

## CASOS HISTÓRICOS DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS INDUCIDOS POR SISMOS EN VENEZUELA DESDE 1530

LUZ M. RODRÍGUEZ, FRANCK A. AUDEMARD & JOSÉ A. RODRÍGUEZ  
Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS,  
Departamento de Ciencias de la Tierra, Apdo Postal 76.880, Caracas 1070-A, Venezuela. Fax (58-212) 257-99-77.  
Correo electrónico: lrodriguez@funvisis.gob.ve

Recibido: enero de 2006

Recibido en forma final revisado: septiembre de 2006

### RESUMEN

El estudio sobre casos de licuación en Venezuela ha permitido evaluar 44 eventos sísmicos en su totalidad, conservando sólo 26 de ellos, y descartando 18 que no presentaron dato ni indicio alguno confiable. De los sismos conservados, 8 corresponden a la región de occidente, 4 a la región del centro y 14 al oriente, en un lapso de tiempo de 470 años. La metodología utilizada se basó en una experiencia italiana del grupo Galli y Ferrelli en los años 1995 y 1999, la cual ha sido empleada como base en este estudio y será descrita en el desarrollo del trabajo. En una primera fase se recopiló citas e información pertinente de manera directa o indirecta que aludiera al fenómeno de licuación, a partir de documentos históricos y contemporáneos. En una segunda fase, producto del material compilado y analizado se elaboró: (1) un catálogo que integra las características del evento sísmico y las evidencias de licuación; (2) un mapa detallado con la ubicación de cada uno de los eventos sísmicos y las áreas afectadas, dividido regionalmente para fines prácticos en occidente, centro y oriente. Finalmente, con la magnitud y la distancia epicentral –calculada por diferencia de coordenadas– se estableció una relación empírica, basada en una función logarítmica, representada por la ecuación  $m = 1,07 \log(x) + 1,57$ ; donde  $m =$  magnitud y  $x =$  distancia epicentral. Con el resultado obtenido en esta relación, sumado a las evidencias de licuación y a los efectos de sitio, se pudo inferir que en Venezuela la manifestación de licuación ocurre en sismos de magnitud superior a 5 y distancias inferiores a 200 km. Además, ello permitió deducir que algunas localizaciones epicentrales macrosísmicas históricas y/o algunas magnitudes se hallaban sub-evaluadas, tales como las correspondientes a los sismos de: 1530, 1797, 1812, 1853, 1900 y 1944, las cuales fueron reevaluadas y los epicentros relocalizados.

*Palabras clave:* Licuación de sedimentos, sismología histórica, Venezuela, sismos, magnitud, distancia epicentral.

## HISTORICAL CASES OF EARTHQUAKE -INDUCED SOIL LIQUEFACTION IN VENEZUELA SINCE 1530

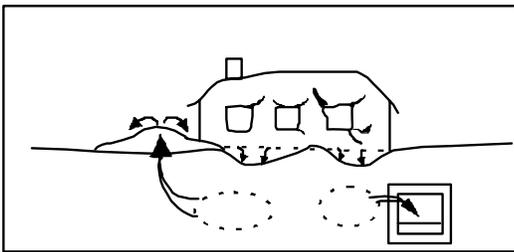
### ABSTRACT

The study of liquefaction cases in Venezuela has led to the evaluation of 44 seismic events, keeping just 26 of them and discarding 18 events that were not reliable enough. From those events kept, 8 belong to the western region, 4 to the center region, and 14 to the eastern Venezuela, spanning a period of 470 years. The employed methodology was based on an Italian study by the Galli and Ferrelli group in the years 1995 and 1999 which will be described in this paper. A first step consisted in the gathering of the original reports and data directly or indirectly pertinent to liquefaction occurrence, from historical and contemporary sources. In a second phase, a catalogue was generated from the critical evaluation of the gathered data. This catalogue contains the description of the causative earthquake and the related liquefaction evidence. Besides, the catalogue is visually summarized in a map showing the earthquake epicenter and the areal liquefaction distribution. For practical reasons, the map is regionally subdivided in three zones: west, center and east Venezuela. Finally, with the magnitude and epicentral distances –calculated by difference of coordinates –an empiric relationship was established, represented by the equation  $m = 1.07 \log(x) + 1.57$ , where  $m =$  magnitude and  $x =$  epicentral distance. This equation, combined with the liquefaction evidences and site effects, let us conclude that liquefaction in Venezuela occurs with event magnitudes greater than 5 and within distances up to 200 km from the epicenter. Also, it allows us deduce that some macroseismic epicentral locations and/or some magnitudes were sub-evaluated, such as those of the 1530, 1797, 1853, 1900, and 1944 earthquakes, thus requiring re-evaluation and their epicenters relocated.

*Keywords:* Liquefaction, historical seismicity, earthquake, magnitude, epicentral distance, Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

Se entiende por licuación de suelos la transformación temporal a estado líquido de materiales granulares saturados, como consecuencia del incremento de la presión de poros (e.g. Bard, 1992). Se requieren ciertas condiciones para que esto ocurra: (1) deben ser suelos jóvenes y de baja compacidad; (2) que exista la presencia de capas de arenas saturadas e intercaladas con capas de arcillas y (3) en ambientes sedimentarios de formación reciente (Galli y Ferreli, 1995) (ver Figura 1).



**Figura 1.** Modelo esquemático sobre el fenómeno de licuación, formación de volcancitos de arena.  
Fuente: Seed *et al.* (2002)

La presente revisión bibliográfica y hemerográfica crítica, cubre la integridad del territorio nacional desde el primer evento sísmico histórico descrito, de fecha 1° de septiembre de 1530, que impactó fuertemente a Cumaná, estado Sucre. No existiendo hasta ahora en el país un catálogo detallado sobre casos de licuación inducidos por sismos, ni una cartografía con las mismas características, salvo un ensayo preliminar por Acosta y De Santis (1997), en el que generaron una tabla con los principales eventos sísmicos y un mapa donde se ha manifestado la licuación, se hace imperiosa la necesidad de elaborar una base de datos con los sismos venezolanos que han generado licuación.

A tal fin, se han discretizado los niveles de certidumbre de las evidencias en tres: (a) seguro; (b) posible y (c) dudoso, con el objeto de crear un catálogo confiable, donde se muestren por separado las características del evento sísmico y la ocurrencia del fenómeno estudiado. Por otra parte, busca establecer una relación de la magnitud de cada evento y la distancia epicentral –distancia desde el epicentro al área afectada por el fenómeno–, así como el valor mínimo de magnitud para que ocurra la licuación de sedimentos.

Finalmente, el objetivo último es presentar el inventario compilado bajo la forma de un mapa, el cual muestre la ubicación del epicentro y los sitios con evidencias del fenómeno geológico, para cada evento sísmico.

A fines prácticos de representación, el mapa ha sido sectorizado en tres regiones: occidente, centro y oriente. La relevancia de este estudio reside en el hecho de que numerosos asentamientos de poblaciones en Venezuela están sobre ambientes geológicos propensos a sufrir licuación en caso de ocurrir un sismo.

## METODOLOGÍA

Se ha realizado una revisión bibliográfica crítica, con el objeto de establecer 3 niveles de certidumbre de las evidencias del fenómeno generado por un evento sísmico en particular «descrito más adelante», la generación de tablas por región y la cartografía detallada. A los efectos metodológicos aplicados a esta investigación, se ha buscado documentación primaria, así como las citas alusivas al mismo.

Entre los documentos base se pueden citar a Centeno, (1969) y Singer *et al.*, (1983), entre otros. También se han revisado los informes inéditos de FUNVISIS, elaborados en el marco de contratos de servicio, así como el más reciente catálogo de sismos por Grases *et al.*, (1999), lleno de importantes referencias primarias, que catálogos anteriores no contemplaban y cuyos repositorios son: el Archivo de la Academia Nacional de la Historia, la Academia Venezolana de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Archivo General de Indias, entre otros. Igualmente, cuenta el catálogo con documentos hemerográficos tales como los Diarios: El Tiempo, El Fonógrafo, Ecos del Zulia, El Nacional, El Universal, El Impulso, dispuestos en la Biblioteca Nacional de Venezuela y en otros importantes centros documentales del país.

Esta información se ha analizado para ser presentada en un catálogo donde se muestran los datos subdivididos por regiones. Se ha empleado la metodología utilizada en Galli y Ferreli (1995, 2000), la cual consiste en: (1) compilación de una base de datos que incluye la geología y la data sísmica, (2) una evaluación de las zonas susceptibles y probables a licuar, (3) un catálogo con los posibles eventos que han inducido a la licuación y (4) una relación empírica de magnitud versus distancia.

Esta metodología ha sido adaptada y mejorada para ser aplicada a los casos venezolanos, donde parte de la información utilizada corresponde a sismos históricos anteriores a 1900. Para estos casos se tomó el valor dado por Fiedler (1961), excepto para el sismo ocurrido el 23/01/1674 en Trujillo, donde Palme y Altez (2002), evaluaron la magnitud y su epicentro. Los sismos posteriores a 1900 han contado con el auxilio de la base de datos de la Fundación Venezolana Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), y el

catálogo de terremotos para América del Sur aplicable a Venezuela (CERESIS 1985), además de publicaciones que han estudiado un evento en particular, como el sismo de 1900 (Jakubowicz y Larotta, 1974), el terremoto de 1929 en Cumaná (Mocquet *et al.*, 1996) y otros tales como 1944 y 1957 en el estado Sucre (Russo *et al.*, 1992).

Con los datos obtenidos, se elaboró un gráfico de magnitud versus distancia epicentral, pero el empleo de magnitudes en escalas diferentes (Mw, Mb, Ms, MI) incluye un error no calculado, que implicaría recurrir a conversiones y algoritmos matemáticos; lo cual escapa del objetivo de la presente investigación. No obstante, el generar este tipo de relaciones permitió constatar que algunos de los eventos previamente analizados, requerían de una reevaluación a nivel epicentral y de la magnitud obtenida.

Cada evento que presentó problemas (1530, 1797, 1812, 1853, 1900 y 1944) se analizó en los puntos que a continuación se mencionan (1) condiciones de sitio, (2) fallas de actividad reciente, (3) efecto inducido por la sismicidad en sedimentos saturados, (4) licuación de suelos ocasionando «lateral spread» (Figura 2). Ello permitió reubicar el epicentro y reevaluar la magnitud.

Finalmente, se elaboró un mapa por cada región: occidente, centro y oriente, en los cuales aparecen el epicentro del sismo causante de la licuación, junto a la zona afectada por el fenómeno en estudio, discretizado por evento.

## **ESTUDIOS RECIENTES EN VENEZUELA**

El informe técnico detallado realizado por Brun (1894), representante del Ministerio de Obras Públicas (MOP), describe los efectos geológicos ocurridos en la vía del antiguo ferrocarril Santa Bárbara - El Vigía, en el que se constata la licuación de suelos y los efectos que ello acarrea en la infraestructura, para el tramo El Castillito - Los Cañitos, estado Zulia. Este constituyó el primer informe técnico sobre los fenómenos inducidos por un evento sísmico, en una región apta para que la licuación se produzca.

Por su parte, Singer *et al.*, (1983) publicaron un estudio técnico científico a manera de catálogo llamado «Inventario Nacional de Riesgos Geológicos», asociados a la sismicidad histórica e instrumental, separado según la división político-administrativa por estados vigente para la época, en el cual se hizo primera mención técnica de la licuación. En la misma línea de investigación.

De Santis *et al.* (1989) elaboraron un trabajo sobre «lateral spread» «fenómeno ligado a la licuación», en la costa sur

del Lago de Valencia, estado Carabobo, producto del terremoto de Caracas de 1967.

A ello siguieron, Audemard *et al.*, (1990), Beltrán y De Santis (1990), Audemard y De Santis (1991); FUNVISIS (1991) y Beltrán *et al.*, (1992) referente a estudios del estado Falcón, producto de una «tormenta sísmica» en Boca de Tocuyo, abril-mayo de 1989, donde estudiaron este fenómeno ocurrido en las poblaciones de: Boca de Mangle, Boca del Tocuyo, Tocuyo de la Costa y Chichiriviche. Estos estudios marcaron un hito particular, ocasión en la que se excavaron las primeras calicatas para analizar el subsuelo geológica y geotécnicamente. Ello permitió ubicar niveles licuados entre 0,3 y 4 m de profundidad.

Mención aparte merece FUNVISIS cuando en investigaciones para la industria petrolera nacional realizadas en 1987 y 1991 (FUNVISIS, 1987; 1991) se hizo mención de la ocurrencia de licuación, en los sismos de 1875 y 1932, en el estado Táchira, como parte del estudio de fallas activas en la región occidental.

De igual manera, continuando con la evaluación de fallas activas, FUNVISIS (1994) estudió la ocurrencia de licuación en los sismos de 1530, 1684, 1853 y 1929, en la región nororiental de Venezuela.

Para 1995, Beltrán y Rodríguez realizaron un mapa de ambientes sedimentarios fluvio-deltáicos del río Manzanares y analizaron los efectos geológicos locales a partir de datos históricos, concluyendo que la intensidad de IX asignada para Cumaná en los sismos de 1797, 1853 y 1929 se debe principalmente a daños ocasionados por manifestación de licuación.

Un primer ensayo de compilación sobre casos históricos de licuación de suelos en Venezuela lo presentaron Acosta y De Santis en 1997, donde expusieron los eventos históricos en los cuales pudo haber ocurrido el fenómeno.

FUNVISIS (1997) evaluó el terremoto de Cariaco, del 9 de julio de 1997, y las evidencias de licuación se encontraron en la línea de costa que va de Cumaná a Cariaco y en los márgenes del río Manzanares, al igual que en la población de Cariaco, mencionando que las poblaciones de Chiguana, Marigüitar y San Antonio del Golfo, fueron afectadas por procesos de «lateral spread».

Audemard (1998) presentó los casos de licuación ocurridos durante el terremoto de Caracas de 1967 y Boca del Tocuyo de 1989, describiendo los movimientos traslacionales de tipo «lateral spread» presentados en la zona del río Güigüe, que afectó una franja de tierra cultivada. También hizo mención

a los daños por efecto de licuación en las poblaciones de Boca del Tocuyo, Tocuyo de la Costa, Boca de Mangle y Chichiriviche en el estado Falcón, a consecuencia de dos sismos moderados (mb 5,7 y 5,0) ocurridos entre el 30 de abril y el 4 de mayo de 1989, retomando las investigaciones previas hechas en su oportunidad.

Castilla y Audemard (1999) buscaron evidencias sobre la ocurrencia de licuación en el abanico de Caraballeda, a raíz del terremoto de 1967, y concluyeron que aunque no se encontraron pruebas contundentes, se presentaron las condiciones necesarias para que este fenómeno tuviera lugar.

Audemard (1999) reevaluó los sismos históricos orientales, interpretando los de 1530 y 1853 como eventos cuyos epicentros debieron estar al oeste de Cumaná, en mar abierto, debido a que han sido los únicos sismos que han producido grandes olas que inundaron parte de la ciudad de Cumaná.

En el caso de más reciente estudio «el terremoto de Cariaco de 1997», González *et al.*, (2004) mencionaron manifestación de licuación y «lateral spread» en: Campo Alegre al noreste de Cariaco, en las calles Brekerman, Bermúdez y Flores en Cariaco en la carretera nacional vía hacia Cariaco, en Punta Cachipo al oeste de Chiguana, Punta Tarabacoíta y Punta Monte Cristo al noroeste de Marigüitar, Marigüitar Punta Guaracayal, Tunantal y Punta Baja, Chiguana; delta del río Marigüitar en Punta Monte Cristo cerca de la playa Maigualida. También hacen mención de «lateral spread» en la zona de El Guapo, Muelle Pto. Sucre, en el Dique sector La Boquita, a lo largo del río Manzanares cerca del hospital, Laguna Buena Vista, Punta Baja al norte de El Peñón, Cumaná.

## **CRONOLOGÍA DE CASOS HISTÓRICOS DE LICUACIÓN EN VENEZUELA**

A continuación, se describen en forma sintética cada uno de los eventos por región (occidente, centro y oriente) respetando un estricto orden cronológico. Se ha considerado pertinente en la medida de las posibilidades, resumir el texto o hacer alusión al más reciente trabajo de orden técnico. Ello no desmerece lo escrito, sino todo lo contrario, en los primeros sismos de la Historia Sismológica de Venezuela, aunque sólo se contase con documentalistas que simplemente hacían una descripción prolija o sucinta del fenómeno, según fuere el caso, sin tener idea de que se trataba. Es probable que lo único a lo que asociaban el fenómeno fuese al sismo producido.

Ya en épocas posteriores, estudiado y comprendido técnicamente el fenómeno de licuación, se ha podido no

sólo entender el cómo se produce, sino igual y probablemente por consenso, asignarle una definición universalmente conocida. Por ello y basados en esta premisa, al final, se hace un análisis sobre la veracidad de los hechos y se asignan niveles de verosimilitud a las evidencias encontradas.

### **Compilación de documentos**

En todas o casi todas las referencias citadas a continuación, es conspicuo el trabajo de Singer *et al.*, (1983), quienes sintetizaron el fenómeno estudiado e inducido por la sismicidad. Igualmente merece mención Grases *et al.*, (1999), quienes si bien no esquematizaron la información geológica, aportan nuevos elementos provenientes de documentación primaria y/o secundaria en su catálogo, al igual que otros autores y sus documentos, citados por regiones y en estricto orden cronológico tal como es mencionado anteriormente.

#### **a) Región occidental:**

##### **1674, enero 16.**

Singer *et al.*, (1983); Vilchez y Narváez, citado en Grases *et al.*, (1999); Quevedo, citado en Grases, (op. cit.:75); Montero, citado en Grases, (op. cit.:75); describieron para la zona del Valle del Pocó y Trujillo la abertura de grietas y arroyos de agua que «salieron». Igualmente, se señala la caída de rocas o derrumbes en los cerros, existiendo una mezcla de información en cuanto a los efectos geológicos se refiere. Sin embargo, se da por hecho que en el Valle del Pocó y Trujillo se produjo licuación.

##### **1875, mayo 18.**

En el muy conocido «Terremoto de Cúcuta», las evidencias de licuación fueron muy claras en las poblaciones venezolanas y colombianas ubicadas en la frontera. Diversos autores describen los efectos geológicos y en particular los que conciernen a esta investigación, Centeno, (1969); Singer *et al.*, (1983); Briceño a Fernández en el Boletín del Centro de Historia del Táchira (1956) y FUNVISIS, (1991); en cada uno de estos documentos se describe la presencia de grietas brotando carbón mineral y agua negra y fétida, es sin duda el fenómeno objeto de esta investigación. En el Diario La Opinión Nacional del 12 de junio de 1875, aparece una carta enviada al general Bruno Delgado, recopilación Singer *com. pers* (2004), donde se describe la aparición de grandes grietas abiertas en la población de abajo en Barinas, no se conoce otra información que pueda esclarecer al sitio afectado, por lo que se ha catalogado como licuación dudosa.

**1894, abril 28.**

En «El gran terremoto de los Andes», autores como: Brun (1894); Singer *et al.*, (1983), FUNVISIS (1987); Lares, citado en Acosta y De Santis (1997); Diario El Tiempo, Caracas 12-05-1894, citado en Grases *et al.*, (1999); Diario Ecos del Zulia, Maracaibo 08-05-1894, citado en Grases, (op. cit.:273); Diario El Fonógrafo, Maracaibo 07-05-1894, citado en Grases, (op. cit.: 76) y El Diario, Caracas 14-05-1894, citado en Grases, (op. cit.:276), reseñaron los daños ocasionados por licuación a las instalaciones donde se construía el antiguo ferrocarril Santa Bárbara-El Vigía, así como en las zonas de Onia, Bobures y Gibraltar. Brun ha sido uno de los autores que describió técnicamente con mayor detalle los efectos geológicos presentados a lo largo de la línea del ferrocarril, siendo el tramo El Castillito – Los Cañitos el más afectado.

**1932, marzo 14.**

Para este sismo las citas se limitan a Centeno, (1969), Diario El Universal, Caracas, 30-03 y 28 - 04-1932, citado en FUNVISIS (1991), Ramos, citado en FUNVISIS (op. cit.:133), reseñan: hundimiento de terreno, observación de llamas en Onia, manifestación superficial de aguas termales en San Diego; en dirección a La Fría y estación Táchira reportan grietas y salida de agua. En especial, esta última manifestación geológica es la que da mayor peso al fenómeno en estudio, siendo una manifestación clara de licuación.

**1950, octubre 26.**

Sólo el Diario Universal del 28 de octubre de 1950 com. pers. Singer (2004) mencionó casas agrietadas en el Barrio El Pantano en Punto Fijo, estado Falcón, lo que ha sido interpretado como posible licuación.

**1975 abril, 05.**

Arcia *et al.*, (1975), Singer *et al.*, (1983) y Grases *et al.*, (1999), describieron la aparición de grietas en las cercanías de Atarigua y en las márgenes del río Tocuyo. En el centro de Maracas se mencionan brotes de agua que despiden humo y emanaciones sulfurosas, lo que pudiese ser manifestación superficial de termalidad de las aguas. De especial interés es el informe sobre el sismo presentado por Arcia (op. cit.), donde señalan: «se evidenció licuación de material arenoso en el río Tocuyo, afortunadamente esta zona estaba deshabitada y sin ninguna obra civil, sobre las arenas que se licuaron» (Figura. 2).



**Figura 2.** Grieta en márgenes del río Tocuyo, estado Lara. Fuente: Arcia *et al.*, (1975).

**1981, octubre 18.**

En el sismo ocurrido en 1981 FUNVISIS (1982:8) analiza el movimiento de masa que causó daños en San Josecito, estado Táchira, como un deslizamiento, pero al analizar el párrafo siguiente extraído del mismo trabajo «La falla del terraplén fue producto de la acumulación de agua, que al momento del sismo, hubo modificación en la presión de poros en el material granular ubicado en la base del relleno», se interpretó que hubo manifestación del fenómeno analizado.

**1989, abril y mayo del 30 al 04.**

Entre estas fechas ocurre una tormenta sísmica, manifestándose el fenómeno de licuación en las localidades de Boca de Mangle, Boca del Tocuyo, Tocuyo de la Costa y Chichiriviche. Audemard *et al.*, (1990); Beltrán y De Santis, (1990); De Santis *et al.*, (1990), Audemard y De Santis, (1991) y Beltrán *et al.*, (1992), han sido concretos en presentar los daños ocurridos a raíz del fenómeno estudiado. Para mayor detalle se sugiere consultar estos textos en su original y cuya referencia bibliográfica aparece al final de este artículo. Por ser esta tormenta sísmica relativamente reciente, la evidencia en fotografías pudo quedar grabada, una singular ayuda en el reconocimiento es mostrada en la figura 3.



**Figura 3.** Volcanes de arena en Boca del Tocuyo, estado Falcón. Fuente: Beltrán, y De Santis (1989).

## b) Región central:

### 1812, marzo 26.

Del muy famoso «Terremoto del Jueves Santo» se ha escrito desde todo punto de vista y con enfoques muy variados. Desde la óptica de la licuación de suelos, se insertan a continuación los más relevantes, sin olvidar que en algunos existe una mezcla de informaciones diversas. Centeno, (1969); Rojas citado por Centeno (1969); un artículo de Febres, cuya cita aparece en el Diario El Nacional de 1967; Willians (1974); Singer *et al.*, (1983); Humboldt en Hernst, (1988); Grases, (1990); Bueno en Grases *et al.*, (1999) y Villanueva referenciado en Grases *et al.*, (1999), diario «Le monitore universel» recopilación Singer com. pers (2004). La licuación de suelos se manifestó en Caracas, en las denominadas vegas del río Guaire y en La Guaira, actual estado Vargas, en La Victoria, –espacios de terreno sustituidos por lagos–. En poblaciones como Choroni, y Barbacoas estado Aragua, se hace mención a: «apertura de grietas en el suelo y emanación de agua negra y fétida». En la actual urbanización El Paraíso se da por sentado la presencia de «hervideros de arena». Otras simplemente indican «borbotones» de agua pero sin señalar alguna otra característica en particular. O casos como el del río Barquisimeto sin tener precisión del día (...) echó una gran creciente de agua negra. Humboldt en Hernst (op cit.) hace mención a Vallecico, Vegas de Mariara y La Cabrera, estado Carabobo y para las montañas de Aroa, describe lo siguiente «se halló el suelo cubierto de una tierra fina y muy blanda que parecía haber salido de las grietas». Característica relevante que ha sido interpretada como posible licuación, ya que se nombra es la zona montañosa, no se conoce el sitio exacto.

### 1878, abril 12.

Por su parte, en el muy conocido «Terremoto de Cúa», sólo tres citas se ocupan de la licuación, ellos son: Guardia, citado en Centeno (1969); Singer *et al.*, (1983); una carta de Lugo remitida a Hurtado, la cual aparece en el Diario La Religión y referenciada por Acosta y De Santis, (1997). En cada una de estas citas se menciona la presencia de grietas con salida de agua hedionda, arena, y gases, en los siguientes sitios: cercanías del río Cúa, en las quebradas Pitahaya y Culebra así como en la hacienda Santa Bárbara. Estas características son claras evidencias de licuación.

### 1900, octubre 29.

Llamado por algunos historiadores como el «sismo del Cabito» atendiendo a la presidencia de Cipriano Castro y su apelativo, Quintero en Rodríguez y Audemard (2003), fue un evento que causó serias averías tanto en la región central

como oriental, manifestándose la licuación en ambas zonas. Centeno, en Diario La Linterna Mágica (1900), Martel, en Diario La Linterna Mágica (1900), señalaron la presencia de grietas por donde salía agua negra y fétida, Centeno (1969) describió técnicamente lo observado en Puerto El Rincón cercano al río Neverí (...) Arena fina de la capa anterior al terreno de aluvión salió por las cuevas de cangrejos del río (*Astacus Fluviabilis*). Pero también Centeno (*op. cit.*), hizo referencia a la licuación, en las localidades de: Clarines, Barcelona, Isla Los Roques, La Sabana, Chuspa, e indicó que en Macuto, Caraballeda, Camurí Grande y Los Caracas se abrieron grietas, mas en estos últimos 4 sitios nombrados las evidencias del fenómeno de licuación fueron escasas. Singer *et al.*, (1983), reportaron licuación en: esquina San Jacinto y Catedral (Caracas), entre Cutusiapón y Prim (Capaya), en Turmerito (Barlovento), en Paparo, en la Vía Férrea de Carenero y Río Chico, al NE del Caserío La Maturetera, en Las Morochas cerca del Río Agua Colorada (Capaya).

### 1967, julio 29.

En este evento 6 citas hacen mención al fenómeno: FUNVISIS, (1983); Singer *et al.*, (1983); De Santis *et al.*, (1989); Audemard (1998); Castilla y Audemard, (1999) y Ornés, A. en Singer com. pers. (2004) refieren la manifestación de «lateral spread», evidenciado por un hundimiento, en las adyacencias al hotel Macuto Sheraton en la zona de Caraballeda. En la ribera sur del Lago de Valencia se produjo la manifestación de «lateral spread», donde De Santis (*op. cit.*) describió ampliamente el proceso. Particular interés tienen las siguientes imágenes, pues han sido la primera evidencia fotográfica que se tiene en Venezuela sobre la manifestación de «lateral spread» (Figuras 4 y 5). Ornés (*op. cit.*) menciona en Los Roques posible «lateral spread».



**Figura 4.** Zona de Güigüe, sur del Lago de Valencia, estado Carabobo, proceso de «lateral spread». Fuente: Colección Steinbruge, U. de Berkeley.



**Figura 5.** Playa de Caraballeda.

Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Comisión Presidencial para el estudio del sismo de 1967 (1978).

### c) Región oriental:

#### 1530, septiembre 1.

Centeno, (1969); Singer *et al.*, (1983); Fray Bartolomé de las Casas citado en Gómez, (1990); FUNVISIS, (1994); Herrera, citado en Grases *et al.*, (1999) y Audemard, (1999) reportaron un violento terremoto –el primero documentado– en la historia sismológica venezolana, del que fue víctima Cumaná y el cual provocó la abertura de grietas en el suelo, la emisión de agua negra, salobre y fétida y con olor azufroso, manifestaciones claras de licuación en asociación a «lateral spread».

#### 1684, mayo 4.

Gómez (1990); FUNVISIS (1994); Vivero, citado en Grases *et al.*, (1999) y Audemard, (1999) informaron de la existencia de terreno agrietado, eyección de agua y arena de color plomizo y olor azufroso en Cumaná y en Araya. Serán tanto el segundo como el último autor de los nombrados, quienes bajo un juicio técnico señalaron con las características descritas por los otros, meros relatores del dato, la existencia de licuación en estas dos localidades. Particular interés tiene la documentación revisada por haber añadido al fenómeno la forma de volcán, que en algunos casos, es una de las formas que adquiere en su extrusión.

#### 1766, octubre 21.

De este violentísimo sismo de los cuales se hacen eco diversos autores como: Centeno (1969); Herrera y Tordecillas en Centeno, (op. cit.); Singer *et al.*, (1983); Alejandro de Humboldt citado en Grases *et al.*, (1999); Ernst en Grases

(op. cit.); Salvador en Grases (op. cit.). Agrietamiento de tierra y manifestación superficial de termalidad de las aguas, más la licuación o fenómeno asociado no está enteramente descrito, a excepción de Singer *et al.*, (1983) quienes reportaron su presencia en la denominada Tierra Hueca, ubicada en cercanías de la población de Pantoño, estado Sucre, y también en las localidades de San Luis de la Encaramada y Aravacoto en el río Orinoco, lugares estos en los que el sismo provocó la desaparición de un islote. Se resalta la descripción de Bastardo y Loayza, Academia Nacional de la Historia (1985) en recopilación com. pers. Singer (2004) para la población de Barcelona en la que se extrae la siguiente cita: «la tierra se cuarteó por muchas partes y por unas brotaba agua, por otras arena y por otras una hediondez como de azufre». Sin duda es producto del fenómeno estudiado.

#### 1797, diciembre 14.

Únicamente tres citas dan cuenta de la licuación, ellas son las de Beltrán y Rodríguez, (1995); Audemard, (1999) y Alejandro de Humboldt citado en Grases *et al.*, (1999). Si bien las citas son variadas cada uno de los autores citados señalaron: «expulsión de agua y arena en los llanos de Las Charas; Olores azufrosos en la colina del convento de San Francisco, previo al sismo y licuación de suelos, (...) llamas a orillas del Manzanares en cercanías del hospicio de los monjes capuchinos y en cercanías de la población de Marigüitar».

#### 1802, agosto 15.

Sólo Perrey en Grases (1979) describió lo ocurrido, en una orilla del río Orinoco, haciendo mención a las dimensiones de la zona hundida convertida en una laguna, según la descripción.

#### 1853, julio 15.

Para este sismo las citas conocidas se limitan a Centeno (1969:234); Beauperthuy en Centeno, (1969); Singer *et al.*, (1983); FUNVISIS (1994); Beauperthuy citado de nuevo, pero esta vez en Grases *et al.*, (1999); Ibarra, en Grases *et al.* (1999) y el más reciente, Audemard (1999), cuya descripción histórico-técnica se cita: «Grietas en el terreno de dirección N-S. Eyección de agua en los márgenes del río Manzanares y a orillas del mar, constituidos en licuación de suelos y manifestación de «lateral spread» evidenciado por el hundimiento de un cocotal en la localidad de El Dique, Cumaná».

### **1885, abril 10.**

Tres citas extraídas de Centeno (1969) y una de Singer Rojas & Lugo (1983), abarcaron los reportes para este sismo en cuanto a los efectos geológicos se refiere, y en especial los que ocupan esta investigación documental, ambas reseñaron el denominado Sismo de Píritu, así como grietas que surcaban la orilla de mar.

### **1926, junio 05.**

En este evento, Centeno, (1969) señaló: «un temblor en Ciudad Bolívar con ruidos subterráneos. El hundimiento de una isla frente a Los Remolinos y polvo de carbón mineral que cubrió en parte la superficie del río Orinoco».

Por su parte Singer *et al.*, (1983) atribuyen este supuesto polvillo de carbón mineral a licuación frente a la localidad ya mencionada.

### **1929, enero 17.**

Es el primer sismo ocurrido en el oriente de Venezuela objeto de un informe técnico (Paige, 1930) sobre los destrozos provocados en la ciudad de Cumaná. Aparece reseñado desde el punto de vista de los efectos geológicos producidos por el mismo, Centeno (1969) quien indicó sin citar la fuente original: grietas que arrojaron agua sulfurosa y lodo en la misma forma que para los eventos sísmicos de 1530, 1766 y 1853.

Desafortunadamente, no señaló la ubicación exacta en el contexto general de la ciudad. Otras de las señales dejadas en el terreno de acuerdo con el mismo autor fueron: apertura de grietas a orillas del río Manzanares, al igual que en las sabanas de las localidades de El Salado y Caigüire con emisión de agua de color negro y olor a gas sulfhídrico. Igualmente, señaló manifestaciones de geotermalidad: aguas que brotaron conjuntamente con gases, sin señalar cuales, en la costa sur del Golfo de Cariaco.

Bien cabe señalar que esta última característica aparentemente no tiene ninguna relación con el fenómeno de licuación de suelos y se asocia más a la manifestación de aguas termales de alta temperatura que posee la zona. Por su parte Singer *et al.*, (1983) asociaron los efectos en la naturaleza a licuación localizada en: los sitios de Las Palomas, San Luis, El Salado Altagracia, Plaza Bermúdez, Roble de Centenario y Plaza Ayacucho en la capital del estado Sucre.

Más recientemente, FUNVISIS (1994) en función de las descripciones históricas consultadas señalaron: la relación existente entre construcciones y condiciones locales del

suelo, constatadas en edificaciones severamente dañadas, localizadas en terrenos de topografía modificada, tales como rellenos en antiguos cursos de agua o llanuras de inundación y «lateral spread» en las orillas del río Manzanares.

Rodríguez y Chacín, (1995) en su trabajo señalaron surgencia de aguas termales: a la orilla de la playa, a lo largo del puerto sin señalar cual en particular, así como en Tarabacoa y Pericantar y en las sabanas que se extienden entre Caigüire y El Peñón. Si bien el fenómeno es asociado a la termalidad de la zona, está muy alejado de los efectos producidos por la licuación de suelos.

Finalmente, Audemard, (1999) se refirió a agrietamientos paralelos a las márgenes de los ríos en el Golfo de Cariaco, identificados estos como «lateral spread». Idéntica condición, según este autor para los poblados de Tarabacoa y Pericantar, en las cercanías de Marigüitar las que señalan inequívocas evidencias de licuación de suelos.

### **1939, mayo 5.**

Centeno, (1969) y Singer *et al.*, (1983), reportaron para las localidades de Pozuelos y San Diego, estado Anzoátegui, la apertura de grietas en la superficie del terreno aunado a pequeños hundimientos. Características que son atribuidas a la manifestación de licuación.

### **1944, febrero 5 al 8.**

En los eventos sísmicos producidos entre esas fechas, Singer *et al.*, (1983), reportaron licuación en Casanay, estado Sucre con destrucción de campos de cultivo. Clara evidencia de «lateral spread» en Casanay, fue descrita en el Diario Agencia Comercial Carúpano N° 5954 del 23-02-1944 recopilación Singer, com. pers. (2004).

### **1945, diciembre 23.**

En este evento, Schlberg en FUNVISIS (1994) mencionó los daños ocurridos en Pedernales, haciendo referencia a la ocurrencia de desplazamientos laterales. Sin embargo, la presencia de volcanes de barro en esta zona hace difícil definirla como una segura licuación, por lo que se ha interpretado como posible. Por el contrario, Winkler en FUNVISIS (op. cit.) indicó la caída de un puente sobre el río Caripe, en Caripito, donde se da por hecho la manifestación de licuación.

### **1957, octubre 4.**

Tal como se ha expresado anteriormente, Singer *et al.*, (1983), mencionaron licuación calificada para este estudio en Playa

San Juan en Carúpano, estado Sucre y en la vía a San Rafael de Tucupita, actual estado Delta Amacuro. En el Diario Agencia Comercial Carúpano s/n, 5-10-1957, Singer com. pers. (2004) describió grietas en Playa San Juan en Carúpano, caserío Guarataro –hundimiento de casas– en Irapa, y en San Juan de las Galdonas se repite la presencia de grietas.

### 1997, julio 9.

Este sismo en particular constituye el último evento de carácter destructor ocurrido en Venezuela durante el siglo XX. Fue estudiado por la plantilla técnica de FUNVISIS, conduciendo a la elaboración de un informe preliminar y un subsiguiente listado de trabajos relacionados con el mismo, en el orden geológico, sismológico y de ingeniería sísmica, los cuales se señalan aquí. No obstante, de ese informe (FUNVISIS, 1997) se pudo extraer la siguiente cita referencial.: «el proceso de licuación de suelos se manifestó preferencialmente en la línea de costa particularmente en la zona de rellenos hidráulicos, casos que impactaron económicamente. Por otra parte, los procesos de «lateral spread» ocurridos en Chiguana en la camaronera Aquacam, C. A. y en la atunera Alimentos Margarita de Marigüitar, hubo un desplazamiento de terreno hacia el mar con grandes deformaciones de las instalaciones industriales.

En forma idéntica, el proceso de «lateral spread» puede ser señalado como el causante del desplazamiento de la margen derecha del río Manzanares en su desembocadura, lo cual afectó negativamente los patios de un grupo de casas del barrio La Boquita, en Cumaná».

Otra de las características del fenómeno fue dada en la línea de costa de Cumaná donde se observaron conos de arena a lo largo de la misma y en zonas de marismas des pobladas. Nuevas evidencias bien conspicuas se manifestaron por la presencia de conos en las márgenes del río Manzanares un par de kilómetros tierra adentro, al igual que en Cariaco en donde se observaron abundantes manifestaciones y cuya expresión morfológica se manifestó en conos de arena ubicados en las calles Brekerman, Bermúdez y Las Flores de la mencionada localidad.

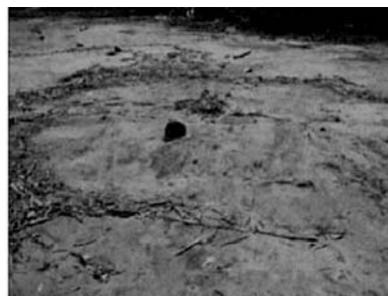
El resto de las referencias y su interpretación están dadas a continuación: Audemard, (1999) «lateral spread» que desplazó la calzada horizontalmente hacia una quebrada ubicada al este, cuyo nombre no está mencionado y se ubicó en la calle de acceso a la sede abandonada de los bomberos forestales de Cariaco. A manera, de ejemplo se presentan 4 fotografías que ilustran muy bien el fenómeno (Figura 6).

Finalmente González *et al.*, (2004) detallaron las características de licuación, pero por su extensión no se insertó en el presente trabajo.

Las Figuras 7 y 8, indican los sitios afectados por este evento sísmico y se resalta que, en la historia sísmica venezolana, la región de oriente es la que cuenta con mayor número de casos de licuación analizados. Pero sólo en este sismo, se cuenta con una gama de fotografías que destacan las principales evidencias del fenómeno de licuación.



(a)



(b)



(c)



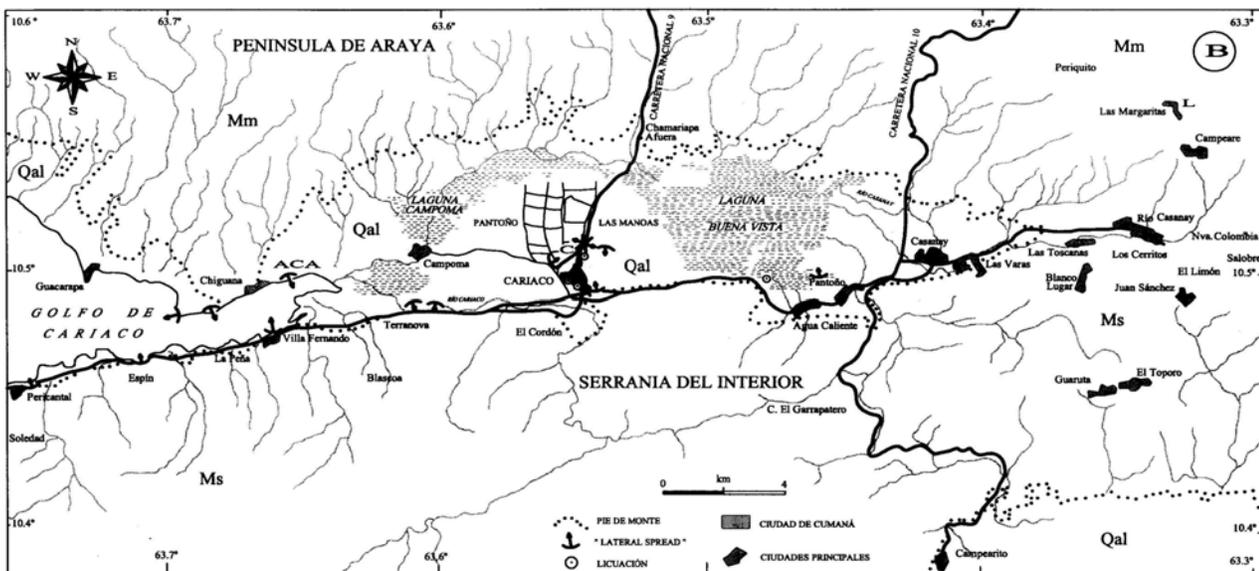
(d)

**Figura 6.** Volcanes de arena en Punta Delgada (a) y Playa Punta Baja (b); manifestación de «lateral spread» en Camaronera Aquacam en Chiguana (c) y en las piscinas de la Piragua al SE de Laguna Buena Vista (d).

Fuente: Audemard, F.A. (1997).



**Figura 7.** Áreas afectadas por el fenómeno de licuación en el terremoto de Cariaco de 1997. Área este del Golfo de Cariaco. Donde: T = Tocuchare, EH = Ensenada Honda, LC = Playa Calzadilla, AM = Atún Margarita puerto pesquero, H = Hospital Veterinario de Cumaná. Fuente: González *et al.*, (2004); modificada a los fines de esta investigación



**Figura 8.** Continuación del mapa. Al oeste del Golfo de Cariaco. Donde: C = Carretera Nacional 9 (norte de Cariaco), ACA = Camaronera Aquacam C.A., Qal = Sedimentos aluviales cuaternarios, Ms = Rocas sedimentarias Mesozoicas, Mm = Unidad metamórfica Mesozoica. Fuente: González *et al.*, (2004); modificada a los fines de esta investigación

## CATÁLOGO DE SISMOS QUE HAN PRODUCIDO LICUACIÓN EN LA HISTORIA SÍSMICA DE VENEZUELA

En algunos casos los documentos consultados describen en forma superficial los daños geológicos ocurridos, o señalan en forma combinada las manifestaciones geológicas producidas en el evento sísmico, por ejemplo: movimientos de masa y manifestaciones geotermales junto al fenómeno estudiado en este trabajo. Este hecho llevó a clasificar la veracidad en 3 niveles, estableciéndose tres variables: segura, posible y dudosa, independientemente para las tres

regiones. Con el objeto de ser explícitos y compilar en un todo la información, los datos recopilados y analizados se presentan en tablas. Esta base de datos ha dado origen al catálogo que se muestra a continuación (Tablas 1, 2 y 3).

El catálogo es desglosado por regiones: la región occidental comprende los estados Táchira, Mérida, Trujillo, Lara, Zulia y Falcón; la región central los estados Miranda, Distrito Capital, Aragua y Carabobo; la región oriental los estados Sucre, Anzoátegui, Monagas y Delta Amacuro. Esta información se despliega en tres tablas, una por cada región.

Se muestran primero los datos sobre el evento sísmico y seguidamente los casos de licuación que incluye lo siguiente:

- a) Datos del evento sísmico: se describe con la fecha, hora local, ubicación del epicentro, magnitud, profundidad focal, intensidad modificada en la Escala de Mercalli y coordenadas del epicentro.
- b) Datos de licuación de sedimentos: se señala la localidad

donde ocurrió el fenómeno, y el estado, y debido a la intensidad de referencias en la columna fuente aparece un número que la vincula con las referencias consultadas. Asimismo la tabla incluye las coordenadas aproximadas, intensidad modificada en la Escala de Mercalli en la zona de licuación, distancia aproximada desde el epicentro a la zona licuada, tipo de efecto geológico, y ambiente sedimentario; por último una columna donde se califica la veracidad de la información analizada sobre licuación en tres niveles: segura, posible o dudosa.

**Tabla 1.** Casos de licuación de sedimentos en la región occidental

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
1	23-01-1674	11:30am	Trujillo	6,6-7MI (Palme y Altez 2002)	VII (CRS)	-71	9	(Palme y Altez 2002)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I OMM	Dist Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Valle del Pocó, / Trujillo	38, 57	-70,99	9,23	VIII (Palme y Altez 2002)	25,5	b, c, d	Fluvial	▲
Gibraltar (municipio Sucre) Zulia	38, 57	-71,13	9,27	VIII (Palme y Altez 2002)	33,2	l	Fluvio-costero	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
2	18-05-1875	11:30am	Al norte de Cúcuta, Colombia	7,3MI (FIED)	IX (JPGG) XI (FUNV)	-72,5	7,9	Ramirez (1975)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I OMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
San Antonio (municipio Bolívar)/ Táchira	18, 26, 57	-72,44	7,98	X (FUNV 1991)	9,9	e, l	Fluvial	■ ▲
Ureña / Táchira	26	-72,45	7,92	X (FUN 1991)	5,9	e, l	Fluvial	■
San José de Cúcuta cerca del puente san Rafael/ Colombia	26	-72,5	7,84	X (FUN 1991)	6,6	a, f	Fluvial	■ ▲

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I OMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Villa de Rosario / Colombia	26	-72,46	7,81	X (FUNV 1991)	10,9	e, l	Fluvial	■ ▲
Puente sobre el río Zulia / Colombia	26	-72,57	7,9	X (FUNV 1991)	7,7	e, l	Fluvial	■ ▲
Camino San Cayetano a Santiago / Colombia	26	-72,69	7,84	X (FUNV 1991)	21,9	e, l	Fluvial	■ ▲
San Cayetano / Colombia	26	-72,67	7,85	X (FUNV 1991)	19,5	e, l	Fluvial	■ ▲
Barinas pueblo de abajo / Barinas	57	¿?	¿?	¿?	¿?	c		△

**Tabla 1.** Casos de licuación de sedimentos en la región occidental (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
3	28-04-1894	12:45pm	Cerca de Santa Cruz de Mora/ Mérida	7,1 MI	IX (CRS XI (FUNV))	-71,7	8,5	FIED (1961)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I OMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Bobures / Zulia	16, 57	-71,16	9,24	VIII (JPGG 1990)	101,4	a, c, d	Costero	▲
Gibraltar / Zulia	7	-71,16	9,24	VIII (JPGG 1990)	105,1	a, c, d	Costero	▲
Caño del Padre (Km 30) Mérida	16	-71,8	8,78	VIII (JPGG 1990)	33,01	c, d	Fluvial	▲
L. Ferrea. El Castillito-Los Cañitos Km 47 a Km 48) / Zulia	16, 38	-71,7	8,67	VIII (JPGG 1990)	33,01	c, d	Fluvial	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
3	28-04-1894	12:45pm	Cerca de Santa Cruz de Mora/ Mérida	7,1 MI	IX (CRS XI (FUNV))	-71,7	8,5	FIED (1961)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Puente Arenosa (Km 50)/ Zulia		-71,57	8,62	VIII (JPGG 1990)	19,5	a, c	Fluvial	▲
Santa María / Zulia		-71,3	9,1	VIII (JPGG 1990)	79,8	a, c, d	Fluvial	▲
Onia / Mérida		-71,67	8,59	VIII (JPGG 1990)	10,5	a, c	Fluvial	▲
La Ceibita/ Trujillo		-71,05	9,16	VIII (JPGG 1990)	102,3	a, c	Fluvial	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
4	14-03-1932	06:05pm	Cerca de La Grita (estado Táchira)	6,80 Ms (CRS)	IX (FIED)	-71,9	8,2	FIED (1961)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Río Lobaterita cerca caserío La Uraca Est. Km 114,5 / Táchira	28	-72,26	8,13	VIII (JPGG 1990)	40,3	c, e, g	Fluvial	▲
Alrededores del río Onia / Mérida	28	-71,68	8,58	VIII (JPGG 1990)	48,6	c, g	Fluvial	▲
En dirección a La Fría y est. Táchira	28	¿?	¿?			c		▲

**Tabla 1.** Casos de licuación de sedimentos en la región occidental (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
5	26-10-1950	04:30am	Al NW de La Vela de Coro/ Falcón	¿?	¿?	-69,68	11,42	CRS (1985)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Barrio El Pantano en Punto Fijo/ Falcón	57	¿?	¿?			c		■

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
6	05-05-1975	05:35am	Cerca de Susucal/ Lara	6,1Ms Ms (CRS)	VIII (CRS)	-69,64	10,08	CRS (1985)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Maracas(Municiph Torres)/ Lara	4	-69,78	10	¿?	16,3	b, c, d	Fluvial	▲
Río Tocuyo cercano a Atarigua / Lara	4	-69,81	10,08	¿?	18,61	c, l	Fluvial	▲
Hacienda Tomás Ramos?, Río Tocuyo	57	¿?	¿?					△

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
7	18-10-1981	12:30am	Cerca de El Carmen, Colombia	5,5 Mb (FUNV)	¿?	-72,75	8,15	FUNV (1981)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Boca del Tocuyo / Falcón	5, 12, 23, 29	-64,34	11,04	VII (FUNV 1989)	19,71	a, c, d., f	Fluvio-deltaico	

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
8	30-04-1989 al 04-05-1989	08:22am	(Mar Caribe al NE de Boca del Tocuyo / Falcón)	5,7 Mb y 5 Mb (FUNV)	VII (FUNV)	-68,17	11,1	(FUNV) 1989

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS								
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N					
Tocuyo de la Costa / Falcón	5, 12, 23, 29	-68,37	11,03	VII (FUNV 1989)	23,17	a, c, f	Meandro abandonado	▲
Chichiriviche / Falcón	5, 12, 23, 29	-68,27	10,93	VII (FUNV 1989)	21,82	a, c, f	Intra cordón litoral	▲
Boca de Mangle / Falcón	5, 12, 23, 29	68,4	11,15	VII (FUNV 1989)	25,70	a, l	Intra cordón litoral	▲
Chichiriviche / Falcón	5, 12, 23, 29	-68,27	10,93	VII (FUNV 1989)	24,25	a, c, f		▲

**Tabla 2.** Casos de licuación de sedimentos en la región central

DATOS EVENTO SÍSMICO								
N°/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
1	26-03-1812	4:07pm	Mar Caribe	6,3 MI (FIED) 7Ms revaluado en este trabajo	IX (FIED)	-67,49	10,53	Revaluado en este trabajo FIED (1961)
						-66,9	10,6	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
La Guaira/ Vargas	18, 37, 38, 40, 57, 60	-66,92	10,6	VIII (JPGG 1990)		-62,78	c,d	Fluvio-aluvial	▲
El Paraíso vega del río Guaire, Caracas	38, 57	-66,92	10,33	VIII (JPGG 1990)		66,17	a, c, d	Aluvial	▲

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Choroní / Aragua	38, 57	-67,61	10,49	VI (JPGG 1990)		13,85	a, c	Costero	■ ▲
Barbacoas/ Aragua	18, 38, 57	-66,96	9,47	VI (ALTEZ 2000)		131,36	a, c	Aluvial	▲
La Victoria	57	-67,71	10,28	VII (JPGG 1990)	36,76	95,44	b, c	Fluvio-lacustre	▲
Vallecico, Vegas de Mariara, La Cabrera	38, 57	¿?	¿?				b, c	Fluvio-lacustre	▲
San Diego al este de Valencia	38, 57	¿?	¿?				a, c		▲
Montañas de Aroa / Cojedes	57	¿?	¿?				a, c		▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
N°/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
2	12-04-1878	8:40pm	Al noreste de Charallave / Miranda	5,9 MI (FIED)	VIII (FIED)	-66,8	10,3	FIED (1961)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Cerca del Río Cúa (municipio Urdaneta)/ Miranda	7, 18, 38, 57	-66,89	10,17	VIII (JPGG 1990)		17,49	c, d	fluvial	▲

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Quebrada Pitahaya?	1, 18, 38, 57	-66,85	10,21	VIII (JPGG 1990)	11,40		a, c, d	fluvial	▲
Quebrada Culebra?	1, 18, 38, 57	-66,82	10,19	VIII (JPGG 1990)	12,42		a, c, d	fluvial	▲
Hacienda Santa Bárbara?	1, 38, 57	-66,8	10,17	VIII (JPGG 1990)	14,45		a, c, d		▲

**Tabla 2.** Casos de licuación de sedimentos en la región central (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
N°/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
3	29-10-1900	04:42am	Mar Caribe	7,2 (Jakubowicz y Larotta) 8,4 Ms (CRS)	VIII (FIED)	-66,08	10,66	Revaluado en este trabajo FIED (1961)
						-66,8	10,9	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Dist. recal Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N						
Macuto/Vargas	18, 22, 72	-66,88	10,61	VIII (LUGO 1984)	116,33	87,59	d	Fluvio-aluvial-costero	△
Caraballeda/Vargas	18, 57	-66,82	10,61	VIII (LUGO 1984)	110,98	81,05	d	Fluvio-aluvial-costero	△
Camurí Grande	18, 57	-66,71	10,62	VIII (LUGO 1984)	100,82	68,98	c	Fluvio-aluvial-costero	△
Los Caracas	18, 57	-66,57	10,63	VIII (LUGO 1984)	88,81	53,64	c	Fluvio-aluvial-costero	△

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Dist. recal Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N						
La Sabana/Vargas	18, 57	-66,31	10,61	VIII (LUGO 1984)	73,81	25,74	c, d	Fluvio-aluvial-costero	▲
Chuspa/Vargas	18, 57	-66,27	10,62	VIII (LUGO 1984)	70,90	21,23	c, d	Fluvio-aluvial-costero	▲
Paparo/Miranda	18, 57	-65,91	10,33	VII (LUGO 1984)	97,22	41,13	b	Fluvio-aluvial-costero	△
Vía Férrea entre Carenero y Río Chico/Miranda	18, 57	-65,91	10,33	VII (LUGO 1984)	97,22	41,13	b		▲
NE Caserío la Marturetera en Capaya/Miranda	18, 57	-66,23	10,44	VII (LUGO 1984)	88,15	29,45	b		▲
San Jacinto Caracas/ Dto. Capital	18, 57	-66,9	10,5	VII (LUGO 1984)	123,65	89,22	a, d		△
Puerto El Rincón a orillas del río Neverí/ Anzoátegui	18, 57	-64,69	10,17	VII (LUGO 1984)	183,29	161,46	a, b, c, d, e	Fluvio-deltaíco	■ ▲
Barcelona a orillas del mar, Isla Los Roques/ Anzoátegui	18, 22, 57								■

**Tabla 2.** Casos de licuación de sedimentos en la región central (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO									
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente	
						Long N	Lat N		
4	29-07-1967	08:05pm	Al NW de La Guaira	6,6 (CRS) 6,3 (JPGG)	Ms	VIII (CRS)	-66,95	10,7	(Suárez Navelek 1990) y

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N	oMM	Km	Km			
Playa Caraballeda / Vargas	18, 57	-66,84	10,61	VIII (JPGG 1990)	15,64		b, c, d, e	Costero	■ ▲
Playa Caraballeda/ Vargas	18, 57	-66,84	10,61	VIII (JPGG 1990)	15,64		b, c, d, e	Costero	■ ▲
Las Morochas cerca del río Agua Colorada/ Miranda	18, 57	-66,25	10,42	VI (PGG 1990)	82,60		l	Fluvial	▲
Rivera sur del lago de Valencia al NE de Guigue/ Carabobo	18, 22, 57	-67,75	10,11	IX (JPGG 1990)	109,34		d	lacustre	■

**Tabla 3.** Casos de licuación de sedimentos en la región oriental

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
1	01-09-1530	10:30am	Mar Caribe	7,2-7,4 Ms AUD (1999)	X (FIE)	-64,5	10,44	Revaluado en este trabajo FIED (1961)
						-64,1	10,7	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Cumaná, desembocadura del río Manzanares / Sucre	18, 30, 34, 38, 57	-64,17,	10,5	X FUNV (1994)	26,6	36,23	c, d	Fluvio-deltaico-costero	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
2	04-04-1684	08:00am	Cumaná		VIII (CRS)	-64,17	10,47	CRS (1985)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Cumaná / Sucre	9, 34, 38	-64,17	10,5	VIII (FUNV 1994)	14,1		a, c, d	Fluvio-deltaico-costero	▲
Araya / Sucre	34, 38	-64,25	10,6	VIII (FUNV 1994)	106,6		a, c	costero	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
3	21-10-1776	04:30am	Golfo de Paria	7,6 MI (FIED)	IX (CRS)	-62,5	10,7	JPGG (1990)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Tierra Hueca / Sucre	38	-63,45	10,6	VIII (FUNV 1994)	246,6		c, d	costero	▲
Barcelona / Anzoátegui	38, 57	-64,68	10,1	¿?			a, b, c	Fluvio-deltaico-costero	▲
Río Orinoco cerca de Aravacoto? La Encaramada / Bolívar	38, 57	¿?	¿?				a, c	aluvial	▲
Río Orinoco cerca de Aravacoto? La Encaramada / Bolívar	38, 57	¿?	¿?				a, c	aluvial	▲

**Tabla 3.** Casos de licuación de sedimentos en la región oriental (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
4	14-12-1797	07:00pm	Mar Caribe	6,3 Mb	VIII y IX (FIED)	-64,01	10,44	Revaluado en este trabajo
						-64,1	10,46	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Dist. recal Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N						
Marigüitar / Sucre	9, 14, 38	-63,89	10,5	IX (FUNV 1994)	28,37	16,44	a, b	costero	▲
Orillas del río Manzanares, cerca de Hospicio Los Capuchinos, Cumaná / Sucre	9, 14, 38	-64,17	10,5	IX (FUNV 1994)	16,89	15,35	a, b	Fluvio-deltaico-costero	▲
Llano Las Charas, Cumaná / Sucre	14, 38	-64,17	10,5	IX (FUNV 1994)	18,35	14,26	a, c, b	Fluvio-deltaico-costero	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
5	15-08-1802		¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Dist. recal Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N						
Río Orinoco	37							aluvial	■

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
6	15-07-1853	2:20pm	Mar Caribe	7,2 – 7,4 Ms Aud	IX (FUNV)	-64,58	10,5	Revaluado en este trabajo FIED (1961)
						-63,6	12,1	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/ estado	Fuente	Coordenadas		I oMM	Dist. Km	Dist. recal Km	Tipo efecto geológico	Ambiente sedimentario	Tipo de Licuación
		Long W	Lat N						
Cumaná, a orillas del río Manzanares / Sucre	14, 18, 30, 38, 57	-64,16	10,5	IX (FUNV 1994)	192,28	46,13	a, c, d	Fluvio-deltaico-costero	▲
El Dique, Cumaná / Sucre	14, 18, 30, 38	-64,19	10,5	IX (FUNV 1994)	192,30	42,77	b, c	Fluvio-deltaico-costero	■ ▲
Caigüire y Sabana del Peñón / Sucre	30, 38, 57	-64,12	10,5	VII (FUNV 1994)	192,30	42,77	b, c	costero	▲
Tierra Hueca / Sucre		-63,45	10,5	VII (FUNV 1994)	180,85	123,55	l		△
San Miguel de Píritu / Anzoátegui	18, 57	-64,99	9,91	¿?				costero	■
Orilla del mar en Píritu	18, 57	-65,04	10,1	¿?				costero	▲
Río Orinoco, isla frente a los Remolinos	18,57							Fluvio-deltaico	■ ▲

**Tabla 3.** Casos de licuación de sedimentos en la región oriental (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
9	17-1-1929	07:32am	Cerca de Cumaná /Sucre	6,9 Ms (CRS)	IC (CRS)	-63,93	10,43	Mocquet <i>et al.</i> (1996)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Río Manzanares, Sabana del Salado Cumaná / Sucre	9, 18, 30, 38, 57	-64,19	10,5		28,77		a, b, c	Fluvio-deltaico-costero	▲
Las Palomas, Cumaná / Sucre	18, 30, 38, 57	-64,18	10,5	IX (FUNV 1994)	27,69		1	Fluvio-deltaico-costero	▲

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
San Luis, Cumaná / Sucre	9, 30, 53	-64,19	10,5	IX (FUNV 1994)	28,51		1	Fluvio-deltaico-costero	▲
Altagracia, Plaza Bermúdez, Cumaná / Sucre	9, 30, 52	-64,17	10,5	IX (FUNV 1994)	26,45		1	Fluvio-deltaico-costero	▲
Plaza Ayacucho, Cumaná / Sucre	9, 30, 52	¿?	¿?	¿?	¿?		1	Fluvio-deltaico-costero	▲
Puerto Carenero	30, 51	-64,17	10,5	IX (FUNV 1994)	26,45		d	Fluvio-deltaico-costero	▲
Caigüire / Sucre	30, 51, 57	-64,15	10,5	IX (FUNV 1994)	24,28		c, d	Fluvio-deltaico-costero	▲
Tarabacoa / Sucre	30, 38, 57	-63,84	10,4	VII (FUNV 1994)	9,84		c, d	Fluvio-costero	▲
Pericantar / Sucre	30, 38, 57	-63,76	10,5	VII (FUNV 1994)	18,72		c, d	Fluvio-costero	▲

DATOS EVENTO SÍSMICO							
Nº/ord	Fecha	Hora	Ubic epic	M	IoMM	Coordenadas	Fuente
10	31-05-1939	¿?	Cerca de Barcelona	¿?	¿?	¿?	¿?

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Pozuelos / Anzoátegui	18, 57	-64,57	10,1	¿?	8,93		b, c	Fluvio-deltaico-costero	■
San Diego / Anzoátegui	18, 57	-64,57	10,2	¿?	4,91		b, c	deltaico-costero	■

**Tabla 3.** Casos de licuación de sedimentos en la región oriental (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
11	06-02-1944	11:20Pm	Cerca de El Pilar	5,5 Ms revaluada en este trabajo 5 Mb (JPGG)	¿?	-63,18	10,5	Revaluada en este trabajo CRS (1985)
						-62	10	

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Casanay / Sucre	57	-64,57	10,5	¿?	178,18	151,95	d		▲

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
12	23-12-1945	03:40am	Cerca de Pedernales	6,5 Mb	VI (CRS)	-62	10	CRS(1985)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Caripito, puente sobre el río Caripe / Monagas	30	-63,08	10,1	IV (JPGG)	118,86		b, c		■

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Punta Pedernales	30	-63,20	9,94	VI (JPGG)	26,05		b, c	costero	■

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
13	4-10-1957	01:29am	Cerca de San Juan de Las Galdonas	6,7 Ms (CRS)	IX (CRS)	-62,77	10,86	Russo (1992)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Playa San Juan, Carúpano / Sucre	57	-63,24	10,7	IX FUNV (1994)	55,51		b, c	costero	■
Carrera San Rafael a Tucupita a 1 Km de campo Texas / Delta Amacuro	57	¿?	¿?	¿?	¿?		l		△
Caserío Guarataro en Irapa / Sucre	57	-62,58	10,6	¿?	40,23		b, c	costero	■
San Juan de Las Galdonas / Sucre	38	-62,83	10,7	¿?	18,94		b, c	costero	■

**Tabla 3.** Casos de licuación de sedimentos en la región oriental (Continuación)

DATOS EVENTO SÍSMICO								
Nº/ord	Fecha	Hora local	Ubic epic Km	M Mb/Ms	IoMM	Coordenadas		Fuente
						Long N	Lat N	
14	09-07-1997	03:20pm	A1 NE de Cariaco	6,9 Mw	VIII (FUNV)	-63,51	10,54	FUNV (1997)

DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Muelle Pesquero, Cumaná / Sucre	8, 31, 35	-64,19	10,5	VI (FUNV 1997)	74,74		e	Fluvio-deltocostero	■
Embarcadero del Ferry, Cumaná	8, 31, 35	-64,19	10,5	VI (FUNV 1997)	74,74		f, e	Fluvio-deltocostero	■ ▲
El Dique sector La Boquita / Sucre	8, 31, 35	-64,18	10,5	VI (FUNV 1997)	73,65		e, l	Fluvio-deltocostero	■ ▲
Muelle Hielo Cumaná / Sucre	8, 31, 35	-64,19	10, 5	VI (FUNV 1997)	74,86		e, l	Fluvio-deltocostero	■ ▲
Muelle Pto. Sucre (costa el Guapo oeste de Cumaná / Sucre	8, 31, 35	-64,19	10, 5	VI (FUNV 1997)	74,86		e, l	Fluvio-deltocostero	■ ▲
Pta Baja, Laguna Buena Vista, Cumaná	8, 31, 35	-64,19	10, 5	VI (FUNV 1997)	74,86		e, l	Fluvio-deltocostero	■ ▲
El Peñón, Cumaná / Sucre	8, 31, 35	-64,1	10,5	VI (FUNV 1997)	64,96		e, l	Fluvio-deltocostero	▲
Tunantal / Sucre	8, 31, 35	-64,09	10,5	VI (FUNV 1997)	64,02		e	Fluvio-deltocostero	■
Pta. Guarayacal / Sucre	8, 31, 35	-63,99	10,4	VI (FUNV 1997)	53,64		l	Fluvio-deltocostero	▲
Marigüitar, Punta Monte Cristo, cerca playa Maigualida	8, 31, 35	-63,95	10,5	VI (FUNV 1997)	53,64		e, l	costero	■ ▲
Pta. Tarabacoita al NW de Marigüitar / Sucre	8, 31, 35	-63,91	10,4	VI (FUNV 1997)	45,12		e	costero	■

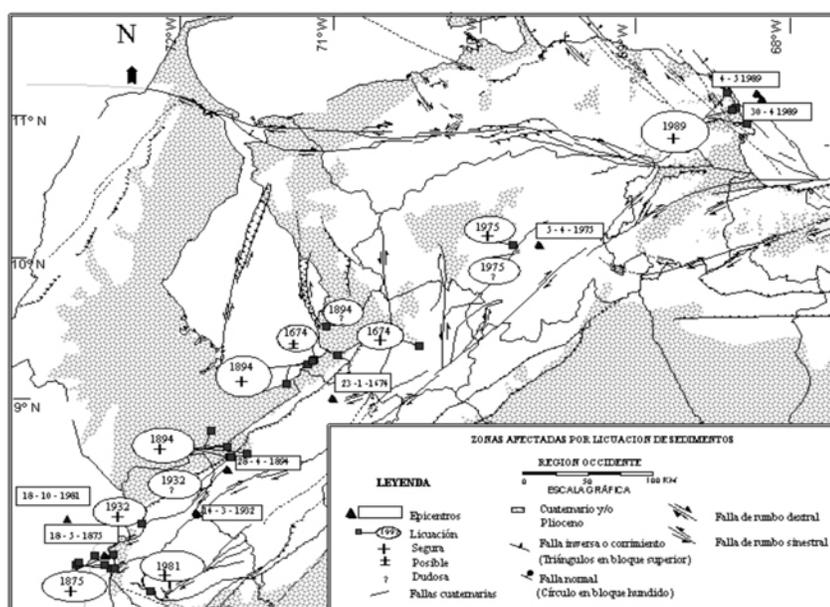
DATOS FENÓMENO DE LICUACIÓN DE SEDIMENTOS									
Localidad/	Fuente	Coordenadas		I	Dist.	Dist. recal	Tipo efecto	Ambiente	Tipo de
estado		Long W	Lat N	oMM	Km	Km	geológico	sedimentario	Licuación
Pta. Tarabacoita al NW de Marigüitar / Sucre	8, 31, 35	-63,91	10,4	VI (FUNV 1997)	45,12		e	costero	■
San Antonio del Golfo / Sucre	8, 31, 35	-63,84	10,5	VI (FUNV 1997)	37,44		l	costero	▲
Villa Frontado / Sucre	8, 31, 35	-63,83	10,4	VII (FUNV 1997)			e	costero	■
Punta Cachipo al oeste de Chiguana / Sucre	8, 31, 35	-63,65	10,5	VIII (FUNV 1997)			e	costero	■
Chiguana, Camaronera Aquacam	8, 31, 35	-63,67	10,5	VIII (FUNV 1997)	18,72		c		■ ▲
Pantoño – Laguna Vista / Sucre	8, 31, 35	-63,52	10,5	VIII (FUNV 1997)	1,09		c		■ ▲
Las Manoaas, Campo Alegre al NE de Cariaco, Sucre	8, 31, 35	-63,45	10,5	VIII (FUNV 1997)	9,35		e, l		■ ▲
Calles Brekerman, Flores y Bermúdez en Cariaco, Sucre	8, 31, 35	-63,54	10,5	VIII (FUNV 1997)	6,45		e, f	Meandro abandonado	■ ▲

### Legenda que acompaña a las tablas

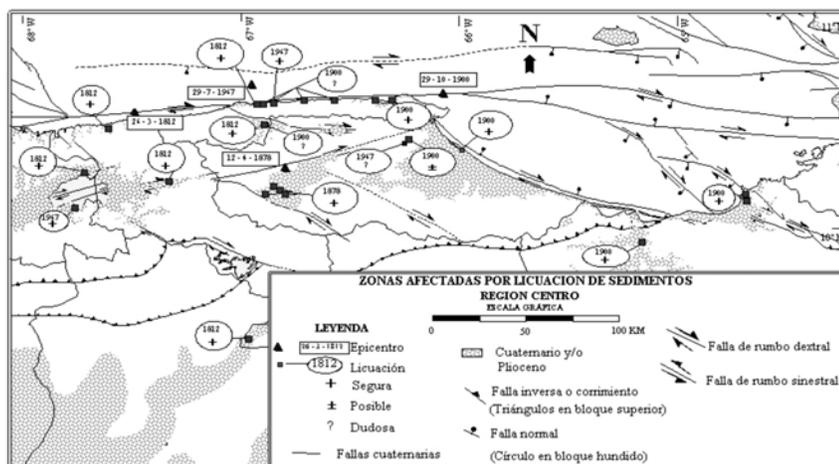
Valor desconocido = ? Número de orden = N°/ord. **Evento sísmico:** ubicación del epicentro = Ubic. epicentro, magnitud = M (MI, Ms, Mb, Mw); intensidad = I<sub>0</sub>MM; CERESIS (Catálogo de terremotos para América del Sur 1985) = CRS, FUNVISIS (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas) = FUNV, Fiedler (1961) = Fied, Grases (1979, 1990) = JPGG, Audemard (1999) = Aud. **Licuação de sedimentos:** distancia (lugar de licuação al epicentro) = Dist. Tipo de efecto geológico = Tipo efec geo; a: eyección de material arena o limo, b: hundimiento de terreno, c: grietas, d: emanación de agua, e: «lateral spread», f: formación de volcanes de arena y/o conos de arena, g: emanación de humo y llamas, l: licuação no identi-fcada. **Nota:** Los números en la columna fuente de datos sobre el fenómeno de licuação, corresponde a la referencia consultada.

### Efecto geológico                      Grado de incertidumbre

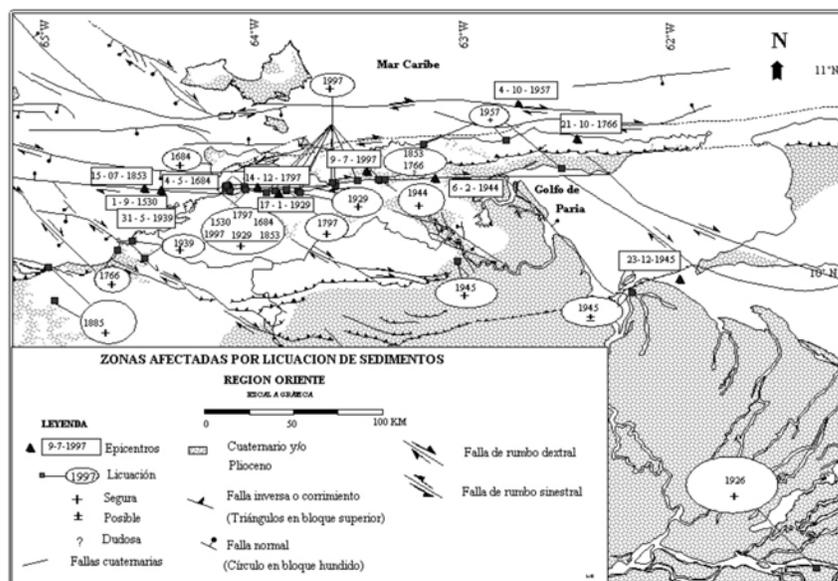
	seguro	posible	dudoso
licuação	▲	▲	△
"lateral spread"	■	■	□



**Figura 9.** Mapa de la región occidental, mostrando el epicentro y los sitios afectados por el fenómeno de licuação. Las siguientes referencias son reutilizadas en las figuras siguientes (4 y 5): Distribución del Cuaternario y/o Plioceno según Soulas (1985); Mapa de Fallas cuaternarias según Audemard *et al.* (2000).



**Figura 10.** Mapa de la región centro norte, con los epicentros de los eventos sísmicos donde la licuação se ha manifestado y ubicación de los sitios afectados.



**Figura 11.** Mapa de ubicación epicentral de los eventos, vinculado a las áreas donde se produjo el fenómeno de licuación en la región de oriente.

## RELACIONES EMPÍRICAS

Con la ayuda del programa Excel®, se determinaron relaciones empíricas para la ocurrencia de licuación en Venezuela, utilizando la información suministrada en las tablas I, II y III. El valor de la distancia epicentral se calculó por diferencia de coordenadas, para todos los eventos evaluados en este estudio. Con los dos parámetros distancia epicentral y magnitud, se estableció una relación empírica que generó un gráfico, donde la mayoría de los datos se concentran entre magnitudes de 5 y 7,5 y distancias desde 0 – 200 km (Figura 11). Esto generó una línea de tendencia que divide el gráfico en dos campos, demarcando el límite inferior donde no se ha producido licuación. La línea muestra un aumento logarítmico en función de la magnitud y la distancia epicentral representada por la ecuación  $m = 1,07 \log(x) + 1,57$ ; donde  $m$  = magnitud y  $x$  = distancia epicentral derivada del cálculo primario.

En esta primera relación, no se incluyeron los eventos de 09/01/1530 y 14/12/1797 por no presentar valor de magnitud, ambos correspondientes a la región de oriente. Así mismo se observó que los sismos 26/03/1812, 15/07/1853, 29/10/1900 y 06/02/1944, ocurridos el primero y el tercero en la región del centro y el segundo y el cuarto en la región de oriente, se encontraban por debajo de la línea de tendencia; a diferencia de los restantes eventos analizados, los cuales cumplían con el rango promedio, límite superior a la línea de tendencia.

Para los sismos históricos, los datos utilizados provienen principalmente de la base de datos generada por Fiedler (1961). Por el contrario, para el evento de 1900, se probó inicialmente con la data de Fiedler (op. cit.), seguidamente

con los valores calculados por Jakubowicz y Larotta (1974), por último la data de Grases (1990). Se observó que independientemente de la data utilizada, los puntos para este evento representados en la Figura 6 correspondiente a: Clarines, Barcelona y Puerto El Rincón se encontraban por debajo de la línea de tendencia.

Para el caso del evento de 1944, se tomaron las coordenadas asignadas por Russo *et al.*, (1992), pero al igual que los anteriores eventos también se encontró por debajo de la línea. Entonces condujo a analizar por separado cada uno de estos sismos, tomando en consideración la descripción de los documentos históricos recopilados, condiciones de sitio en las áreas afectadas por el fenómeno y relación distancia epicentral versus magnitud, haciendo una reubicación para cada uno de los casos que presentaba problemas.

## Reevaluación de los sismos

A continuación se reubican, los epicentros y se reevalúan las magnitudes, describiendo primeramente los eventos de la región de oriente, y seguidamente los del centro.

Los sismos de 01/09/1530, 14/12/1797 y 15/07/1853, tienen en común que los efectos geológicos ocurridos producto del sismo se han manifestado primordialmente en la ciudad de Cumaná, población que se encuentra en el paleodelta del río Manzanares de edad holocena, donde el ambiente sedimentario es propicio para que ocurra el fenómeno estudiado. Esta población ha sido de gran importancia tanto política como socioeconómica, características relevantes en la historia sísmica de un país.

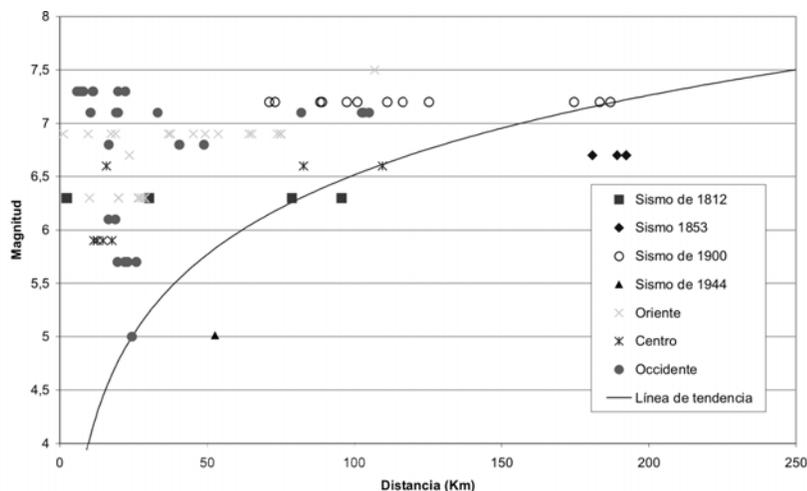
El sismo de 1530 es el más antiguo reportado en Venezuela, que causó grandes daños al antiguo caserío de Cumaná, hoy ciudad y capital del estado Sucre. Se estima que este sismo fue de elevada magnitud, ya que los documentos históricos revisados además de describir la ocurrencia de licuación, describen la presencia de grietas y se hace mención a grandes olas que inundaron parte de Cumaná. Audemard (1999) indica que el epicentro de este sismo, como el de 1853, debió estar localizado en la plataforma al oeste de la ciudad de Cumaná asociado al tramo submarino de la falla de El Pilar, e interpreta que la magnitud debió ser cercana a 7,2 Ms. Fiedler (1961), para el evento de 1530, no evaluó su magnitud, pero ubicó su epicentro cerca de la Isla de Cubagua en las siguientes coordenadas 10,7° N 64,1° W. Es posible que la razón de Fiedler (op. cit.) de haber ubicado el epicentro en esta zona fue debido al hundimiento de esta isla. Se interpreta que sí el epicentro se encontrara donde Fiedler (op. cit.) lo ubicó, parte de Araya hubiese sido afectada por las grandes olas sísmicas, cosa que no está reportado en los documentos analizados. Asimismo, sólo se hace mención a la ocurrencia de licuación en la población de Cumaná. Esto ha conllevado a reubicar el epicentro en las coordenadas 10,44° N 64,50° W al oeste de Cumaná y se mantiene la magnitud asignada por Audemard (op. cit.).

El epicentro del sismo de 1797, Fiedler (1961) lo ubicó en las coordenadas 10,6° N y 64,1° W al norte de Araya, sin embargo en los documentos revisados no se hace mención a la manifestación del fenómeno de licuación en Araya, sólo está reportada para la ciudad de Cumaná. Audemard (1999) enfatizó algunas observaciones importantes, que reflejan que la ubicación del epicentro debió estar al este de Cumaná: a) se escucharon ruidos antes del sismo proveniente del sureste b) reportaron movimiento arriba – abajo (ondas P) seguido de inmediato por las ondas S. Entonces estas características inducen a pensar que el epicentro debió estar localizado al este de la ciudad de Cumaná, y se reubicó en

las siguientes coordenadas 10,64° N y 64,01° W. Este sismo se asemeja al de 1929, según Audemard (1999) en cuanto a los efectos geológicos se refiere, por ello se interpretó que la magnitud es similar, próxima a 6,3 Mw.

El sismo de 1853 ha sido uno de los eventos donde hay reportes de licuación en varias zonas de Cumaná y adyacencias. Precisamente, el primer indicio que indujo a pensar en la necesidad de reevaluar este epicentro, fue cuando se estableció la primera relación empírica (Fig. 11), donde los puntos que representaban las áreas afectadas por licuación (Cumaná, Caigüire y El Peñón) se encontraban alejados de la línea de tendencia. De igual manera, se menciona en los documentos analizados la presencia de grandes olas que inundaron parte de la ciudad, conllevando esto a reevaluar el epicentro que inicialmente Fiedler (1961) había ubicado en las coordenadas 12,1° N y 63,6° W. Ya Audemard (1999) planteaba que dicho epicentro debió estar al oeste de la ciudad de Cumaná similar al evento de 1530. De acuerdo con el resultado obtenido en la relación empírica, sumado a los efectos geológicos producidos y tomando en cuenta las características sobre efectos de sitio en Cumaná por encontrarse sobre un paleodelta, se reubicó el epicentro al oeste de la anterior ciudad nombrada, en las coordenadas 10,50° N 64,58° W y se mantuvo la magnitud que plantea Audemard (op. cit.) de 7,2 Ms.

Para el sismo de 1944 Grases (1979, 1999) ubica el epicentro en las siguientes coordenadas 10° N y 62° W, con magnitud  $\approx 5$ . Luego Russo *et al.*, (1992) reevaluaron varios eventos entre los que incluyen a éste, y le asigna las siguientes coordenadas 10,5° N y 62,94° W, enmarcando el epicentro dentro de una elipse con un margen de error de 30 km. Con estos datos llevados a la primera relación magnitud versus distancia, se observó que era necesario reubicar el epicentro más al oeste, sin salir del elipse enmarcado por Russo (op. cit.), reubicándolo en las siguientes coordenadas 10,5° N y 63,18° W; y se estimó de acuerdo con el perímetro de daños,



**Figura 12.** Relación magnitud versus distancia partiendo de los datos aun no evaluados, donde la línea de tendencia es representada por la ecuación  $y = 1,07\text{Ln}(x) + 1,57$ ; donde  $y$  = magnitud,  $x$  = distancia

que su magnitud está en el orden de 5,5 Ms.

Para la región del centro se revaluaron dos eventos, los sismos del 26/03/1812 y 29/10/1900. El de 1812, Fiedler (1961) lo describió como un evento con tres focos sísmicos asignándole las siguientes coordenadas y magnitudes, para Mérida (8,5° N y 71,3° W; M = 7), San Felipe (10,2° N y 69,1° W; M = 6,2) y en Caracas (10,6° N y 66,9° W; M = 6,3). Sin embargo Altez (1998, 2000) manifestó que dicho sismo tiene dos epicentros uno hacia el centro y otro hacia el occidente. Para efectos de esta investigación se analizó el epicentro del centro. Se partió de los datos iniciales designados por Fiedler (op. cit.), reflejados en la primera relación empírica, observando que las poblaciones de Choroni y Barbacoas, estado Aragua, se encontraban por debajo de la media en la línea de tendencia. Tomando en cuenta el perímetro de daños ocurridos producto del evento, las áreas afectadas por el fenómeno de licuación y la respuesta obtenida de la relación empírica, se dedujo que el epicentro se encontraba ubicado más al oeste de la zona donde Fiedler (op. cit.) inicialmente lo había localizado. El epicentro se reubicó en el segmento de la falla de San Sebastián en las coordenadas 10,53° N y 67,49° W; asimismo analizando las isosistas de intensidad elaboradas por Grases (1990) y luego por Altez (op. cit.), se estimó que la magnitud está en el orden de 7 Ms.

Basado en estas interpretaciones, se graficó una segunda relación empírica, para presentar tanto los eventos sin problemas, como los analizados en la reevaluación (Fig. 12). Asimismo, se presenta un mapa (Fig. 13) donde se muestra la ubicación inicial de los epicentros y la relocalización luego de haber sido reevaluados, ejemplo de los casos 1530, 1797, 1812, 1853, 1900 y 1944.

## CONCLUSIONES

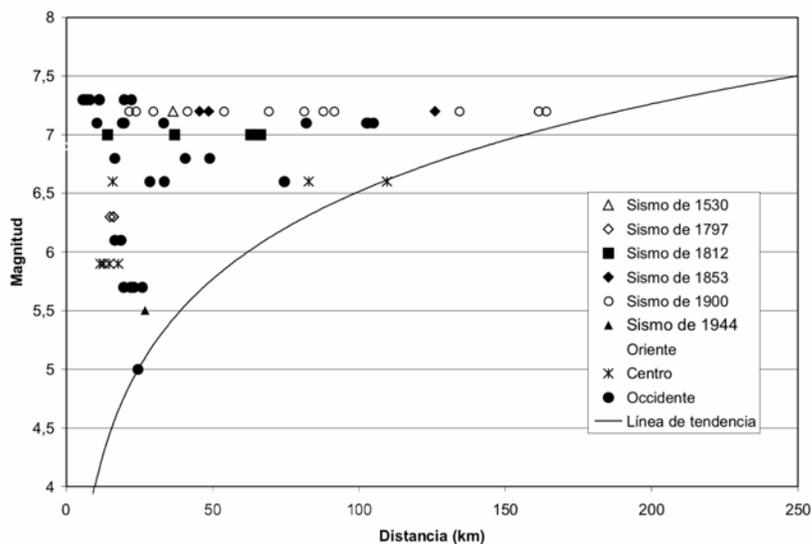
Producto del análisis crítico generado a partir de los documentos históricos revisados, se puede señalar que:

De 44 eventos evaluados en su totalidad, se descartaron 18 que no presentaron datos ni relación alguna con el fenómeno de licuación, conservando los 26 restantes; de los cuales 8 son occidentales, 4 centrales y 14 orientales.

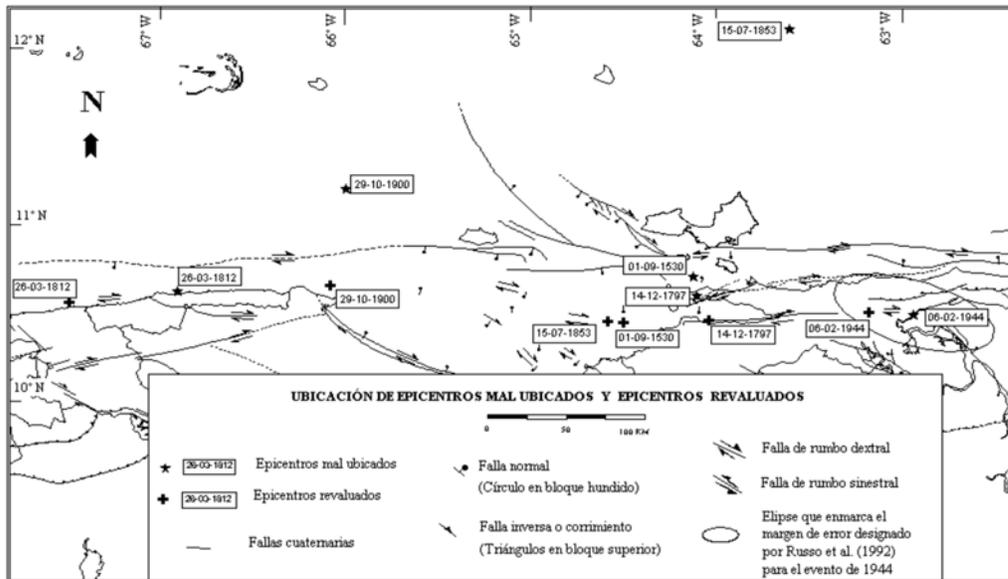
Se elaboró un catálogo que recopila la información referente al evento involucrado y al área o zona afectada por el fenómeno estudiado, regionalizando en tres tablas. Se crearon tres mapas, uno para cada una de las zonas antes indicadas, donde se presentan el epicentro del evento junto a las zonas afectadas por la licuación. Éstas se encuentran ubicadas particularmente en ambientes geológicos recientes.

La relación magnitud versus distancia epicentral, sumado a los efectos de sitio y los efectos geológicos producidos, permitió inferir que algunos epicentros históricos tales como los eventos de: 26/03/1812, 15/07/1853, 29/10/1900 y 06/02/1944, habían sido mal ubicados, así como los valores de magnitud sub-evaluados, excepto el evento de 1900 el cual continua conservando el valor de magnitud asignado por los autores correspondientes al año 1974. En los restantes eventos se relocalizó el epicentro y se reevaluó la magnitud.

De esta relación empírica también se dedujo que los casos de licuación venezolanos analizados, ocurren en sismos con magnitud mayor a 5 y distancias menores a 200 km.



**Figura 13.** Relación magnitud versus distancia partiendo de los datos reevaluados, donde la línea de tendencia es representada por la ecuación  $y = 1,07\ln(x) + 1,57$ ; donde  $y$  = magnitud,  $x$  = distancia



**Figura 14.** Localización epicentral de los eventos antes y después de ser reevaluados

## AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros Raymi Castilla y Victor Cano, por su ayuda en la elaboración de este trabajo. Al antropólogo e historiador Rogelio Altez, quien ha facilitado sus últimos avances del estudio que realiza sobre el sismo ocurrido el 26/03/1812. Al Dr. André Singer, quien ha proporcionado datos en eventos sísmicos históricos con escasas referencias que han servido de mucha ayuda en la compilación del catálogo generado. La versión final de este manuscrito ha sido sustancialmente mejorada gracias a las observaciones y sugerencias del Dr. Hernando Tabera del IGP (Lima Perú) y dos árbitros anónimos.

## REFERENCIAS

- (1) ACOSTA, L. Y DE SANTIS, F., (1997). Licuación de Suelos: Su Ocurrencia en la Historia Sísmica de Venezuela. III Congreso Latinoamericano de Ingenieros Geotécnicos Jóvenes. Caracas, Venezuela. pp. V-1 V-12.
- (2) ALTEZ, R., (1998). Cronometrización extemporánea: Los sismos del 26 de marzo de 1812 en Caracas y Mérida. Primeras Jornadas de Sismicidad Histórica en Venezuela. Revista Geográfica Venezolana, Universidad de los Andes 39: 297 – 326.
- (3) ALTEZ, R., (2000). Los sismos del 26 de marzo de 1812 en Venezuela: nuevos aportes y evidencias sobre estos eventos. IV Simposio Venezolano de Historia de las Geociencias, Caracas, Venezuela. (en imprenta).
- (4) ARCIA, J., LAROTTA, J. Y MALAVER, A., (1975). Análisis de daños ocurridos en el estado Lara como consecuencia del temblor del 5 de Abril de 1975. Informe inédito para el Ministerio de Obras Públicas, Oficina Técnica Especial

del Sismo. 27 p. + anexos.

- (5) AUDEMARD, F. A., BELTRÁN, C., DE SANTIS, F. Y LUGO, M., (1990). Liquefaction on the Eastern Coastlands of Falcon State (Northwestern Venezuela) induced by moderate shallow earthquakes. INQUA, Neotectonics Commission 13: 47-50.
- (6) AUDEMARD, F. A. Y SANTIS, F., (1991). Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. IAEG-AIGI, 44: 5 – 16.
- (7) AUDEMARD, F. A., (1998). Soil liquefaction during the Caracas 1967 and Boca de Tocuyo 1989 earthquakes, Venezuela: its significance for human settlements on active alluvial areas and coastlands. In: Proceedings of the XV Caribbean Geological Conference, Kingston, Jamaica.
- (8) AUDEMARD, F. A., (1999a). El sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, estado. Sucre, Venezuela: nucleación y progresión de la ruptura a partir de observaciones geológicas. Memorias VI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Mérida, Venezuela (CD-Rom). 14 p.
- (9) AUDEMARD, F. A., (1999b). Nueva percepción de la sismicidad histórica del segmento en tierra de la falla de El Pilar, Venezuela nororiental, a partir de primeros resultados paleosísmicos. Memorias VI Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Mérida, Venezuela (CD-Rom).
- (10) AUDEMARD, F. A., MBACHETTE, M., COX, J., DART, R. AND HALLER, H. (2000). Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Venezuela and its Offshore Regions.

- USGS Open-File report 00-0018 (accessible from USGS web page; open file reports ofr – 00-0018).
- (11) BARD, P-Y., 1992. Induced effects (liquefaction and slope instabilities): basic physical phenomena and estimation methods for microzoning studies, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées and Observatoire de Grenoble.
- (12) BELTRÁN, C., Y DE SANTIS, F., (1990). Manifestaciones de licuación en Falcón Oriental a consecuencia de los sismos de los meses de Abril y Mayo de 1989. FUNVISIS. Informe interno, 34 pp.
- (13) BELTRÁN, C., DE SANTIS, F. Y AUDEMARD F. A., (1992). Ocurrencia de fenómenos de licuación en zonas deltaicas pobladas de Falcón oriental, Venezuela. II Simposio latinoamericano sobre Riesgo Geológico Urbano, II Conferencia Colombiana de Geología Ambiental.
- (14) BELTRÁN, C., Y RODRÍGUEZ, J., (1995). Ambientes de sedimentación fluvio-deltaica y su influencia en la magnificación de daños por sismos en la ciudad de Cumaná, Venezuela. II Coloquio Internacional de «Microzonificación Sísmica», V Reunión de Cooperación Interamericana. Corporiente, Cumaná, Venezuela.
- (15) BRICEÑO, L., (1956). Documento sobre el terremoto de Cúcuta ocurrido el 18 de mayo de 1875 En: Boletín del centro de Historia del Táchira, pp 38-45.
- (16) BRUN, J., (1894). Relación circuntanciada de la situación de los edificios de la línea, puente, material rodante y máquinas del ferrocarril de Santa Bárbara El Vigía después del temblor de tierra del día 28 de abril de 1894. En: Memorias del Ministerio de Obras Públicas (MOP), documento N° 331, Caracas. (Informe Técnico).
- (17) CASTILLA, R., Y AUDEMARD, F., (1999). Facies Sedimentarias del Abanico de Caraballeda y su relación con la Licuación de Suelos durante el sismo de Caracas de 1967. XVI Seminario Venezolano de Geotecnia, Caracas, Venezuela. pp. 561 – 572.
- (18) CENTENO, G., (1969). Estudios Sismológicos. Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, segunda edición. Caracas, Venezuela, 365 p.
- (19) CERESIS, (1985). Catálogo de Terremotos para América del Sur Venezuela. Vol. 8, Proyecto SISRA, Lima, Perú. 287 p.
- (20) Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo (1968). «Primera fase del estudio del sismo ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967. Informe de los edificios derrumbados». Libro A. MOPFUNVISIS.
- (21) Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo (1978). «Segunda fase del estudio del sismo ocurrido el 29 de julio de 1967». Volumen A. MOP.
- (22) DE SANTIS, F., SINGER, A. Y AUDEMARD, F. A., (1989). Manifestaciones de «lateral spread» en el delta lacustre de Güigüe, costa del sur del Lago de Valencia, durante el Terremoto de Caracas del 29-07-1967. Memorias. VII Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto 3: 1123 - 1236.
- (23) DE SANTIS, F., ECHEZURÍA, H., AUDEMARD, F. A., BELTRÁN, C., ALVIAR, J. Y FERRUBUS, C., (1990). Los sismos de abril y mayo de 1989. Evidencias de licuación. Memorias XI Seminario de Geotecnia, 205-225.
- (24) FIEDLER, G., (1961). Áreas afectadas por terremotos en Venezuela. III. Congreso Geológico Venezolano tomo (IV) Caracas. pp. 1791 – 1814.
- (25) FUNVISIS, (1982). El sismo del Táchira del 18 de octubre de 1981. Serie Técnica 01-82, Caracas. 48 p.
- (26) FUNVISIS, (1983). Evaluación del riesgo sísmico, en el Proyecto Ferrocarril Caracas Litoral. Informe preliminar. FUNVISIS-IAFE. Caracas. (Informe confidencial).
- (27) FUNVISIS, (1987). Tectónica cuaternaria, características sismogénicas de las fallas de Boconó, San Simón y piedemonte occidental andino y efectos geológicos asociados a la sismicidad histórica. Funvisis para Maraven. S.A. 90 p + anexos. Inédito. (Informe confidencial).
- (28) FUNVISIS, (1991). Características neotectónicas y parámetros sismogénicos de las fallas activas cuaternarias, y efectos geológicos de la actividad sísmica en la región de proyecto y en las obras proyectadas. Proyecto Sumandes II. Funvisis para Maraven, S.A. 2 volumen. 239 p. Inédito.
- (29) FUNVISIS, (1991). Estudio de las manifestaciones de licuación de suelo ocurridas en Falcón Oriental durante los sismos de abril y mayo 1989. Aspectos Geológicos y Geotécnicos. Caracas, 123 p.
- (30) FUNVISIS., (1994). Estudio neotectónico y geología de fallas activas de la región nororiental de Venezuela. Proyecto Intevep 92-175. Funvisis para Intevep, S.A. 3 Volúmenes. 258 p + anexos (Informe confidencial).
- (31) FUNVISIS, (1997). Evaluación preliminar sobre el Sismo de Cariaco del 9 de julio de 1997, estado Sucre, Venezuela (versión revisada). 123 p+ anexos.
- (32) GALLI, P., Y FERRELI, (1995). A methodological approach for historical liquefaction research. In Paleoseismology.

- Association of Engineering Geologists Special Publication 6: 36-48.
- (33) GALLI, P., Y FERRELLI, (2000). New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tetonophysics* 324 : 169-187.
- (34) GÓMEZ, J., (1990). Historia de las fortificaciones de Cumaná. 1era edición. Talleres de Impresos Oriente, Venezuela. 145 p.
- (35) GONZÁLEZ, J., SCHMITZ, M., AUDEMARD, F. A., CONTRERAS, R., MOCQUET, A., DELGADO, J. Y DE SANTIS, F., (2004). Site effects of the 1997 Cariaco, Venezuela earthquake. *Engineering Geology* 72:143-177.
- (36) GRASES, J., (1979). Investigaciones sobre sismos destructores que han afectado el oriente de Venezuela, delta del Orinoco y regiones adyacentes. Proyecto ejecutado para INTEVEP.
- (37) GRASES, J., (1990). Terremotos destructores del Caribe 1502-1990 1era edición. Oficial regional de Ciencia y Tecnología de la Unesco-Relacis. 132 p.
- (38) GRASES, J., ALTEZ, R. Y LUGO, M., (1999). Catálogo de sismos sentidos o destructores de Venezuela 1530-1998. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. Edición. Innovación Tecnológica. Vol. XXXVII. 654 p.
- (39) GUARDIA, T., (1878). Relato sobre el terremoto de Cúa. En: Centeno (op. cit.) p. 343.
- (40) HERNST, A., (1988). Obras completas. Ediciones de la Presidencia de la República, Tomo VII. 688 p.
- (41) HERRERA, A., (1934). Historia general de los hechos de los castellanos en las islas y tierra firme del Mar oceánico, Madrid, tomo I capítulo VIII de Venezuela. En: Grases (op. cit.) p. 59.
- (42) HUMBOLDT, DE A., (1956). Viaje a las Regiones Equinociales del Nuevo Continente. Ediciones del Ministerio de Educación, Caracas. P 379, 402. En: Grases (op. cit.) p 81, 101.
- (43) JAKUBOWICZ, E., Y LAROTTA, J., (1974). El Terremoto del 29 de Octubre de 1900. Boletín IMME. Año XI, N° 47- Julio-Septiembre. Caracas, pp. 23-77.
- (44) LARES, J., (1894). Sobre el terremoto de 1894. En: Acosta y De Santis (op. cit.). V\_6.
- (45) MOCQUET, A., BELTRÁN, C., LUGO, M., Y SINGER, A., (1996). Interpretación sismológica de los datos históricos del terremoto de Cumaná del 17/01/1929, Venezuela. II Coloquio Internacional de «Microzonificación Sísmica», V Reunión de Cooperación Interamericana. Corporiente, Cumaná Venezuela (resumen).
- (46) MONTERO, J. (1680). Registro principal de Trujillo, sección Tierras; Trujillanos reclaman protección para sus siembras 12-08- 1680. En: Grases (op. cit.) p. 75.
- (47) PAIGE, S. (1930). «The earthquake at Cumaná, Venezuela, January 17, 1929»; *Bull. Seismol. Soc. Am.*; 20 (1): 1-10.
- (48) PALME, C., Y ALTEZ, R., (2002). Los terremotos de 1673 y 1674 en los Andes Venezolanos. *Revista Interciencia*. Vol. 27/N° 5.
- (49) QUEVEDO, F., (1680). Registro principal de Trujillo, sección Tierras; Trujillanos reclaman protección para sus siembras, 09-08-1680. En: Grases (op. cit.) p. 75.
- (50) QUINTERO, P., (1991). Guanaguanare, en: Rodríguez, J., & Audemard, F. A. 2003. Sobreestimaciones y limitaciones y los estudios de sismología histórica con base en casos venezolanos. *Revista geográfica de Venezuela* 44 (1) 2003 47-50.
- (51) RODRÍGUEZ, J., Y CHACÍN, R., (1995). Relación documentada del sismo de Cumaná del año 1929. *Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela* N° 53.
- (52) RAMOS, L., (1932). Sismo de (1932). En: Funvisis (op. cit.) p. 133.
- (53) ROJAS, A. Terremoto de (1812). (sic) (s/v; s/n; s/p). En: Centeno (op. cit.) p.337.
- (54) RUSSO, R., OKAL, E., Y ROWLEY, K., (1992). Historical Seismicity of the Southeastern Caribbean and Tectonic Implications. *PAGE OPH*. 139: N° 1.
- (55) SALVADOR, F., (1987). Ensayo de Historia Americana, Biblioteca de la Academia Nacional de la Historia, Caracas, tomo II En: Grases (op. cit.). P. 87.
- (56) SEED, R., CETIN, K., MOSS, R., KAMMERER, A., WU, J. PESTANA, J., RIEMER, M. (2002). Recent advances in soil liquefaction engineering and seismic site response evaluation. 45 p.
- (57) SINGER, A., ROJAS, C., Y LUGO, M., (1983). Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. (estado preliminar) Departamento de Ciencias de la Tierra. Funvisis, serie técnica 03-83. 126 p.
- (58) SOULAS, J. (1985). Neotéctonica y Tectónica activa en Venezuela y regiones vecinas. *Mem. del 5to. Cong., Geológico Venezolano* tomo (X) Caracas. pp. 6640-6636.

- (59) SUÁREZ, G., NÁVELEK, J., (1990). The 1967 Caracas earthquake: Fault geometry, direction of rupture propagation and seismotectonic implications. *Geophysic*. 95: 17459-17474.
- (60) WILLIAMS, W., (1974) Semblanza histórica de La Guaira desde sus orígenes hasta nuestros días. En: *Revista El Caudaloso* (órgano informativo de Seguros Orinoco, abril).
- (61) BEAUPERTHUY, D., (1853). Otra relación del terremoto de Cumaná de 1853. *Diario de Avisos*, Caracas, 31-08-1853. En: Grases, J., Altez, R. y Lugo, M., 1999. Catálogo de sismos sentidos o destructores de Venezuela 1530 – 1998. Fac. Ing. Univ. Central de Venezuela (ed.), Caracas p. 164.
- (62) IBARRA, A., (1862). Temblores y terremotos: Sismo de 1853, *El Independiente*, Caracas, marzo-abril de 1862. En: Grases (op cit.) P.167
- (63) LUGO, B., (1878). Terremoto de 1878, *Diario La Religión*, Caracas 14-04-1878. (sic) (s/v; s/n; s/p). En: Acosta y De Santis, 1997. *Licuaación de Suelos: Su Ocurrencia en la Historia Sísmica de Venezuela. III Congreso Latinoamericano de Ingenieros Geotécnicos Jóvenes*. Caracas, Venezuela. pp. V-1 V-12.
- (64) *Diario La Opinión Nacional*, Caracas, 15-04-1878. (sic) (s/a) En: Grases (op. cit.) p.228.
- (65) *Diario El Fonógrafo*, Maracaibo, 07-05-1894. Terremoto de 1894. En: Grases (op. cit.) p. 276.
- (66) *Diario El Tiempo*, Caracas 12-05-1894. Sobre el terremoto de 1894. En: Grases (op cit) p. 271 273.
- (67) *Diario Ecos del Zulia*, Maracaibo, 08-05-1894. En: Grases (op. cit) p. 273.
- (68) *Diario El Universal* 28-04-1932. En: Funvisis., (1991). *Características neotectónicas y parámetros sismogénicos de las fallas activas cuaternarias, y efectos geológicos de la actividad sísmica en la región de proyecto y en las obras proyectadas. Proyecto Sumandes II. Funvisis para Maraven, S.A.* p. 133.
- (69) *Diario El Universal* 30-03-1932. En: Funvisis. (op. cit.) (1991). p. 133.
- (70) CENTENO, G. M. A MUÑOZ, T., J., (1900) «Interesantísimo estudio» En: *Diario La Linterna Mágica*, 04-11-1900, N° 250. (s/v; s/p).
- (71) FEBRES, C. J., (1967). «Los terremotos en Venezuela.» En: *Diario El Nacional* 28-09-1967. (sic) (s/v; s/n; s/p).
- (72) MARTEL, J., (1900). «El terremoto del 29 de octubre de 1900». En: *Diario La Linterna Mágica*, 15-11-1900, (sic) (s/v; s/n; s/p).
- (73) SANTOS SERMINY, (1944). «Sismo de 1944» *Agencia Comercial Carúpano N°5954*, 23-02-1944. En: *Recopilación Singer com pers.* (2004). (sic) (s/v; s/n; s/p).
- (74) *Agencia Comercial Carúpano 05 y 10-1957*. En: *Recopilación Singer com pers.* (2004). (sic) (s/v; s/n; s/p).
- (75) *El Universal*, 28-10-1950 En: *Recopilación Singer com pers.* (2004). (sic)(s/v; s/n; s/p).