierta participación en cursos y entrenamientos en países del área capitalista (Italia, Japón y México), y la publicación en algunas revistas internacionales. Estas actividades no son financiadas por la parte cubana. Por ejemplo, la firma MAPFRE de España financió un proyecto de investigación sobre peligrosidad sísmica para el área de Cuba (Rodríguez, 1995).

Es probable que para completar la historia sísmológica de Cuba aún queden algunos aspectos, pero consideramos que los más significativos están aquí recogidos.

6. PERSPECTIVAS

Las no pocas limitaciones económicas, la enorme y ortodoxa nomenclatura administrativa y el deterioro de los equipos permiten constatar, a los especialistas, el estancamiento progresivo y la consecuente desactualización en la disciplina sísmológica del país. De continuar la actual trayectoria el nivel alcanzado se perderá, más pronto que tarde, inexorablemente.

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). Los Profesores Diego Córdoba Barba y Agustín Udías Vallina nos alentaron en

todo momento a concretar el trabajo. Al Dr. José Leonardo Álvarez Gómez debemos algunos de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, H. y Menéndez, L. (1969): Sismicidad de Cuba. (en ruso). En: *Fizika Zemli*, 1: 74-78.
- Álvarez, L. (1983): Estimación de la peligrosidad sísmica para Santiago de Cuba. *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 4: 87-123. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Álvarez, L. y Buné, V.I. (1977): Estimación de la peligrosidad sísmica para la región suroriental de Cuba. (en ruso). En: *Fizika Zemli*, 10.
- Álvarez, L.; Chuy, T. y Cotilla, M. (1991): Peligrosidad sísmica en Cuba. Una aproximación a la regionalización sísmica del territorio nacional. *Revista Geofísica*, 35: 125-150. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Perú.
- Álvarez, L.; Cotilla, M. y Chuy, T. (1988): Mapa de intensidades máximas para períodos de recurrencia de 100 y 1000 años por datos sismológicos. En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Sección Características Geofísicas, II.3.3 Madrid*.
- Álvarez, 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.
- Álvarez, 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.
- Álvarez, 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.
- Álvarez, L.; Serrano, M.; Rubio, M.; Chuy, T. y González, B. (1984): El terremoto del 19 de febrero de 1976. Pilón, región oriental de Cuba. *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 5, 5-60. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (1992): Informe científico-técnico del terremoto Cabo Cruz, 1992.
- Chuy, T. (1982): Actividad sísmica de la provincia Holguín. *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 2, 20-45. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Chuy, T. (1988): Isosistas de terremotos de Cuba. En: *Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Sección Características Geofísicas, II.3.2. Madrid*.
- Chuy, T.; Dzhuraev, R.U.; Álvarez, L.; Álvarez, 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. En: *Archivos del Instituto de Geofísica y Astronomía*.
- 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.
- Chuy, T.; González, B. y Álvarez, L. (1983): Sobre la peligrosidad sísmica en Cuba. *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 4, 37-52. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Chuy, T.; González, B. y Polo, B. (1988a): Algunos criterios sobre la peligrosidad sísmica de la región occidental de Cuba. En: *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, 4, 21 p. Instituto de Geofísica y Astronomía.

- 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.
- 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.
- 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.
- Chuy, T.; Vorobiova, E.; Álvarez, 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.
- Chuy, T.; Zapata, A. y Rubio, M. (1990): Isosistas del terremoto del 20 de agosto de 1852. En: *Atlas de la provincia de Santiago de Cuba*.
- Cotilla, M. (1987): Red de estaciones sismológicas. Informe científico-técnico del Instituto de Geofísica y Astronomía, 20 p.
- Cotilla, M. (1993): Una caracterización sismotectónica de Cuba. Tesis en opción al grado de doctor en ciencias. Instituto de Geofísica y Astronomía, Academia de Ciencias de Cuba, 200 p.
- Cotilla, M. (1995): José Martí, la sismología y los terremotos en zonas estables. *Revista de Historia de América*, 119: 35-48. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Perú.
- Cotilla, M. (1995a): El sismo del 09-03-1995 en Ganuza, San José de las Lajas. Informe del Instituto de Geofísica y Astronomía, 10 p.
- Cotilla, M.; Álvarez, L. y Serrano, M. (1996): Monografía Sobre la Historia de la Sismología en Cuba. 150 p. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Cotilla, M.; Bankwitz, P.; Franzke, H.J.; Álvarez, L.; González, E.; Díaz, J.L.; Grüntal, G.; Pilarski, J. y Arteaga, F. (1991a): Mapa sismotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000. En: *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, 23, 35 p. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Cotilla, M.; González, E.; Franzke, H.J.; Díaz, J.L.; Oro, J.; Arteaga, F. y Álvarez, L. (1991b): Mapa neotectónico de Cuba, escala 1:1,000,000. En: *Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía*, 22, 37 p. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Cotilla, M.; Millán, G.; Álvarez, L.; González, D.; Pacheco, M. y Arteaga, F. (1993a): Elementos del esquema neotectogénico de Cuba. Informe Científico-Técnico del departamento de Geofísica del Interior, 100 p. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Cotilla, M. y Ufías, 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. y Drake, C.L. (1978): Focal mechanisms and tectonics of the Middle America arc. *J. of Geology*, 86: 111-128.
- Departamento de Sismología (1990): Informe científico-técnico del terremoto de Cabo Cruz. 1990. Academia de Ciencias de Cuba.
- Gutiérrez Lanza, M. (1914): Conferencias de Seismología pronunciadas en la Academia de Ciencias de La Habana. Imprenta y Librería de Lloredo y Cña., La Habana, 178 p.
- González, B.; Álvarez, L.; Serrano, M.; García, J.; Rodríguez, V.; Pérez, L. y Fernández, E. (1995): Informe Científico-Técnico del 9 de Marzo de 1995. Ganuza, Muni-

- cipio San José de las Lajas. En: Archivo del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Filial Occidental. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba. 13 p.
- 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.
- González, B.; Chuy, T.; Álvarez, L.; Rubio, M., *et al.* (1994): Estudio sismológico regional complejo de Cuba centro oriental para el emplazamiento de objetos nucleares. Informe Científico-Técnico, Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, 91 p.
- Kanamori, H. y Stewart, G.S. (1976): Seismological aspects of the Guatemala earthquake of february 4. 1976. *J. Geophys. Res.*, 83: 3427-3434 .
- Krestnikov, V.N.; Frend, V.M. y Shebalin, V. (1983): Sobre la metodología de las investigaciones geológicas y sismológicas para el estudio de la peligrosidad sísmica. (en ruso). En: *Investigaciones Sismológicas de las Zonas de Baja Actividad Sísmica*. Editorial Nauka, Moscú, 81-85 .
- López, G.; Ruiz, F. y Serrano, M. (1988): Requerimientos para el desarrollo de una red sismoteletrónica en la ciudad de Santiago de Cuba City. Informe del Instituto de Geofísica y Astronomía, 13 p.
- Lyconthenes, (1607): *Prodigiorum ae ostentorum cronicon, quae practer naterrae ordinem, motum et operationem, et insuperioribus et inferioribus mundis regionibus, ab exordio mundi usque ad haec nostra tempora, acciderunt*. Basiliae (en latín).
- Martínez-Fortún, J.A. (1948): *Meteorología histórica cubana*. Caibarién.
- Medvedev, S.V. (1973): Recomendaciones para la microregionalización sísmica RMS-73 (en ruso). En: *Cuestiones de ingeniería sísmica*, vol. 15, 6-34. Ed. Nauka, Moscú.
- Medvedev, S.V. ed. (1977): *Microregionalización sísmica* (en ruso). Editorial Nauka, Moscú, 248 p.
- 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. 53 p.
- Molnar, P. y Sykes, L.R. (1969): Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanism and seismicity. *Geol.Soc. of Amer.Bull* 80, 9: 1639-1684.
- Montes de Ballore, F. (1924): *La Géologie Sismologique: Les Tremblements de Terre*. (en francés). Paris. Armand Colin., 488 p.
- 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.
- Mossakovsky, A.; Pusharovski, Yu.; Nekrasov, G.E.; Sokolov, S.R.; Formell, F, Cabrera, R.; Iturralde, M.; *et al.* (1989): Mapa Tectónico de Cuba, Escala 1:500,000. Instituto de Geología y Paleontología.
- 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.
- Perrot, J.; Calais, E. y Mercier de Lépinay, B. (1997): Tectonic and kinematic regime along the northern Caribbean plate boundary: New insights from broadband mode-

- ling of the May 25, 1992, Ms = 6,9 Cabo Cruz, Cuba, earthquake. *Pure and Applied Geophysics*, 149: 475-487.
- Pezuela, J. (1866): Diccionario geográfico, estadístico e histórico de la isla de Cuba. Madrid.
- Pichardo, E. (1854): Geografía de la isla de Cuba. La Habana.
- Pino, M.; García, F.; Córdova, A. y Pérez, I. (1989): Mapas del desarrollo económico, escala 1:5,000,000. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Sección XXIV Historia y Revolución.
- 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. Bertand.
- 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.
- Prol, J.; Ariaza, G. y Otero, R. (1993): Sobre la confección de los mapas de profundidad del basamento y espesor de la corteza terrestre en el territorio cubano. Informe Científico-Técnico de la Emp. Nacional de Geofísica, Ministerio de la Industria Básica. p. 36.
- Ramos, L.E. (1994): Notas históricas acerca de dos directores del Observatorio del Colegio de Belén y su significado científico. En: Resúmenes del Primer Congreso Nacional de Historia de la Ciencia y la Técnica, 14-16 Nov., La Habana. CEHOC, Academia de Ciencias de Cuba.
- Rodríguez, M. (1995): Estimaciones probabilísticas de la peligrosidad sísmica en Cuba. Editorial MAPFRE, 80 p. Madrid
- Rubio, M. (1982): Ocurrencia de tsunamis en el Caribe. *Rev. Investigaciones Sismológicas en Cuba*, 2, 170-180. Instituto de Geofísica y Astronomía.
- Rubio, M. (1984): Seismicity of the Republic of Cuba and adjacent areas. *Academy of Sciences of Czechoslovakia's Report*. 60 p.
- Salteraf y Legarra, P. (1884): Ligera reseña de los temblores de tierra ocurridos en la Isla de Cuba. En: *Anales de la Academia de Ciencias de La Habana*, 21, 203-218.
- Shein, V.S.; Tenreiro, R. y García, E. (1985): Modelo de Constitución Geológica Profunda de Cuba. En: *Serie Geológica*, 1, 78-88. Ministerio de la Industria Básica, Cuba.
- Shein, V.S.; Klishov, K.A.; Jain, V.E.; Dikenshtein, G.E.; Yparraquirre, P.J. y Rodríguez, R. (1985a): Mapa Tectónico de Cuba, Escala 1:500,000. Centro de Investigaciones Geológicas, Ministerio de la Industria Básica.
- Sherbakova, B.E.; Bovenko, V.G.; Latzenko, T.N. y Miroshnichenko, I.P. (1975): Informe Sobre los Resultados de las Observaciones con los Aparatos Tierra en el Territorio de Cuba Occidental, Llevadas a Cabo en 1972-1974. *Arch. Consejo Nac. del Fondo Geológico*.
- Sherbakova, B.E.; Bovenko, V.G.; Latzenko, T.N. y Miroshnichenko, I.P.; *et al.* (1977): Informe Sobre los Métodos de Observaciones con los Aparatos TERRA en el Territorio de Cuba Occidental; Llevadas a Cabo en 1974-1975. Moscú, 1, p. 153.
- Tomblin, J. y Robson, G.R. (1977): A catalogue of felt earthquakes for Jamaica with references to others islands in the Greater Antilles, 1524-1971. *Mines Geol. Division, Special Publication*, Jamaica.
- Udías, A. (1996): Jesuits' contribution to meteorology. *Bull. of Am.Met.Soc.*, 77,10, 2307-2315.

- Viñes, B. y Salterafn, P. (1880): Excursión a Vuelta Abajo de Viñes y Salterafn en ocasión de los fuertes temblores de tierra ocurridos en la noche del 22 al 23 de enero de 1880. En: Ediciones «La Voz de Cuba», La Habana, 68 p.
- Vireux, J.; Calais, E.; Deschamps, A.; Mercier de Lépinay, B. y Bethoux, N. (1992): Tectonic interpretation of the May 25th 92 Cuban earthquake. EOS Transactions, AGU Fall Meeting, San Francisco.
- Zahn, J. (1696): *Specule physico-mathematico-historical notabilium & mirabiliuru scientorum, scrutinium IV, disquisitie I. Novinbergae.*

RESUMEN

El trabajo recoge los acontecimientos sismológicos del período 1492-1996, según la opinión del autor, más importantes ocurridos en Cuba. Desde este punto de vista están: 1) los terremotos más fuertes (1766, 1852, 1880, 1914, 1932, 1939, 1947, 1976, 1992, etc.) con sus efectos y consecuencias; 2) las personalidades científicas más relevantes (Andrés Poey, Benito Viñes, Pedro Salterafn, Mariano Gutiérrez y Eduardo Monteulicu, entre otros) que aportaron sus esfuerzos e inteligencia; 3) las publicaciones (catálogos y revistas), su contenido y divulgación; 4) el desarrollo de la sismología instrumental, las estaciones sismológicas (convencionales y telemétricas) y el intercambio internacional; 5) las investigaciones (incluidas las cooperaciones con especialistas del ex-campo socialista) y sus resultados.

Palabras clave: Sismología, terremotos, Cuba.

ABSTRACT

This work pick up the seismological events between 1492 and 1996 from author spoint of view more importants to Cuba. From slich position there are: 1) the strongest earthquakes (1766, 1852, 1880, 1914, 1932, 1939, 1976, 1992, etc.) with their effects and consequences; 2) the scientist more importants (Andrés Poey, Benito Viñes, Pedro Salterafn y Eduardo Monteulieu) who contributed with their efforts and talent; 3) the publications (catalogs and journals), their contents and disclosure; 4) the instrumental develop, the seismic network (conventional and telemetric types) and international exchange; 5) the researches (including the colaboration with the former socialist countries) and results.

Key words: Seismology, earthquakes, Cuba.