

NUEVA PERCEPCIÓN DE LA SISMICIDAD HISTÓRICA DEL SEGMENTO EN TIERRA DE LA FALLA DE EL PILAR, VENEZUELA NORORIENTAL, A PARTIR DE PRIMEROS RESULTADOS PALEOSÍSMICOS.

Franck A. Audemard M.

Funvisis (Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas)
Apdo. Postal 76.880, Caracas 1070-A, Venezuela.
e-mail: faudem@funvisis.internet.ve

RESUMEN

El nororiente venezolano ha sido afectado por diversos sismos destructores desde la conquista española, a partir del siglo XVI. El primer evento reportado en esta región y sentido a nivel nacional es el sismo de 1530 que arruinó fuertemente la ciudad de Cumaná. Esta ciudad ha sido repetidamente dañada desde entonces, por los sismos de 1684, 1766, 1797, 1853, 1929 y el reciente terremoto de Cariaco de 1997. A excepción de los sismos del presente siglo, todos los otros han sido asociados a la falla de El Pilar, sin ninguna confirmación por vía geológica. Más aún, algunos de ellos han sido atribuidos a segmentos de la falla en particular, basados en los mapas de intensidades macrosísmicas.

Considerando la información recopilada del sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, queda claramente demostrado que los daños en la ciudad de Cumaná están fuertemente supeditados a condiciones de sitio, que son responsables de amplificación de la señal sísmica y de la generación de efectos inducidos por la sismicidad. En consecuencia, muchas evaluaciones macrosísmicas de sismos históricos destructores deben ser sujetos a revisión como consecuencia de sobrestimaciones de intensidades para Cumaná, introducidas por los factores antes mencionados, que conllevan a ubicar erróneamente los epicentros de dicho eventos pasados.

Resultados paleosísmicos preliminares, obtenidos de tres trincheras excavadas en 1998 a través de la ruptura de superficie asociada al sismo de 1997 y de un afloramiento antrópico adicional, permiten atribuir el evento de 1684 al mismo segmento de falla generador del reciente sismo de Cariaco, cuya ruptura cosísmica afloró por unos 36 km en tierra (entre Muelle de Cariaco y Río Casanay, entre los golfos de Cariaco y Paria) y se extendió hacia el Oeste hasta el poblado de San Antonio del Golfo, por unos otros 15 km (en base a la distribución de las réplicas de dicho evento). Igualmente, se registra otro evento mucho más reciente, contemporáneo a la "Era del Plástico", por lo cual pensamos que se trata del sismo de Casanay del 12 de junio de 1974, que se extiende por lo menos entre Cariaco y Guarapiche (ubicación de las dos trincheras más alejadas). Otros resultados arrojados por la reevaluación de la actividad sísmica histórica de esta falla son: a) el evento de 1766 parece haber sido generado por una fuente distinta a la falla de El Pilar, en función del área sentida de este sismo (mapa macrosísmico difiere del de aquellos eventos claramente asociados a la falla de El Pilar), lo cual sugiere que el foco fue de profundidad intermedia; b) los daños de Cumaná durante el evento de 1797 sugieren que son producto de un sismo local y que este sismo podría ser un equivalente previo al sismo de 1929, el cual rompió justo al Este de la ciudad de Cumaná, desde Punta Baja adentrándose en el golfo de Cariaco; y c) la asociación sismotectónica de los eventos de 1530 y 1853 es aún incierta, aunque están fuera del segmento bajo evaluación y se cree que pueden sus focos ubicarse en el segmento submarino de la falla de El Pilar al Oeste de Cumaná por la generación de grandes olas sísmicas.

INTRODUCCION

La región nororiental venezolana se caracteriza por ser la de mayor actividad sísmica en tiempos recientes a nivel nacional, tal como lo evidencia el catálogo sísmico instrumental de Funvisis para el período 1910-1999. En tiempos históricos, esta condición no es menos cierta, como lo respalda la profusión de relatos o relaciones históricas sobre los daños acaecidos en dicha región desde los albores de la conquista española (a título ilustrativo, referirse a Gómez, 1990), que coincidentalmente se inicia por el oriente del país, a inicios

del siglo XVI con la fundación de Nueva Toledo en 1515, hoy conocida como Cumaná -primer asentamiento español en tierras continentales de América-. Esta ciudad en particular fue reiteradamente afectada, hasta su eventual destrucción parcial, por varios sismos históricos. Cabe citar los sismos de 1530, 1684, 1766, 1797 y 1853, así como dos sismos de este siglo: 1929 y el reciente terremoto de Cariaco de 1997. Del análisis comparativo de estos eventos telúricos, se desprende que Cumaná siempre es afectada; lo cual resulta de condiciones de sitio propias a la ubicación de la ciudad sobre la llanura aluvial del río Manazanares (Beltrán & Rodríguez, 1995), como lo evidencia la ocurrencia inequívoca de procesos de licuación y lateral spread en dichos depósitos holocenos (referirse a **Tabla 1**). Es posible que la mayor profusión de relatos referentes a Cumaná durante los sismos previos a este siglo (XVI a XIX) sean parcialmente un claro reflejo de su importancia político-económica de la época, combinado a un desigual poblamiento y/o a aislamiento poblacional (poblaciones aledañas descomunicadas de su capital de provincia) en la región, condicionado por limitantes fisiográficas que definitivamente dificultó su proceso de poblamiento (leer evangelización) en tiempos de la colonia y aún limita su desarrollo socio-económico; sin descartar que pueda ser parcialmente atribuible a la desigual preservación de documentos históricos en las distintas iglesias regionales. Sin embargo, estos últimos factores, pensamos, son condicionantes más no determinantes ya que sismos de este siglo (1929 y 1997) presentan exactamente la misma característica donde Cumaná es fuertemente dañada por procesos de licuación y lateral spread. Probablemente, el sismo de Cariaco de 1997 pone al descubierto la “fragilidad” de la ciudad, ya que ésta fue afectada en sus orillas costaneras por tales procesos de inestabilidad durante la ocurrencia de dicho sismo ubicado a unos 70 km al Este, mientras las poblaciones a lo largo de la costa del golfo de Cariaco presentaban daños relativamente menores. Más aún, sismos instrumentales del oriente en los últimos 25 años, que fueron simultáneamente evaluados por encuestas macrosísmicas (evaluación de daños por localidades geográficas), revelaron indirectamente el efecto desfavorable de las condiciones de sitio de la ubicación de Cumaná, en sus mapas de isosistas, donde ciertas isolíneas aparecen deformadas por la presencia de los daños observados en Cumaná, los cuales son superiores en términos relativos a los de poblaciones muy cercanas. A título de ejemplo, el mapa de isosistas del evento de El Pilar de 1986 (Malaver et al., 1988) revela tal efecto. El mapa correspondiente al sismo de Cariaco de 1997 fue realizado teniendo presente tal efecto, tal como es referido en Funvisis et al. (1997, aparte 5 de la pag. 27), reflejando de manera más fiel la atenuación de las ondas sísmicas con la distancia, así como de los daños asociados.

REVALUACION DE ALGUNOS SISMOS HISTÓRICOS REGIONALES

De lo antes expuesto, resulta claro que las condiciones de sitio de Cumaná magnifican los daños, durante la ocurrencia de los sismos instrumentales de este siglo. En consecuencia, tal efecto ha debido ocurrir durante los sismos históricos previos, por lo cual pensamos que las intensidades sísmicas asignadas a Cumaná para tales eventos deben estar sobre-estimadas. Más aún, pensamos que la ubicaciones epicentrales macrosísmicas de dichos eventos históricos deben ser revaluadas, teniendo presente el efecto magnificador de Cumaná, tanto por sus condiciones de sitio (amplificación de la señal sísmica en materiales aluviales blandos en las partes llanas, efecto topográfico para las edificaciones en el Cerro Caigüire –Castillo San Antonio- y efectos inducidos por la sismicidad en sedimentos saturados –licuación de suelos y lateral spread) como por su condición de capital de provincia (mayor importancia política y socio-económica a la época en una región de poblamiento desigual). Este último factor también puede inclinar la eventual localización macrosísmica del evento, alejándolo de su ubicación real. En consecuencia, salvo el evento de Cumaná de 1929 que está bien localizado por la presencia de ruptura cosísmica descrita por Paige (1930) –al igual que el sismo de Cariaco de 1997- y parametrizado por Mocquet et al. (1996), los demás eventos históricos requieren ser revaluados cuidadosamente, tomando en cuenta toda la información documental disponible, la cual hemos tratado de resumir en la **Tabla 1**.

Como hemos discutido previamente, Cumaná ha sufrido reiteradamente daños ocasionados por licuación de suelos en la eventualidad de sacudidas sísmicas importantes, exceptuando el sismo de 1766, siendo éste contrariamente el evento de mayor magnitud reportado en la región. La ocurrencia de este proceso nos permite inferir que la intensidad en Cumaná durante esos eventos ha sido de MM VII o más, durante sismos de suficiente duración (Audemard & De Santis, 1991), más no implica que el sismo sea definitivamente local.

TABLA 1
PRINCIPALES SISMOS DEL ORIENTE DE VENEZUELA
(integra las referencias demarcadas con *)

1/3

FECHA EVENTO	HORA LOCAL	INTENSIDAD MM MÁXIMA	REPORTES SOBRE EFECTOS NATURALES ASOCIADOS	OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS	INTERPRETACIONES
1530-09-01	10:00	Nva. Toledo (hoy, Cumaná) X	<ul style="list-style-type: none"> - Ola que superó copa de árboles en la desembocadura del río Manzanares (antes al norte de la ciudad) y llegó hasta las serrrezuelas (¿Cerro Cai-güire?). - Grietas en partes llanas y serrezuelas con emanación de agua tinta, salada y de olor azufrado, en Cumaná. - Sierra del golfo de Cariaco quedó abierta por el medio 	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de un fortín de madera construido por Jácome Castellón en la desembocadura antigua del río Manzanares. - colapso de muchas casas indígenas - Muchos muertos, entre los cuales muchos ahogados. - Réplicas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tsunami sobre la costa norte de Cumaná, con ola de 5 a 7 m de alto que penetró tierra adentro (media legua de distancia), responsable de muertes. - Manifestaciones claras de licuación de suelo asociadas a Lateral Spread. - Posibles deslizamientos en laderas
1684-05-04	20:00	Cumaná VIII Araya VIII	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas en el terreno. - Eyección de agua y arena aplomada, con olor a azufre, en Cumaná y Araya 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocurrencia simultánea de un huracán. - Daños severos en Cumaná en: castillos de San Antonio de la Eminencia y Santa María de la Cabeza, Convento Santo Domingo, los almacenes y numerosas casas. En Araya, en: Presidio, Fortín e Iglesia - Réplicas por más de 20 días. 	<ul style="list-style-type: none"> - Licuación de suelos.
1766-10-21	04:45	S.J. Oruña IX Guayria IX Monserrate IX Sbna Grande IX (todas en Trinidad)	<ul style="list-style-type: none"> - Observación de llamas en el área del Golfo de Cariaco. - Grietas en el terreno, cerca de Monte Parauri (no localizado), y márgenes del río Orinoco. - Levantamiento del lecho del río Guarapiche (desembocadura en el río San Juan). 	<ul style="list-style-type: none"> - Area sentida de más de 4 MM de km² (sismo más extensamente sentido en toda la historia de Venezuela). - Sin reporte de maremoto. - No se reportaron muertos. - Réplicas sísmicas por 14 meses. 	<ul style="list-style-type: none"> - Epicentro muy probablemente localizado en el Golfo de Paria, a prof. intermedia por dimensión del área sentida. - La ausencia de maremoto sugiere la falta de deformación del fondo marino (sismo de subducción cuya dislocación submarina estaría al SE de Trinidad con polaridad hacia mar abierto).
1797-12-14	18:30	Cumaná IX	<ul style="list-style-type: none"> - Olor a azufre en la colina del convento de San Francisco, una media hora antes del terremoto. - Se vieron llamas en las orillas del río Manzanares, cerca del Hospicio de Los Capuchinos, y cerca de Marigüitar. - Mov. ondulatorio el mismo día. - Movimiento vertical previo al horizontal reportado 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños en Cumaná: Iglesia y convento de San Francisco, iglesias nuevas de la Pastora (8 muertos) y Sto. Domingo - Reporte de daños importantes en la Iglesia Santa Rosa de Carúpano. - Menos de 12 muertos en Cumaná. - Réplicas por varios días. 	<ul style="list-style-type: none"> - Licuación de suelos. - Ocurrencia de un sismo premonitor el mismo día. - El escuchar ruido antes del sismo proveniente del SE y sentir las ondas P (mov. vertical), aunado a licuación en el golfo de Cariaco, sugiere una fuente cercana y superficial al Este de Cumaná.

FECHA EVENTO	HORA LOCAL	INTENSIDAD MM MÁXIMA	REPORTES SOBRE EFECTOS NATURALES ASOCIADOS	OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS	INTERPRETACIONES
1853-07-16	14:00	Cumaná IX	<ul style="list-style-type: none"> - Mar inundó las sabanas de El Salado y Caigüire en 200 varas (Tsunami de 4 a 6 m de altura). - Grietas en el terreno de dirección N-S. - Eyección de agua en las márgenes del Manzanares y a La orilla del mar. - Hundimiento de un cocotal, en el Dique (Cumaná). - Erupción de manantiales en Cariaco. 	<ul style="list-style-type: none"> - Graves daños en Cumaná: Castillo San Antonio de la Eminencia, templos de Santa Inés, del Carmen, de la Trinidad y de Altagracia, Casa Fuerte - Más de mil muertos; principalmente soldados acantonados en el cuartel. - Se dio la cifra de 113 civiles muertos. - Réplicas sísmicas por más de 15 días. - Tanque de 2^{1/2} varas de profundidad literalmente vaciado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fuerte maremoto y daños severos generalizados, con colapsos. Elevadas pérdidas humanas y materiales. - licuación de suelos - Lateral spread - Fuerte sismo y/o componente vertical importante
1874-08-17	10:30	El Pilar VIII ?		<ul style="list-style-type: none"> - Serios daños en la Iglesia y varias casas en El Pilar. - Sentido en Margarita, Trinidad. Fuertemente en Guaraúños y Tunapuy. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sismo local (¿ Falla de El Pilar o Tunapuy?)
1929-01-17	07:30	Cumaná IX	<ul style="list-style-type: none"> - Grietas en el terreno en la sabana de Caigüire-El Peñón, de 4 km de longitud (ruptura de superficie). - Agrietamientos paralelo a las márgenes de los ríos en el golfo de Cariaco, sobre un tramo de 20 km. También, caída de bloques. - Brotes de agua negra con olor a gas sulfídrico en las orillas del río Manzanares y sabanas de El Salado y Caigüire. También en Tarabacoa y Pericantar (cerca de Marigüitar). - Caída de rocas y deslizamientos en el cerro San Antonio. - Tsunami en el sector de El Salado (oeste) de 3 m de alto y en las sabanas de Caigüire (norte). En Chiguana, al este del Golfo de Cariaco el mar se retiró por varios metros y regresó luego sin causar gran daño. 	<ul style="list-style-type: none"> - Daños en edificaciones en Cumaná: la Catedral (en construcción), la Hilandería, la Industrial Manzanares, la Cárcel, el Museo Sucre, el Teatro, el Palacio Legislativo y el castillo de San Antonio (guarnición). - Réplicas sísmicas por varios días. - Saldo superior a 200 víctimas. - Movimiento precursor unos meses antes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Primer reporte de ruptura cosísmica a nivel nacional. - Lateral spread e inestabilidad de laderas - Inequivocas evidencias de licuación de suelos

FECHA EVENTO	HORA LOCAL	INTENSIDAD MM MÁXIMA	REPORTES SOBRE EFECTOS NATURALES ASOCIADOS	OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS	INTERPRETACIONES
1957-10-04	01:26	San Juan de las Galdonas IX (Ms 6,7)	- Deslizamientos de tierra y caída de rocas en las laderas del norte de la península de Paría, entre Río Caribe y San Juan de Unare.	- Varios heridos en diversas poblaciones del norte de la península de Paría. - Daños de consideración en poblaciones al Este de Carúpano, en la costa. - Iglesia Santa Rosa de Lima de Carúpano ameritó demolición	- Sismo ubicado al Norte de la costa norte de Paria.
1974-06-12	12:26	Casanay VIII (Ms 6, 1; mb 5,7)	- Agrietamiento del terreno en la zona comprendida entre los pueblos de Galerón y La Pica; y también en los alrededores del balneario Poza Azul, cerca de Pantoño. - Grietas al pie del cerro Guarapiche, en la propiedad del Sr. Abundio Martínez (com. per., 1998).	- Saldo de 2 muertos y 14 heridos (1 muerto y más de 10 heridos en Casanay). - Numerosas casas dañadas en Casanay (153, de las cuales 42 gravemente), Río Casanay y poblados aledaños; también en Cariaco. Edificaciones con daños estructurales leves en Carúpano: Hospital General, Iglesia Santa Catalina, Mercado Municipal, Cuartel de Bomberos, Cuartel de Infantería de Marina, Terminal de Aeropuerto y algunas edificaciones escolares.	- Localización epicentral (10, 563° N y 63,382° W) lo ubica en cercanía a Río Casanay, en asociación con la traza de la falla de El Pilar
1986-06-11	09:48	El Pilar VII Guaraínos VII Las Palomas VII (mb 5,9)	- Grietas en el terreno y deslizamientos de tierra reportados.	- En El Pilar, unas 100 casas de bahareque dañadas; también daños estructurales en tanque de agua elevado, e Iglesia. Daños estructurales en tanque cilíndrico de Guaraínos, así como algunas casas de adobe reforzado. - 3 muertos y 45 heridos. - Registro acelerográfico de 0,16 g en Casanay, con duración del movimiento fuerte de unos 10 seg.	- Localización epicentral (10, 55° N y 62,93° W) lo ubica entre El Pilar y Yaguaraparo, en posible asociación con la falla de El Pilar.

Teniendo presente que todos estos sismos (excepto el de 1766) han inducido licuación en Cumaná, pasaremos a reevaluarlos.

El sismo del 16-07-1530.- Este evento, el primero de nuestra historia sísmica y a apenas 15 años de fundada la población de Cumaná –antiguamente Nueva Toledo-, sólo afecta a ésta, siendo pobre en descripciones, como consecuencia de las condiciones imperantes: ciudad recién-fundada carente de una estructura habitacional y social establecida, donde los relatos son pobres en sí y su preservación en forma escrita muy difícil. No obstante, debe tenerse presente que la ciudad es prácticamente arrasada por un maremoto, con decesos por ahogamiento. Esto permite inferir que dicho sismo debe haber ocurrido en mar abierto (submarino), para ocasionar una ola que superó copa de árboles; es decir a sotavento de Cumaná y no hacia el golfo de Cariaco. Su intensidad (X en Cumaná) parece estar sobrevaluada.

El sismo del 04-05-1684.- Este sismo afecta tanto a Cumaná como Araya. Sin embargo, no se puede establecer su epicentro macrosísmico en base a los relatos históricos existentes. Su ubicación va a ser precisada por medios paleosísmicos, como discutiremos ulteriormente.

El sismo del 21-10-1766.- Este evento es probablemente el sismo de mayor magnitud que haya afectado el nororiente de Venezuela (Grases, 1990). Este sismo ha sido atribuido infundadamente a la falla de El Pilar por numerosos autores sin evaluar las características macrosísmicas del mismo (Suárez & Náb• lek, 1990; Pérez, 1997a y b; Pérez et al., 1997), entre las que cabe mencionar que: a) excepcionalmente no produjo licuación en Cumaná, aunque tiene adscrita una intensidad de VIII; b) no hay reporte ni de maremoto ni de decesos, aunque afectó fuertemente Trinidad (intensidad IX) y la región oriental del estado Sucre; y c) su área sentida abarca 4 millones de km² y cubre la casi totalidad del territorio nacional, lo cual permite establecer que su magnitud es cercana a 7,5. Adicionalmente, la zona presentó réplicas por 14 meses, lo que corrobora la ocurrencia de un gran terremoto, que requiere de una larga secuencia de réplicas para “sanar”. En consecuencia, compartimos la ubicación epicentral propuesta por Grases (1979), en el golfo de Paria, más no su profundidad; y coincidimos en pensar que el sismo es de profundidad intermedia por su área sentida y sus débiles efectos superficiales reportados, asociado a la extremidad sur de la subducción de las Antillas Menores, tal como propuesto por Lugo & Giraldo (1989). Tal como indicado en la **Tabla 1**, pensamos que no hay reportes de maremoto en el estado Sucre, puesto que la dislocación submarina, si la hubo, dudo estar sobre la fosa tectónica asociada a dicha subducción, ubicada al SE de Trinidad en mar abierto, siendo sus únicos efectos posibles los aquellos reportados en el delta del Orinoco y en el río San Juan. En conclusión, este sismo debe ser atribuido a la subducción y no a la falla de El Pilar.

El sismo del 14-12-1797.- Este evento ha sido ubicado en las coordenadas 10,6° N y 64,1° W por Fiedler (1961, en Grases 1990), lo cual concuerda bastante bien con la ubicación que puede derivarse de los relatos del sismo. Hay dos observaciones fundamentales del sismo en sí que ubican al mismo próximo y al Este de Cumaná (ver **Tabla 1**): se sintió el ruido proveniente del SE y reportaron el movimiento arriba-abajo característico de las ondas P, seguido de inmediato por las ondas S. Adicionalmente, es uno de los más fuertes sentidos en Cumaná en términos de intensidad (MM IX) y hay reportes de licuación en Marigüitar.

El sismo del 16-07-1853.- Este evento es catalogado como destructor en Cumaná. De manera similar al sismo de 1530, este evento tuvo asociado una gran ola sísmica que inundó las partes bajas de la ciudad en los sectores de Caigüire y El Salado. El hecho de desparramar líquidos de un tanque de gran alzada permite inferir que el sismo fue fuerte y/o presentó una fuerte aceleración vertical. Inferimos que este sismo, al igual que el evento de 1530, está ubicado en la plataforma marina al Oeste y contigua a Cumaná. Estos dos eventos estarían asociados al tramo submarino de la falla de El Pilar que limita la fosa de Cariaco por el Sur. Si esta interpretación es correcta, el período de retorno de estos sismos es de unos 300-320 años. Su magnitud es desconocida, pero es superior a 7 y debe ser cercana a Ms 7,2-7,4. La misma puede ser precisada modelando la dimensión del tsunami asociado a este evento, tomando en cuenta la batimetría al Oeste de Cumaná. Igualmente, se puede estimar de la misma manera la magnitud del sismo de 1530.

El sismo del 17-08-1874.- Este temblor fortísimo afectó esencialmente la zona de El Pilar, Carúpano y Río Caribe, y fue igualmente sentido fuerte en Guaraúnos y Tunapuy. Su ubicación epicentral está mal restringida,

pero podría asociarse por analogía a la misma zona que el sismo de El Pilar de 1986, aunque algo más al Oeste.

El sismo de Cumaná del 17-01-1929.- Este evento (a caballo entre los sismos históricos y los instrumentales) es probablemente el mejor estudiado de todos los sismos importantes de la región nororiental, previo al sismo de Cariaco de 1997. La presencia de ruptura de superficie en las zonas anegadizas de Punta Baja, al Este de Cumaná, descrita por Paige (1930), precisa la ubicación de este sismo. Su magnitud inicialmente sobrestimada (Ms 6,9) fue revaluada por Mocquet et al., (1996), quienes le asignan una magnitud más bien de Ms 6,3, producto de una ruptura a lo largo de la falla de El Pilar de unos 30 Km. Estando 4 km de la misma en tierra (Paige, 1930), la longitud restante estaría en la plataforma submarina del golfo de Cariaco, hasta las inmediaciones de San Antonio del Golfo. El sismo de Cariaco de 1997 es el producto de la ruptura del segmento contiguo al este del de 1929 (Audemard, 1997; Funvisis, 1997; Funvisis et al., 1997; Romero et al., 1998). Este sismo de 1929, aunque su intensidad macrosísmica luce igualmente sobrevaluada, parece romper un segmento similar al del sismo de 1797, habiendo un período de unos 130 años entre los dos eventos de magnitud similar (cercana a Ms 6, 3).

El sismo del 04-10-1957.- Este fortísimo sismo afectó esencialmente la costa norte de la Península de Paria, entre Río Caribe y San Juan de Unare, al este de Carúpano (**Tabla 1**). Su ubicación epicentral (10,86° N, 62,77° W; Ms 6,7; según Russo et al., 1992) concuerda bien con los datos macrosísmicos reportados, estando en el mar al Norte de la Península de Paria y cercano a la costa. Este sismo es somero (6 a 10 Km de profundidad), por lo cual está restringido al límite cortical. Según el mecanismo focal propuesto por Russo et al. (1992), la falla generadora de este evento es inversa de dirección NE-SW. En consecuencia, este evento no es atribuible a la falla de El Pilar por lo antes expuesto.

El sismo de Casanay del 12-06-1974.- Este sismo de magnitud Ms 6,1 esencialmente afectó la región central del estado Sucre, entre Casanay y Río Casanay y poblaciones aledañas (**Tabla 1**). Hay reportes de grietas o fracturas (?) pobremente descritas y ubicadas; aunque permiten su asociación con la falla de El Pilar en su tramo entre Aguas Calientes y Guarapiche. Este evento tuvo una posible réplica el 29-10-1974. Daños estructurales menores fueron reportados en edificaciones de Carúpano (**Tabla 1** y Arcia et al., 1974). Datos adicionales sobre este sismo han sido aportados recientemente por moradores de la región (**Tabla 1**) y evaluaciones paleosísmicas en curso.

El sismo de El Pilar del 11-06-1986.- Este temblor fortísimo afectó esencialmente la zona de El Pilar, Guaraúnos Las Palomas y La Loma. Su ubicación hipocentral está mal restringida (profundidad focal de 69 km; Malaver et al, 1988), aunque su epicentro lo asocia con la falla de El Pilar, entre los poblados de El Pilar y Yaguaraparo. En consecuencia, este sismo es producto de la falla de El Pilar, en cercanía a esa población.

NUEVOS APORTES PALEOSÍSMICOS

En respuesta a las dificultades confrontadas durante los estudios de sismicidad de esta región, recabada tanto por la vía instrumental para los sismos más recientes como a través de la evaluación crítica de la documentación histórica para los sismos previos al presente siglo –tal como las confrontadas previamente–, ha sido necesario recurrir a técnicas de investigación de geología clásica complementarias –agrupadas bajo el nombre de paleosismología– para evaluar el comportamiento de estos accidentes sismogénicos sobre un período de tiempo más extendido; digamos el reciente geológico. Una de las técnicas más difundidas en estas investigaciones, en los países preocupados por evaluar su amenaza sísmica, es la excavación de trincheras, cuya ejecución pretende exponer los sedimentos afectados por la ruptura superficial asociada al movimiento de la falla durante la ocurrencia de los terremotos, para así cuantificar y datar las deformaciones.

En ocasión del sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, Funvisis emprendió una evaluación de la historia sísmica de la falla de El Pilar a lo largo del segmento generador de dicho sismo por el intermedio de tres trincheras de evaluación paleosísmica excavadas a través de la ruptura cosísmica de dicho evento, localizadas en Las Manos, Carrizal de la Cruz y Guarapiche (referirse a Fig. 1 del otro artículo del mismo autor, en este mismo volumen). En este trabajo, no pretendemos presentar la globalidad de los resultados

obtenidos de dicha evaluación que cubre una ventana de observación de unos 7.000 años, pero si mencionaremos las observaciones relevantes a esta investigación sobre la sismicidad histórica del segmento en tierra de la falla de El Pilar:

a)- Además de los rasgos asociados a la reciente ruptura del sismo de Cariaco de 1997, se apreció en las paredes de las tres trincheras, ubicadas sobre una distancia de unos 15 km, la ocurrencia de un sismo que precede al evento de 1997 en unas pocas décadas. En la trinchera de Guarapiche, el surco asociado a este sismo contiene fragmentos de bolsas plásticas que restringen a este evento a la era del plástico; lo cual fue confirmado por datación radiocarbónica del suelo infrayacente contiguo. De manera similar, en la trinchera de Carrizal de la Cruz, se encontró una tapa plástica de un recipiente de champú envejecida, a unos 50 cm de la superficie, en asociación a la grieta del reciente sismo de 1997. En consecuencia, este sismo debió ocurrir en los últimos 25-30 años, lo cual permite correlacionarlo con el sismo de Casanay de 1974. Existen reportes de fracturas asociadas a este evento en la región de Aguas Calientes-Guarapiche, pero de ubicación imprecisa. Sin embargo, las observaciones realizadas en la trinchera definen la posición de las mismas; y confirman el relato del Sr. Abundio Martínez, quién recordaba haber visto grietas en el traspatio de su humilde propiedad al pie del flanco norte del cerro Guarapiche, en ocasión de ese sismo. Por lo tanto, el sismo de Casanay de 1974 parece haberse producido por una ruptura mínima de unos 15 km (distancia máxima entre las excavaciones más alejadas), extendiéndose eventualmente hasta Río Casanay por unos 5 km adicionales, donde hubo una gran concentración de daños reportados; para una longitud total máxima de 20 km.

b)- Las tres trincheras exponen un sismo anterior, e igualmente histórico. Este evento fue datado por Carbono-14 en 270 ± 60 a AP (previo a 1950 DC), pudiendo corresponder a unos de los sismos peor conocidos de nuestra historia sísmica en tiempos históricos: 04 de abril de 1684. Este evento podría ser el equivalente previo al sismo de Cariaco de 1997.

c)- las trincheras no reportan la ocurrencia de los sismos de 1530, 1766 y 1853 en este segmento de la falla de El Pilar; aunque no los excluye definitivamente (El principio de no exclusión utilizado en las ciencias geológicas).

DISTRIBUCION ESPACIO-TEMPORAL DE LOS SISMOS PRINCIPALES

En base a la reevaluación de los sismos históricos realizada a partir del cotejo de la reevaluación de las fuentes documentales con las nuevas observaciones provenientes de la investigación paleosísmica realizada sobre la reciente ruptura del sismo de Cariaco de 1997, proponemos, a título de ensayo, una posible distribución espacio-temporal de los sismos de magnitud superior a Ms 6,0 y con asociación con la falla de El Pilar, entre la fosa de Cariaco y el golfo de Paria (**Fig. 1**). Está distribución puede estar supeditada a cambios en función del refinamiento de la información existente, aún sin evaluar o desconocidas (fuentes documentales desconocidas y excavaciones futuras).

CONCLUSIONES

La ciudad de Cumaná ha sido reiteradamente afectada por diversos sismos destructores desde su fundación: 1530, 1684, 1766, 1797, 1853, 1929 y el reciente terremoto de Cariaco de 1997. Tomando en cuenta las observaciones recabadas durante este último evento, el análisis de los daños sufridos por esta ciudad como consecuencia de los efectos inducidos por los sismos históricos arroja que muchas evaluaciones macrosísmicas de dichos eventos deben ser sujetos a revisión como consecuencia de sobrestimaciones de intensidades para Cumaná, que conllevan a ubicar erróneamente sus epicentros macrosísmicos.

La conjunción de una reevaluación de la información documental referente a estos sismos históricos con nuevos resultados paleosísmicos preliminares obtenidos de tres trincheras excavadas en 1998 a través de la ruptura de superficie asociada al sismo de 1997 permiten realizar un ensayo de distribución espacio-temporal de la actividad sísmica con magnitud superior a Ms 6,0 a lo largo de la falla de El Pilar, cuyos principales aportes son: 1)- los sismos de 1530 y 1853, que tienen asociadas la generación de grandes olas sísmicas, deben ser atribuidos al segmento submarino de la falla, ubicado al Oeste de Cumaná, que controla el margen sur de la fosa de Cariaco. Las magnitudes de estos dos eventos pueden ser estimadas a partir de modelos matemáticos que relacionan el tamaño de la ola con la dislocación del fondo marino, que a su vez es función

directa de la magnitud, aunque estimamos preliminarmente que pueden ser de magnitud Ms 7,2-7,4; 2)- el evento de 1684 está asociado al mismo segmento de falla generador del reciente sismo de Cariaco según el estudio paleosísmico, cuya ruptura cosísmica afloró por unos 36 km en tierra (entre Muelle de Cariaco y Río Casanay, entre los golfos de Cariaco y Paria) y se extendió hacia el Oeste hasta el poblado de San Antonio del Golfo, por unos otros 15 km (en base a la distribución de las réplicas de dicho evento); 3) los daños de Cumaná durante el evento de 1797 sugieren que son producto de un sismo local y que este sismo podría ser un equivalente previo al sismo de 1929, el cual rompió justo al Este de la ciudad de Cumaná, desde Punta Baja adentrándose en el golfo de Cariaco, sobre una longitud de unos 30 km; 4)- la ubicación y asociación del sismo de Casanay del 12 de junio de 1974 son precisadas por intermedio de las trincheras, extendiéndose su ruptura cosísmica a lo largo de la falla de El Pilar por lo menos entre Cariaco y Guarapiche (ubicación de las dos trincheras más alejadas); 5) el evento de 1766 parece haber sido generado por una fuente de profundidad intermedia, distinta a la falla de El Pilar, estando su foco en la terminación sur de la subducción de las Antillas menores; 6) el segmento de la falla de El Pilar entre Cumaná y Guarapiche aparenta caracterizarse por la ocurrencia de eventos de magnitud cercana a 6 en sus extremidades que preceden o suceden a los eventos de magnitud cercana a 7. En el caso de esta sismicidad en cercanía a Cumaná, su recurrencia es del orden de los 130 años, mientras los sismos de magnitud ~ Ms 7 se repiten cada 300-320 años; y 7) el retorno de los sismos submarinos (al Oeste de Cumaná) de magnitud Ms 7,2-7,4 es similar (del orden de 3 siglos).

REFERENCIAS CITADAS

- Arcia, J.; Malaver, A.; Ruiz, A. & Alonso, J.L. (1974)* Evaluación de los daños ocurridos en el estado Sucre como consecuencia del sismo del 12 de junio de 1974. *Informe inédito del MOP, Ofic. Técnica Esp. del Sismo*. 5p + anexos.
- Audemard, F. A. (1997) Ruptura de superficie asociada al sismo de Cariaco del 09 de Julio de 1997, Estado Sucre, Venezuela nororiental. *FUNVISIS. Informe inédito*. 9 pp + 36 fotos.
- Audemard, F. A. & De Santis (1991) Survey of liquefaction structures induced by recent moderate earthquakes. *Bull. IAEG*, 44: 5-16.
- Beltrán, C. & Rodríguez, J. A. (1995) Ambientes de sedimentación fluvio-deltáica y su influencia en la magnificación de daños por sismos en la ciudad de Cumaná. *II Col. Int. De Microzonificación Sísmica, Cumaná, Venezuela (en prensa)*.
- Funvisis (1994)* Estudio Neotectónico y de Geología de Fallas Activas de la Región Nororiental de Venezuela. Proyecto Intevep 92-175. *Funvisis para Intevep, S.A.* 3 Vol. *Inédito*.
- Funvisis (1997) The July 9, 1997, Cariaco, Eastern Venezuela earthquake. *EERI Special earthquake Report – October 1997*.
- Funvisis et al. (1997) Evaluación preliminar del sismo de Cariaco del 09 de Julio de 1997, Estado Sucre, Venezuela (versión revisada). *FUNVISIS*. 123 pp + 5 anexos.
- Gómez, J. M. (1990)* *Historia de las fortificaciones de Cumaná*. 1º ed. Talleres de Impresos Oriente.
- Grases, J (1979)* Investigaciones sobre los sismos destructores que han afectado el oriente de Venezuela, Delta del Orinoco y regiones adyacentes. *Inédito para Intevep S.A.* 107 p.
- Grases, J. (1990)* *Terremotos destructores del Caribe. 1502-1990*. 1º ed. Unesco-Relacis.
- Lugo, M. & Giraldo, C. (1989) The earthquake of October 21, 1766: its possible seismotectonic associations. *Bull. INQUA N.C.*, 12: 95 (resumen).
- Malaver, A.; Chacón, C.; Jácome, J.; Romero, O. & Grimán, C. (1988)* *El sismo de El Pilar del 11 de junio de 1986*. Serie Técnica Funvisis 06-88. 55 p.
- Mocquet, A.; Beltrán, C; Lugo, M.; Rodríguez, J. A. & Singer, A. (1996) Seismological interpretation of the Historical data related to the 1929 Cumaná earthquake, Venezuela. *3rd International Symposium on Andean Geodynamics*. 203-206 (*Extended Abstract*).
- Romero, G.; Audemard, F.; Schmitz, M. & RESICA Working group. (1998) Seismological aspects and fault characteristics of the July 9, 1997, Cariaco earthquake, Eastern Venezuela. *IX Congreso Venezolano de Geofísica.(CD-Rom)*.
- Paige S. (1930) The Earthquake at Cumaná, Venezuela. January 17, 1929. *B.S.S.A.*, 20(12): 1-10
- Pérez, O. (1998a) El terremoto de Cariaco, Oriente de Venezuela, del 9 de julio de 1997. *Interciencia*, 23(2):101-106

- Pérez, O. (1998b) Seismological report on the $M_w = 6.8$ strong shock of 9 July 1997 in Cariaco, Northeastern Venezuela, del 9 de julio de 1997. *B.S.S.A. Short Notes*, 23(2):101-106
- Pérez, O.; Sanz, C. & Lagos, G. (1997) Microseismicity, tectonics and seismic potential in southern Caribbean and northern Venezuela. *J. of Seism.*, 1:15-28.
- Schmitz, M.; Romero, G.; Audemard, F.; Avendaño, J. & De Santis, F. (1998) Correlation of aftershock distribution with surface rupture along El Pilar fault related to the July 9, 1997 Cariaco earthquake, eastern Venezuela. *XV Caribbean Geological Conference, Kingston, Jamaica. (Resumen)*.
- Suárez, G. & Náb•lek, J. (1990) The 1967 Caracas Earthquake: Fault Geometry, Direction of rupture Propagation and Seismotectonic Implications. *J.G.R.*, 95(B11): 17.459-17.474.