

Capítulo II

Geología sísmica y riesgo geológico

El presente capítulo se refiere a la geología sísmica o ingeniería de fallas activas, la cual permite alcanzar los siguientes objetivos:

- ✓ Caracterizar los accidentes tectónicos existentes en el país.
- ✓ Cuantificar el potencial sismogénico y el correspondiente nivel de amenaza que caracteriza a los diversos sistemas de fallas.
- ✓ Estudiar, geomorfológica y geológicamente, las deformaciones permanentes del suelo.
- ✓ Abrir ventanas de tiempo que nos permitan reconstruir la actividad sísmica del país para poder establecer posibles períodos de retorno de los sismos.
- ✓ Cuantificar e inventariar las amenazas geológicas del país: deslizamientos, derrumbes, flujos torrenciales, deslaves, etcétera, provocados por los sismos y otros riesgos geológicos no asociados a la sismicidad.

Como resultado de este quehacer, el Departamento de Ciencias de la Tierra de Funvisis mantiene actualizados varios productos: el Mapa de Fallas Cuaternarias de Venezuela y el Inventario Nacional de Riesgos Geológicos, entre otras de las herramientas imprescindibles para el mejoramiento continuo de la Norma Sismorresistente, la cual debe ser de obligatorio cumplimiento para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones ante la eventualidad de un terremoto, y la elaboración de mapas de riesgo a nivel nacional y local.

Importancia de la geología sísmica

Siendo Venezuela un país donde los registros científicos, documentales e instrumentales, sobre eventos sísmicos son de reciente data (1530-2002), circunstancia por la que no se

dispone de un análisis completo y riguroso de la sismicidad del país, resulta necesario radiografiar el pasado y proyectar hacia el futuro lo que ha sido y será la evolución tectónica reciente. Para esta incesante búsqueda, destinada a conocer el ciclo sísmico característico de una falla, se cuenta con los conocimientos científicos generados por disciplinas como la neotectónica, la sismotectónica, la paleosismología, y la sismología histórica.

La **neotectónica** (estudio de los movimientos reciente en las fallas, basándose en la geomorfología y la geología de las deformaciones o rupturas superficiales), nos ha permitido, por ejemplo, ampliar el registro sísmico del territorio nacional al identificar los accidentes geológicos con actividad sísmica reciente. Los estudios de este tipo permiten conocer la geometría de cada falla (traza activa, rumbo y buzamiento), cinemática (desplazamiento y longitud de ruptura cosísmica por evento, tasa de desplazamiento promedio de la falla), desplazamientos acumulados a lo largo de cada accidente y edad de la deformación. Con esta información se estima la velocidad de desplazamiento de las fallas y el posible período de retorno de los terremotos. A través de esta disciplina Funvisis ha logrado discriminar las fallas con movimiento reciente como los sistemas de Boconó, La Victoria, San Sebastián y El Pilar.

La **sismotectónica**, íntimamente relacionada con la disciplina anterior, permite determinar el nivel de actividad, con o sin expresión superficial, que, como consecuencia de los sismos, tiene cada falla, relacionándolas en el marco de la tectónica de placas. De esta manera, se establece el vínculo entre la falla y el sismo.

En cuanto a la **paleosismología**, herramienta de trabajo de suma importancia en los estudios de evaluación de riesgo sísmico, esta disciplina nos permite “abrir” hacia el pasado una ventana de observación de la actividad sísmica de una falla en particular, así como determinar la capacidad generadora de terremotos de la misma, en términos de la magnitud del evento y la posible interpretación de su

tiempo de retorno. Esta ventana al pasado se abre a partir de la excavación de trincheras (hasta la fecha se han realizado más de 35 trincheras a nivel nacional, con paredes de dimensión variable en cuanto a su longitud, ancho y profundidad), en las cuales se observan las deformaciones producidas por el movimiento de las fallas en formaciones geológicas recientes, lo que nos da, basándonos en dataciones radiocarbónicas (C^{14}) su historia sísmica y nos lleva a conocer su capacidad de generar un sismo de magnitud determinada, logrando, algunas veces, deducir un posible período de retorno si las condiciones geológicas del entorno están dadas.

La paleosismología aporta, además, información referente a: tiempo transcurrido entre eventos, tiempo transcurrido desde el último evento y probabilidad de ocurrencia del próximo. Este conjunto de datos geológicos es útil para el desarrollo de modelos de segmentación de falla y de recurrencia sísmica que constituyen los fundamentos modernos de análisis probabilístico de la amenaza sísmica. Esta disciplina, que contribuye a una mejor comprensión de los sismos -tanto instrumentales como históricos-, ayuda a complementar estudios incompletos que se sustentan en documentos históricos y cuya ventana de tiempo va mucho más allá del período histórico-sísmico nacional que se inicia en 1530 en el oriente del país.

En referencia a la sismología histórica, de ella se puede decir que, a partir del análisis crítico de documentos históricos, se elaboran mapas de isosistas que permiten establecer la intensidad de los daños ocasionados por un terremoto y las expresiones en superficie del mismo.

La aplicación de los fundamentos de la geología sísmica, al igual que los conocimientos generados por las otras disciplinas asociadas al estudio de los sismos contribuye a que, a nivel nacional, las autoridades puedan tomar decisiones que incidan positivamente en el desarrollo económico de país y en la calidad de vida del venezolano.

Cartografiando fallas activas

En síntesis, apoyándose en las disciplinas mencionadas, Funvisis adelanta programas de investigación que abarcan la extensión de los diversos sistemas de fallas sismogénicas que integran el límite sur de la placa del Caribe.

Dichas investigaciones contemplan la cartografía detallada de las trazas superficiales de las principales fallas activas del país (Figs. 15, 16 y 17), la excavación de trincheras de exploración paleosísmica sobre las trazas -donde se analizan todas las variables geológicas presentes en dicho segmento de falla-, y se hacen dataciones radimétricas de sedimentos recientes deformados por la actividad sísmica. Se cuantifica, además, el potencial sismogénico y el nivel de amenaza que caracteriza a los diversos sistemas de fallas cartografiados y se evalúan los efectos geológicos inducidos por la actividad sísmica en la estabilidad de los terrenos, como resultado de fenómenos de licuación de suelos, aludes y deslizamientos de tierra, etcétera. Asimismo,



Fig. 15. Detalle de la traza de la falla de Boconó, a la altura de Mucubají, Edo. Mérida. Foto: Frank Audemard.



Fig. 16. Detalle de un afloramiento en el Flanco Surandino, Puente Páez.
Foto: Frank Audemard.



Fig. 17. Detalle de la traza de la falla de El Pilar, Edo. Sucre.
Foto: Frank Audemard.

valiéndose de la sismología histórica, la Fundación hace un monitoreo constante de las zonas de comprobada actividad sísmica y que son objeto de estudio a nivel regional (Figs. 18, 19, 20 y 21).

Adicionalmente, el Departamento de Ciencias de la Tierra desarrolla varias líneas de investigación que se complementan unas a otras, entre las cuales tenemos: relaciones

empíricas de los efectos de un sismo (licuación de suelos, volcanes de arena) con el objeto de establecer las magnitudes máximas de los sismos que se han registrado en el país, tanto actuales como históricos, se avanza con los estudios de neotectónica y paleosismología sobre la falla de Boconó y en el establecimiento de magnitudes para sismos históricos, basado en estimaciones o relaciones matemáticas, y se trabaja en la actualización y modernización del inventario nacional de riesgos geológicos, en función de disponer de un mayor espectro de fenómenos de esta naturaleza vinculados a la sismicidad.

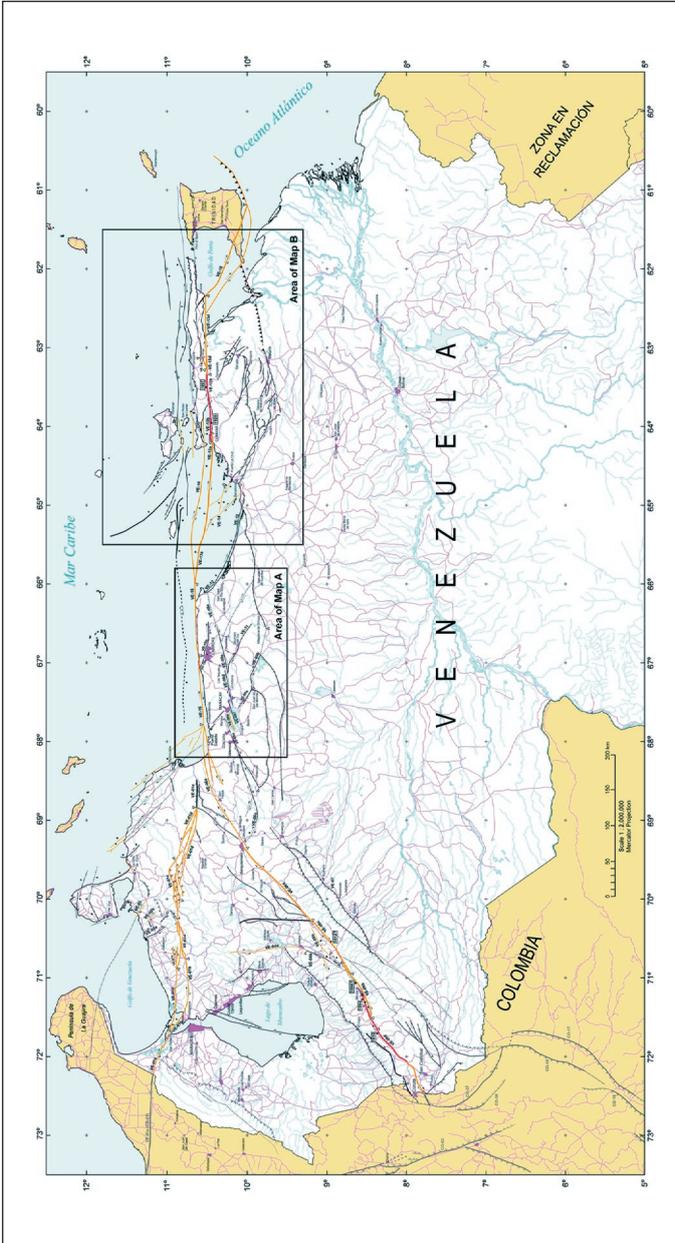


Fig. 18. Mapa de fallas cuaternarias de Venezuela.

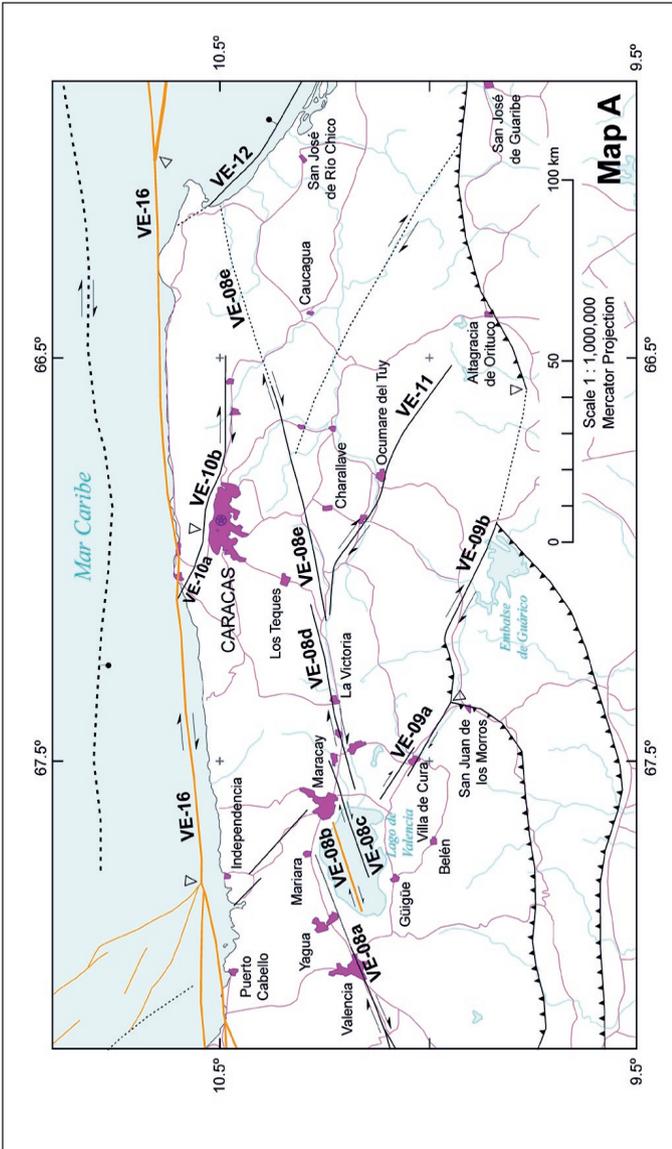


Fig. 19. Mapa de fallas cuaternarias de la zona nor-central de Venezuela.

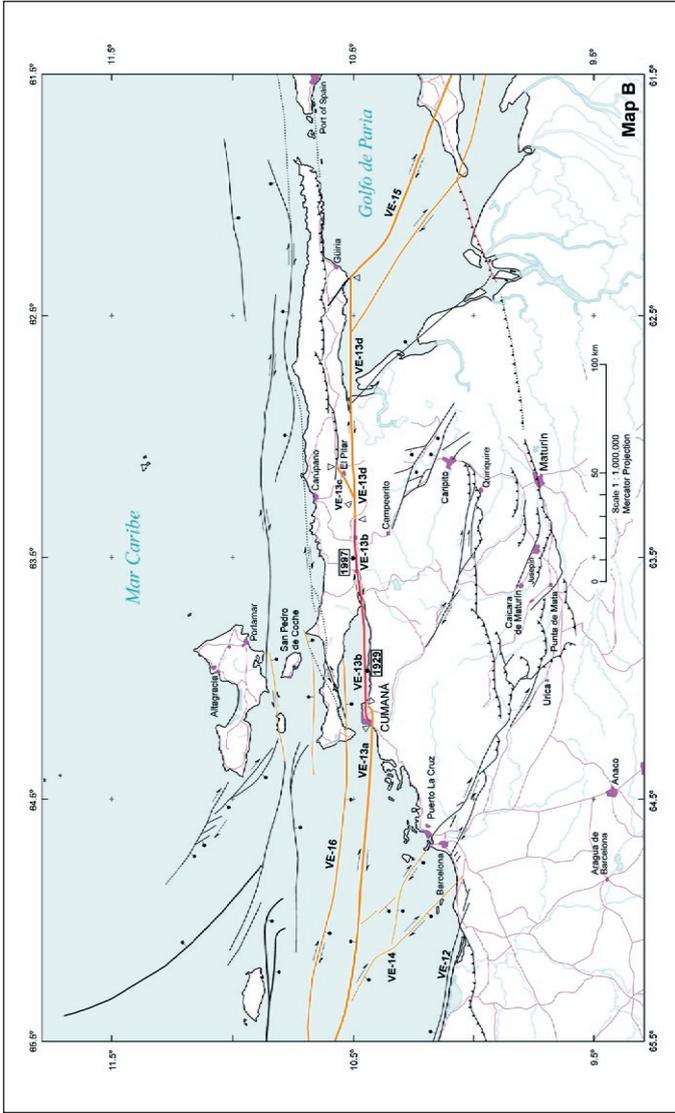


Fig. 20. Mapa de fallas cuaternarias del nor-orient de Venezuela.



SIMBOLOGIA DEL MAPA

EDAD DE ULTIMA RUPTURA SUPERFICIAL

-  Histórica (año)
-  Holocena (<10,000 años) o post glacial (<15,000 años)
-  Cuaternaria, sin diferenciar (<1,600,000 años)

TASA DE DESPLAZAMIENTO

-  > 5 mm/año
-  1-5 mm/año
-  < 1 mm/año (o desconocida)

CALIDAD

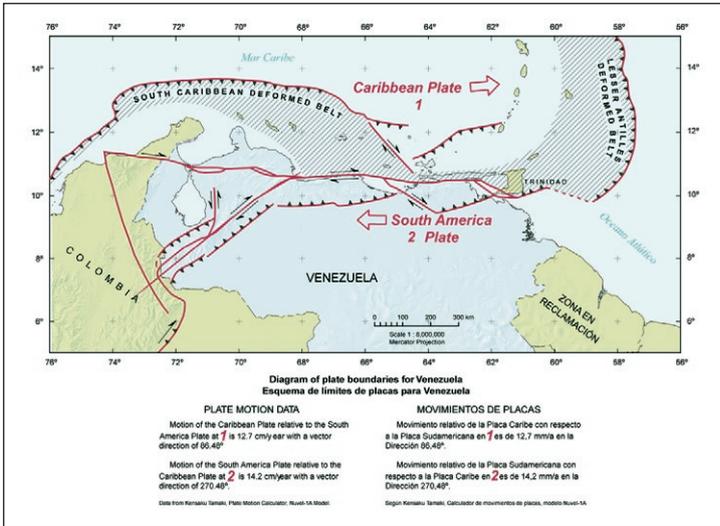
-  Continua a la escala del mapa
-  Pobre o discontinua a la escala del mapa
-  Inferida u oculta

TIPO DE ESTRUCTURA

-  Falla inversa o corrimiento (triangulos en bloque superior)
-  Falla de rumbo dextral
-  Falla de rumbo sinistral
-  Falla normal (círculo en bloque hundido)

OTROS SIMBOLOS

-  Extremidad de sección de falla



QUATERNARY FAULTS OF VENEZUELA
LAS FALLAS CUATERNARIAS DE VENEZUELA

Number	Name of structure	Sense of movement (major/minor)	Time of most recent movement	Slip rate (mm/yr)
Número	Nombre de estructura	Sentido de movimiento (mayor/menor)	Edad del último movimiento	Tasa de movimiento (mm/año)
VE-01	Oca-Ancón fault system			
VE-01a	Oca fault	Right-lateral	<15 ka	0.45-2.0
VE-01b	Ancón fault	Right-lateral	<15 ka	1.6
VE-01c	Camare-Paraiso fault	Right-lateral/reverse	Probably <15 ka	About 2
VE-01d	Unnamed section	Right-lateral/normal	Probably <15 ka	About 2
VE-01e	Socomeo fault	Reverse/right lateral	<1.6 Ma	<2
VE-02	Urumaco fault			
VE-02a	West section (strand)	Right-lateral	<1.6 Ma	0.05
VE-02b	East section (strand)	Right-lateral	<15 ka	0.05
VE-03	Río Seco fault	Right-lateral	<15 ka	0.35
VE-04	Valera fault system			
VE-04a	Valera fault	Left-lateral	<15 ka	¹ 0
VE-04b	Río Momboy fault	Left-lateral/normal	<1.6 Ma	0.7
VE-05	Tuñame fault			
VE-05a	South section	Normal/dextral(?)	<1.6 Ma	-0.5
VE-05b	North section	Normal	<15 ka	0.5
VE-06	Boconó fault system			
VE-06a	Section south of Mérida	Right-lateral	Historic (1610 A.D., 1894 A.D)	5.2±0.9
VE-06b	Santa Cruz de Mora to Los Frailes section	Right-lateral	<15 ka (possibly historic, 1894)	6-9
VE-06c	Mucuchies to Anzoátegui section	Right-lateral	<15 ka (possibly historic, 1812)	9
VE-06d	Anzoátegui to Barquisimeto section	Right-lateral	<15 ka	5
VE-06e	Cabudare to Morón section	Right-lateral/reverse	<15 ka	1-3
VE-07	Andes Southern foothills flexure	Reverse	<1.6 Ma	0.5
VE-08	La Victoria fault system			
VE-08a	Guszcarmaya fault	Right-lateral	<1.6 Ma	0.6
VE-08b	La Cabrera fault	Right-lateral	<15 ka	1.1
VE-08c	El Horno fault	Right-lateral	<1.6 Ma	0.5
VE-08d	La Victoria fault	Right-lateral	<1.6 Ma	0.55
VE-08e	Pichao fault	Right-lateral/normal	<1.6 Ma	0.4
VE-09	Río Guarico fault			
VE-09a	North section	Right-lateral	<1.6 Ma	² 0.3
VE-09b	South section	Right-lateral	<1.6 Ma	² 0.3
VE-10	Tacagua-El Avila fault system			
VE-10a	Tacagua fault	Right-lateral/normal	<1.6 Ma	0.17
VE-10b	El Avila fault	Right-lateral/normal	<1.6 Ma	² 0.4
VE-11	Tácatá fault	Right-lateral	<1.6 Ma	¹ 0.4
VE-12	Pirritu fault	Right-lateral	<1.6 Ma	0.3-0.4
VE-13	El Pilar fault			
VE-13a	Offshore section	Right-lateral	<15 ka	5 (average)
VE-13b	Cumaná to Casanay section	Right-lateral	Historic (1929 A.D., 1997 A.D)	9
VE-13c	Casanay to El Pilar section	Right-lateral	<15 ka	9
VE-13d	Guardajuros section	Right-lateral	<15 ka	9
VE-14	San Mateo fault	Right-lateral/normal	<15 ka	0.8
VE-15	Los Bajos fault	Right-lateral	<15 ka	5-7
VE-16	San Sebastián fault	Right-lateral	<15 ka	3-5(?)

Fig.21. Leyenda de las figuras 18,19 y 20.

Sismicidad histórica

La sismicidad histórica es una rama de la Sismología cuyos inicios en Venezuela se remontan al año de 1940, cuando Melchor Centeno Graü, arquitecto, ingeniero y doctor en ciencias Físicas y Matemáticas, egresado de la UCV, hizo uno de los primeros catálogos sobre los sismos que habían asolado al país hasta ese momento.

En el trabajo “Estudios Sismológicos”, Centeno Graü publica un “catálogo general de sismos débiles, fuertes, ruinosos y desastrosos habidos en Venezuela en 409 años desde 1530 hasta 1939”, producto de un largo y arduo trabajo tras la búsqueda de datos en libros, folletos, periódicos, en relaciones escritas halladas en los archivos de particulares y el testimonio oral, transmitido de generación en generación, lo que permitió caracterizar lo que había sido la sismicidad en Venezuela y asentar las bases de lo que sería su proyección futura.

Con este preámbulo, recorramos los testimonios sobre los terremotos más desastrosos que han ocurrido en el país.

1ero. de septiembre de 1530

10:00 (HLV)

En la naciente población de Nueva Toledo (Cumaná), al oriente de la costa venezolana, un movimiento sísmico destruyó buena parte de la fortaleza allí construida y viviendas de los habitantes del área “que son de paja y madera”. Súbitamente el mar se alzó y sobrepujó los límites ordinarios “en altura de cuatro estados” (aproximadamente 15 a 20 toesas), llegando a las serranías cercanas a una media legua de distancia (Castellanos, 1589; Herrera, 1601). Murió mucha gente ahogada. La tierra se abrió por diversas partes “e hiciéronse muchos pozos”. La montaña al lado del golfo de Cariaco quedó abierta (Humboldt, 1842).

3 de febrero de 1610

15:00 (HLV)

Según Fray Pedro Simón (1626), La Grita, en el esta-

do Táchira, y el valle de Bailadores, en el estado Mérida, fueron afectados por un fuerte terremoto el cual se sintió en muchas leguas a la redonda. No sólo derribó casas y conventos, causando unas 60 víctimas, que fueron muchas para “las pocas (personas) que tiene aquella tierra”, sino que los ríos y quebradas se secaron temporalmente, desapareciendo el agua en las aberturas de la tierra que se formaron en un lecho, al día siguiente crecieron, con aguas turbias. Hubo deslizamientos importantes que, seguramente, explican el fenómeno antes constatado.

11 de junio de 1641

08:15 (HLV)

Este terremoto arruinó la primera ciudad de Cúa, afectó Caracas donde cayeron iglesias y otros edificios construidos para ese entonces; se sintió fuerte en Cumaná. En 1690 fundaron la nueva ciudad de Cúa, con el nombre de El Rosario de Cúa, un kilómetro más al norte que la anterior, ubicada en la hacienda Marín.

16 de enero de 1644

05:30 (HLV)

Sismo ruinoso que causó estragos en diversas localidades de la cordillera andina. De acuerdo a Ramírez (1975), Pamplona quedó arruinada; hubo allí muchos muertos y heridos. Según Centeno (1940) el mismo causó estragos en Táriba, San Cristóbal, Mérida y hasta Trujillo. En San Antonio de Mucunó, en el Valle de las Acequias, se informó que todo quedó hundido y con grietas profundas, una de las cuales atravesó la iglesia.

21 de octubre de 1766

04:30 (HLV)

Por la extensión de su área sentida y la duración de las réplicas éste es, probablemente, el terremoto de mayor magnitud que haya afectado el nororiente de Venezuela. Ocasionó daños en diversas localidades del oriente del país,

en los Castillos de Guayana, en Guarenas y Caracas, en la Isla de Margarita y en Trinidad. Fue sentido en Maracaibo, al occidente del país, hasta la isla de Martinica al norte del Mar Caribe. En el río Orinoco desaparecieron islas.

26 de marzo de 1812

04:02 (HLV)

Afectó severamente localidades muy distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas, con un número elevado de víctimas ya que sucedió un Jueves Santo, minutos después del inicio de la misa. En base a la distribución de daños, se ha postulado que pueden haber sido 3 focos diferentes, distanciados unos de otros. En el área de Mérida se dieron cifras del orden de 5 mil víctimas. En el área de Barquisimeto y San Felipe, ambas localidades severamente afectadas, el número de víctimas sería de 3.000 en San Felipe y de 4.000 a 5.000 muertos en Barquisimeto. En Caracas el número de víctimas se estimó en 10.000. Los barrios situados al norte de la ciudad fueron destruidos casi por completo; al sur y al oeste los daños fueron menores. Las fuentes de agua se secaron y las tuberías de los aljibes se dañaron. En las vegas del Guaire se constataron borbotones de agua que manaron por varios días. En el Avila hubo grandes derrumbes y se formaron grietas de grandes dimensiones. Asimismo, se sintió en otras localidades del país.

15 de julio de 1853

14:15 (HLV)

Sismo destructor en Cumaná. El número de víctimas pudo llegar a 4.000, hubo un maremoto de 5 a 6 m, que inundó una extensión de 200 m por las sabanas del Salado y Caigüire y se abrieron grietas en el suelo, algunas paralelas al río Manzanares; igualmente, se constataron hundimientos en los arenales de Caigüire y Sabana del Peñón.

Cayeron templos, la casa de gobierno, la Aduana, el cuartel de infantería, el colegio, el puente que se hallaba construido “sobre estacadas”.

12 de abril de 1878

20:40 (HLV)

Sismo destructor al sur de Caracas que arruinó la localidad de Cúa, de unos 3.000 habitantes en ese momento, de los cuales entre 300 y 400 perecieron bajo los escombros. Según Ernst (1878) las casas en la parte baja, llanos aluvionales (Limón, Cruz Verde, salida para San Casimiro y Chupulún), sufrieron relativamente poco a diferencia de la parte alta de la ciudad, calina rocosa, que fue devastada. La tierra se abrió en diferentes lugares aún cuando Ernst estima que pudiera ser consecuencia de la sequía. Guardia (1878), testigo presencial, describe grietas cercanas al río en dirección este-oeste y promontorios de arena. El foco fue estimado como superficial por Ernst “ya que la destrucción estuvo limitada a una milla cuadrada”, aún cuando el sismo se sintió a cien millas de distancia. En Caracas se agrietaron edificios. Se sintió en La Guaira, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, La Victoria. En Charallave ocasionó daños y también en San Diego, Yare, Santa Lucía y Santa Teresa del Tuy. “The Times” de Londres dio la cifra de 600 muertos. Hubo incendios producidos por el petróleo de las lámparas y por el aguardiente de los establecimientos.

28 de abril de 1894

22:15 (HLV)

Gran terremoto de los Andes venezolanos, arruinó a Mérida (4 muertos), Santa Cruz (115 muertos), Zea (69), Tovar (50), Mesa Bolívar (51), Lagunillas (21), Chiguará (9) y otros pueblos. El total de víctimas fue de 319 y numerosos heridos. Según Tulio Febres Cordero, aparte de todas las poblaciones de los andes venezolanos la onda sísmica abarcó Coro, La Vela, Acarigua, Tinaco, Tinaquillo, Puerto Cabello, Valencia, Maracay, Villa de Cura, San Juan, Ortíz,

Cúa, Charallave, Santa Lucía, San Casimiro, Ocumare del Tuy, Altagracia, Valle de la Pascua, Tucupido y Zaraza. Según Rudolf (1895), en Maracaibo se sintió fuerte en un barco anclado allí.

Meses después del sismo, en las selvas de Onia, entre los ríos Chama y Escalante, los observadores encontraron que la selva virgen aparecía seca o muerta, y árboles seculares arrancados de cuajo; las poblaciones cercanas a este lugar fueron las destruidas con mayor violencia. Algunos observadores indicaron que el área más afectada era cercana a la del terremoto de febrero de 1610. Hubo grandes deslizamientos y las aguas de ríos y torrentes corrieron por más de un mes revueltas con barro y vegetales. Las pérdidas fueron inmensas.

29 de octubre de 1900

04:42 (HLV)

Este sismo afectó a Macuto, Naiguatá, Guatire, Guarenas, Higuero, Carenero y otros pueblos de Barlovento donde hubo grandes daños y víctimas. Muchos edificios en Caracas se agrietaron y algunos se derrumbaron. De acuerdo al periódico "The Times" de Londres (octubre 30 a noviembre 2, 1900), el segundo piso de la legación británica desapareció. Guarenas fue destruida, con un saldo de 25 muertos; San Casimiro, Cúa y Charallave quedaron en ruinas y la línea férrea que une Carenero con Río Chico sufrió daños considerables; en la Guaira y Maiquetía hubo muchas casas deterioradas; Macuto, siete muertos, 30 heridos y grietas en el terreno; La Vega y El Valle, casas dañadas, un muerto; Baruta, 4 heridos; Antímano y Los Teques, varias casas caídas y otras deterioradas; Petare y Los Mariches, heridos y una víctima; Higuero, varios muertos y heridos; en San José de Río Chico el río se salió de cauce y se desbordó hacia Río Chico; en Puerto Tuy, las olas del mar se elevaron varios metros; Paparo, daños severos; Carenero, 3 muertos; Tacarigua, Curiepe, Capaya, Caruao y Río Grande, muy afectados; Carayaca, heridos;

Naiguatá, Los Caracas y Camurí Grande, grietas en el suelo, derrumbes y muertos; Chuspa, La Sabana, Quebrada Seca, daños generalizados; Barcelona, grietas en el terreno; Clarines, daños.

17 de enero de 1929

07:32 (HLV)

Terremoto destructor en Cumaná que dejó la ciudad llena de escombros (ver detalle de la Fig. 22). El mar se retiró como 200 m en el área de Puerto Sucre y vino después una ola como de 6 m de altura que barrió parte de las casas de la playa. Hubo 40 muertos. El movimiento se sintió fuerte en Barcelona, Margarita, Güiría, Carúpano, Río Caribe, Irapa, Yaguaraparo, Maturín, San Francisco y otros pueblos. En Cariaco, Cumanacoa, San Fernando, Arenas, Golfo de Paria y Santa Fe, hizo estragos de consideración (Centeno, 1940).

En Higuero y Río Chico se sintió el temblor así como en Caracas. Se abrieron grietas a orillas del río Manzanares y en las sabanas de El Salado y Caigüire, que están al oeste y norte de la ciudad.

Desde El Peñón, al noreste de Cumaná, hasta la colina donde está el Castillo de San Antonio se abrió una grieta que partió los muros de la construcción; esa grieta tenía como 4 km de longitud. Aparentemente, dicha grieta también fue visible en el sismo del 15/7/1853. Centeno (1940) también describe otras grietas y zanjones asociados a fallas geológicas.



Fig. 22. Catedral de Cumaná, antes y después del terremoto de 1929.

En las “Seismological Notes” (1ero. de junio 1929) se mencionan los daños en el vapor “Commewijne” como consecuencia del maremoto, muchos botes pequeños fueron hundidos.

14 de marzo de 1932

18:42 (HLV)

Ruinoso temblor en La Grita, Tovar, El Cobre, Seboruco, Pregonero, Rubio, San Pedro del Río, Queniquea, río Bobo; destruyó casas y hubo pocas víctimas. Otros pueblos de la cordillera andina sufrieron daños como Zea, Bailadores, Guaraque, Mesa Bolívar, Mesa de la Grita, Ureña, El Peñón, Independencia. En Santa Ana, Trujillo, hubo muchas viviendas averiadas. Se sintió fuerte en varios pueblos de Colombia y se sintió en Maracay, la Victoria, en varios lugares del estado Carabobo, en Calabozo y otros pueblos del llano (Centeno, 1940). En la carretera trasandina hubo derrumbes.

3 de agosto de 1950

18:18 (HLV)

Terremoto de El Tocuyo (varios muertos y 70 heridos) que afectó numerosas localidades del estado Lara. Probablemente asociado a la falla de Boconó. Este sismo ocasionó daños en El Tocuyo, 250 casas destruidas y 700 dañadas, Guaríco, Anzoátegui (muy dañado), Humocaro Alto, Guaitó, Chabasquén, daños en Barquisimeto, Guanare, Carora, Biscucuy, Carache. En el pueblo de Guaitó, donde hubo un muerto y 17 heridos, apareció una fisura por donde brotó agua hirviente y sulfurosa de la tierra. Se sintió en Cabimas, Maracaibo (algún daño), Coro, San Fernando de Apure y La Victoria. Hubo deslizamientos en el valle del río Tocuyo y varias vías de comunicación quedaron tapiadas por deslizamientos de tierra.

29 de julio de 1967

19:59 (HLV)

Denominado terremoto cuatricentenario de Caracas, este evento ocasionó daños importantes en Caraballeda, Caracas y el litoral central y fue sentido en la región norte central del país. Destacan efectos locales al sur del Lago de Valencia (Güigüe), algunos deslizamientos en la Cordillera de la Costa. Rial (1977) concluyó que se trató de un sismo múltiple, a lo largo de una falla de rumbo NW – SE: 3 eventos, posiblemente pertenecientes al sistema de fallas de Tacagua.

Según el “Seismological Notes” (junio 1968), el número de víctimas fue de 240, hubo 1.536 heridos y las pérdidas fueron de 50 millones de dólares. Según datos proporcionados por instituciones del país hubo 274 muertos, 2.000 heridos y las pérdidas alcanzaron los 100 millones de dólares.

Las consecuencias de este sismo han sido trascendentes en la ingeniería estructural venezolana. La ruina total de 4 edificios con 10-12 niveles, construidos entre 1962-1966, la ruina parcial de otros edificios de altura semejante (algunos de los cuales fueron demolidos), el colapso de algunas edificaciones de menor altura en el área de Caraballeda (Figs. 23 y 24) y los efectos locales del terreno en el valle



Fig. 23. Casa afectada por el fenómeno de licuación. Caraballeda, Litoral Central, año 1967.



Fig. 24. La Mansión Charaima. Caraballeda 1967. La estructura fue inicialmente concebida para seis (6) pisos y le fueron construidos cuatro (4) más, los cuales se vinieron abajo a causa del terremoto.

de Caracas e inmediaciones, constituyeron evidencias y experiencias novísimas en la ingeniería sismorresistente, las cuales se han ido incorporando en las normativas de diseño antisísmico de todo el mundo.

No hubo interrupción de los servicios básicos, salvo los telegráficos y telefónicos.

18 de octubre de 1981

00:31 (HLV)

Sismo en la zona fronteriza Colombo-Venezolana que ocasionó daños en San Antonio del Táchira, Ureña, Cúcuta y otros poblados. En San Cristóbal el centro clínico, de reciente construcción, presentó agrietamientos en las losas de cerámica y algunas fisuras en vigas. En el Hospital Central y otros edificios de la ciudad los daños fueron menores. Los daños en San Antonio del Táchira fueron más importantes, tanto en viviendas como en edificaciones escolares. En el hospital los daños se limitaron al agrietamiento de los frisos.

En adición a las caídas de rocas constatadas en carreteras del área y derrumbes aislados, algunos de los cuales

interrumpieron el tránsito por carretera, destaca en este sismo el deslizamiento del terraplén de San Josesito, en la vía del llano, que prácticamente tapió el denominado barrio Escondido, un área ya afectada en el año 1978 por un deslizamiento procedente de las laderas inmediatas; la intensa pluviosidad anterior al sismo dio lugar a un deslizamiento violento con pérdidas de vida que con seguridad excedieron a los 15 cadáveres rescatados. Otros deslizamientos similares sucedieron en Vega de Aza, Guaimarala y en El Pueblito. De este movimiento sísmico se obtuvieron registros acelerográficos a una distancia de unos 100 km del epicentro.

9 de julio de 1997

15:24 (HLV)

Los estados más afectados en Venezuela fueron Sucre, Anzoátegui y Monagas, siendo también sentido en las islas de Trinidad y Tobago. Los daños mayores se concentraron en la población de Cariaco y en Cumaná, capital del estado Sucre. Sobrevolada la zona se pudo reconocer la existencia de deformación superficial directamente producida por la falla de El Pilar, entre Cariaco y Casanay. El resto de la ruptura superficial entre Cariaco y Muelle de Cariaco, totalizó una longitud mínima de ruptura cosísmica de unos 30 km entre Muelle de Cariaco al oeste y el caserío Las Varas al suroeste de Casanay. Los investigadores consideraron que la longitud total de la ruptura fue superior a los 30 km evaluados y más bien cercana a los 50 km de longitud, tal y como lo evidenció el estudio sismológico realizado. El desplazamiento cosísmico manifiesto en calles, brocales, aceras, paredes de casas, tuberías afectadas, canales de riego, entre otros, se constató en el Muelle de Cariaco, Terranova, canal de riego de Cariaco, en Las Manoaas, Carrizal de la Cruz, balneario La Piragua, al noroeste de Pantoño, carretera Cariaco-Aguas Calientes-Casanay-Carúpano, carretera asfaltada Casanay-Las Varas.

Cabe señalar que, según los investigadores, parte de

la ruptura, al oeste, estaba en la plataforma del Golfo de Cariaco, unos 15 km, lo que explicaría los daños considerables presentes tanto en Chiguana como en San Antonio del Golfo, ubicado a unos 15 km al oeste del Muelle de Cariaco. En el este, la ruptura, por las características del terreno, no pudo ser seguida, sin embargo, se piensa que “transcurrió” por unos 5 km más, visto que decreció abruptamente.

Este sismo arrojó los siguientes resultados: Cumaná, afectados varios edificios en construcción; Cariaco, gran cantidad de viviendas colapsadas (Fig. 25), un porcentaje importante presentó daños severos, incapaces de resistir un movimiento de baja o mediana intensidad; Muelle de Cariaco, daños graves en viviendas, recomendándose la demolición de algunas de ellas; San Antonio del Golfo, daños considerables en viviendas, fue afectada la vialidad por separación de brocales y bloques prefabricados de concreto, hubo deformaciones y rupturas parciales de los elementos mismos de la vialidad; Nueva Colombia, colapso de viviendas de bahareque; Chiguana, Río Casanay, Casanay, Yaguaraparo, el Pilar, daños estructurales,

generalmente localizados en viviendas informales, en su mayoría de bahareque. Otros efectos: licuación de suelos, deslizamientos y derrumbes.



Fig. 25. Liceo Raimundo Centeno ubicado en Cariaco. Nótese el detalle de las columnas.

Precursores de la investigación sismológica en Venezuela

Las personas que se citan a continuación dejaron su huella en los estudios relacionados con la sismología en Venezuela, ellos son considerados pioneros en el desarrollo de esta actividad y por eso tienen un muy merecido espacio en esta publicación:

Aristides Rojas

Caracas, 5.11.1826 – Caracas, 4.3.1894.

Naturalista, médico, historiador y periodista. Hijo de José María Rojas Ramos y de Dolores Espaillat, dominicanos que, en 1822, habían llegado a Venezuela huyendo de las conmociones que agitaban a su isla nativa. A los 18 años de edad, comienza sus estudios de Filosofía en la Universidad Central de Venezuela. En 1846, entra a estudiar Medicina. Se gradúa en 1852, a los 26 años de edad y comienza a ejercer como médico rural en Escuque y Betijoque, (Edo. Trujillo). Luego de la muerte de su padre regresa a Caracas donde se encarga de la editorial “Rojas Hermanos” y, con su hermano Marco Aurelio, publica una serie de *Estudios Científicos* sobre las ciencias de la naturaleza. En 1857, sale de La Guaira hacia Estados Unidos y Francia. En París, perfecciona sus estudios en los campos de las Ciencias Naturales y Médicas. Se interesa profundamente por la obra de Alejandro de Humboldt. En 1864 regresa a Caracas. Bajo la influencia de los escritores franceses, hace

tentativas para asociar la ciencia y la literatura; como exponente de esta concepción publica *El Rayo Azul en la Naturaleza y en la Historia* el cual es editado en 1868. A la aridez de los temas científicos, Rojas proporciona un lenguaje poético donde la imagen juega una función estética y espiritual. Miembro fundador y Vicepresidente de la Sociedad de Ciencias Físicas y Naturales presidida por Adolfo Ernst (1867), Rojas presta su colaboración al movimiento científico encabezado por Ernst, difusor de las teorías darwinianas, aunque su propia fe cristiana no le permite compartir las ideas materialistas del sabio alemán. Pero no deja de reconocer la importancia que tiene este nuevo movimiento científico para el país. En colaboración con Manuel Díaz, publica *Apuntes para el Repertorio de Plantas útiles de Venezuela* (1866), orientando el estudio de las Ciencias Naturales hacia las aplicaciones productivas; propugna en esta publicación la creación de herbarios y jardines nacionales. Escribe sobre *Sismología*, describiendo los movimientos de la cordillera central y definiendo sus variaciones en altura, a partir

de las mediciones de Humboldt. Espíritu de curiosidad universal, Aristides Rojas puede ser considerado como uno de los más

destacados divulgadores científicos que ha tenido Venezuela y como el padre de la investigación científica de la historia nacional.

Melchor Centeno Graü

Cumaná (Edo. Sucre)

1867 –Caracas, 3.10.1949

Ingeniero, político y pionero de la sismología en Venezuela. Hijo de Melchor Centeno González y de Dolores Grau Rodríguez. Hizo sus primeros estudios en su ciudad natal y luego pasó a Caracas; se graduó de Bachiller en Artes y Filosofía en la Universidad Central (1889), donde cursó

la carrera de ingeniería. Es autor de varios estudios sobre temas científicos (el relámpago del Catatumbo, las vigas de concreto armado), entre las cuales se destacan sus *Estudios sismológicos* (1940), uno de los primeros tratados escritos en Venezuela sobre el problema de los terremotos. Miembro fundador de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales en 1933.

Günther Fiedler

Contratado por el Ministerio de Obras Públicas, hoy Ministerio de Infraestructura, llegó a Venezuela, el 13 de junio de 1955, el geólogo alemán Günther Fiedler, quien venía contratado por el Observatorio Cagigal para apoyar el estudio de los eventos telúricos, en los cuales nuestra formación resultaba insuficiente.

Establecido en el país, Fiedler, oriundo de la lejana población de Troppau, funda y dirige el Instituto Sismológico y de Mareas Terrestres, localizado en los espacios del Observatorio Juan Manuel Cagigal.

Llevado por su interés realiza prácticas científicas con registros sísmicos experimentales en Caracas, Macuto, La Siria – primera

estación telemétrica de Venezuela, instalada en 1974 - Cumaná, Ciudad Bolívar, El Guri, Acarigua, Mérida, Bailadores, San Cristóbal, Isla de Aves, Santo Domingo, Pico Espejo y el Páramo del Aguila, entre otros.

Más adelante se incorporara a misiones de reconocimiento, realizando registros y estudios sismográficos *in situ*: El Salvador (1972), Managua (1976), Guatemala (1979), y en la República Popular China donde asistió en una misión organizada por el Centro Regional de Sismología para Sudamérica. Fiedler, quien adquirió la nacionalidad venezolana a principios de 1967, ha trabajado en más de 80 publicaciones, entre ellas el Boletín Sismológico de

Caracas. Asimismo, fue fundador del Instituto Sismológico de Caracas y de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.

Jubilado por el Ministerio de la Defensa en 1980, vive en Obergünzburg, Alemania, en compañía de su único hijo.

José Grases Galofré

Venezolano, Ingeniero civil (opción Estructuras), egresado de la UCV en 1959. Hizo sus estudios de postgrado en Alemania (MPA, Technische Hochschule, München) e Inglaterra (Cement and Concrete Association, Slough) y cursó un doctorado en Ciencias en la Universidad Central de Venezuela, donde se graduó con la tesis “Sismicidad de la Región Centroamericana Asociada a la Cadena Volcánica del Cuaternario”. Entre otros, posee los siguientes reconocimientos: Premio Manuel Cipriano Pérez, otorgado por el Colegio de Ingenieros de Venezuela a la mejor tesis de grado (1959), Premio al mejor trabajo de investigación, Facultad de Ingeniería, UCV, 1976, titulado “Hacia un nuevo criterio en la cuantificación de daños en elementos estructurales de concreto armado sometidos a la acción

de fuerzas cortantes alternantes”, Premio a la Excelencia Joaquín Porrero, obtenido en “Concreto 93”, categoría profesional. Grases, fundador de la maestría en Ingeniería Sismorresistente de la UCV, ha estado estrechamente vinculado a las actividades docentes de la Facultad de Ingeniería de la UCV. Asimismo, se desempeñó como Coordinador de la Comisión ad-hoc para la actualización de la Norma Covenin 1756-82, Edificaciones Sismorresistentes 1756-98 (revisión 2001). Actualmente, es presidente de la Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica y Presidente de la Sociedad Venezolana de Ingeniería Sísmica. Hasta la fecha ha presentado 61 trabajos en Congresos y eventos internacionales, tiene 30 publicaciones, 46 artículos en revistas especializadas y ha dictado innumerables cursos, conferencias y talleres.

**Carlos Schubert
(1938-1994)**

Venezolano, nació en Alemania el 9 de octubre de 1938. Geofísico-geoquímico graduado en la Universidad de Arizona en 1961, con maestría y doctorado en geología en la Universidad de Rice, Estados Unidos. Fue Investigador titular del Instituto Venezolano de

Investigaciones Científica (IVIC), donde ingresó en el año de 1971, y miembro del cuerpo docente del Centro de Ecología de ese instituto. Fue asesor del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela, de la National Science Foundation de Estados Unidos y del Natural Environment Resear-

ch Council de Gran Bretaña. Fue miembro del Comité Asesor de la Biblioteca “Marcel Roche”, de la Comisión Editora de la revista *Acta Científica Venezolana* y del Comité Editor de la *Revista Quaternary Science Reviews*. Fue miembro activo de diversas instituciones científicas y profesionales en Venezuela, Estados Unidos y Alemania. Publicó más de 145 artículos científicos, en 34 de ellos fue co-autor, y 21 de divulgación sobre diferentes aspectos de la geología del territorio venezolano.

Según señala el investigador Franck A. Audemard, “sus aportes más relevantes se focalizan en dos aspectos diferentes, pero simultáneamente muy ligados: a) las fallas geológicas activas o potencialmente activas más importantes del país, entre las cuales se pueden mencionar las fallas de Boconó, Morón y El Pilar-consideradas por él como rasgos estructurales mayores constituyentes de la

frontera principal entre las placas Sudamericana y Caribe-La Victoria y Charallave- Tácata, entre otras; y b) las cuencas en tracción (“pull-apart basins”) asociadas a estas fallas activas mayores, siendo las principales por él evaluadas las cuencas de La González, Yaracuy, lago de Valencia, Santa Lucía-Ocumare del Tuy y Cariaco. Sus aportes no se detienen ahí puesto que su estudio petrológico-geoquímico de las dependencias federales venezolanas ha sido de gran importancia indirectamente en la comprensión del margen meridional de la placa Caribe. Su versatilidad investigativa está fielmente representada en los diversos enfoques y disciplinas por él utilizados y entre los cuales podemos citar: geología clásica de superficie, geodesia, geomorfología de fallas activas transcurrentes, paleolimnología, geocronología relativa y/o por métodos radiométricos (termoluminiscencia, método C14)”.