

**EL SISMO DE CARIACO DEL 09 DE JULIO DE 1997, EDO. SUCRE, VENEZUELA:
NUCLEACION Y PROGRESION DE LA RUPTURA A PARTIR DE
OBSERVACIONES GEOLOGICAS.**

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

Un sismo de magnitud Ms 6,8 sacudió la región nororiental de Venezuela, el 09 de julio de 1997, con ubicación epicentral al WNW del poblado de Casanay, estado Sucre. Sin embargo, Cariaco, ubicada unos 15 km al Oeste de Casanay, fue la población más afectada, donde el colapso de dos estructuras educacionales de varios niveles concentró la casi totalidad de las pérdidas de vidas humanas en esta población, pero igualmente produjo daños de consideración en una serie de centros poblados aledaños (Chiguana, Casanay y San Antonio del Golfo). Cumaná (ubicada a unos 70 km al Oeste del epicentro) fue también afectada, donde el colapso de un único edificio fue el responsable de todas las pérdidas de vidas humanas ahí registradas.

Este sismo tiene asociado ruptura de superficie a lo largo de una gran porción del segmento en tierra de la falla dextral de El Pilar, que se extiende entre los golfos de Cariaco y Paria. Una ruptura de superficie continua y muy prominente de orientación general N075° fue cartografiada hacia el Este, entre Villa Frontado (Muelle de Cariaco) y Las Varas (ligeramente al Este de Casanay) por más de 30 km. Esta porción de la ruptura cosísmica es esencialmente recta y continua, a excepción de una pequeña complicación observada levemente al Oeste de Terranova, constituida por un solape dextro de unos 400 m de separación, donde se observaron grietas de tracción abiertas hasta en 0,88 m, lo cual denota la existencia de un relevo distensivo, que confirma así el carácter dextral de la falla, tal como lo indica las estructuras asociadas a la ruptura a escala de detalle. La ruptura en su totalidad es generalmente de un ancho máximo de 3 a 4 m y está conformada por cizallas Riedels sintéticos (R; dextrales) de orientación N90 a 100° y dispuestas “en échelon”, las cuales están ocasionalmente conectadas por pequeños abombamientos del terreno (mounds) en relevos compresivos y presenta eventualmente asociadas grietas de tracción. En pocas localidades, la ruptura exhibe localmente pliegues “en échelon”. La mayor parte de la ruptura (entre Villa Frontado y Carrizal de La Cruz) presenta un desplazamiento cosísmico dextral puro (sin componente vertical apreciable) relativamente constante de unos 25 cm, pero que alcanza un valor máximo de 40 cm ligeramente al Norte de Pantoño (3 km al Oeste de Casanay); para decrecer abruptamente en dirección hacia el Este hasta: a) 25 cm, en la troncal 10 ubicada justo al Oeste de Casanay (6 meses más tarde, el desplazamiento incrementó hasta 60 cm), b) 14 cm dentro de Casanay y c) 8 cm entre Casanay y Las Varas; el todo sobre una distancia de unos 5 km. Esta ruptura cosísmica se extiende en el mar al Oeste de Villa Frontado por unos 15 km adicionales, hasta San Antonio del Golfo, tal como lo establece la distribución de las réplicas.

Dentro de Casanay, otra porción de ruptura en posición más septentrional se bifurca en dirección ENE, extendiéndose hacia el Este hasta Río Casanay, por unos 10 km. Esta porción de ruptura es discontinua y muestra una geometría general en forma de boomerang con convexidad hacia el Norte. El máximo desplazamiento cosísmico medido sobre esta sección de la ruptura es de 20 cm en Guarapiche. Al Oeste de este poblado, la ruptura presenta un salto senestro a nivel de la loma de Guarapiche, bordeando ambos pies de ladera, con estructuración general en relevo transpresivo con lomo de presión asociado –prueba suplementaria del carácter dextral de la falla-.

La geometría general de la ruptura cosísmica de este evento concuerda bastante bien con la traza de la falla de El Pilar previamente cartografiada tanto por Metz (1968) como por FUNVISIS (1994), la cual se caracteriza por: un segmento bastante rectilíneo al Oeste de Casanay; una gran curvatura compresiva entre

Casanay y Guarapiche -geometría que dificulta (y eventualmente bloquea-) la propagación de la ruptura durante el sismo (barrera geométrica)-; y varias trazas activas al Este de Guarapiche. De los relatos de los moradores de la región afectada, se desprende que la propagación de la ruptura básicamente se desarrolló desde Pantoño (epicentro) hacia el Oeste (monodireccionalidad de la ruptura o fuerte asimetría en el caso de considerarse bidireccional), lo cual podría explicar el rápido decrecimiento del desplazamiento cosísmico y la complejidad de la ruptura desde Pantoño hacia el Este. Lo antes expuesto sugiere que la nucleación ocurrió en cercanía a la curvatura compresiva, propagándose rápidamente la ruptura hacia el Oeste por la linealidad de la falla, mientras que sólo una pequeña fracción de la ruptura pudo superar la curvatura como consecuencia de la complicación geométrica del plano de falla; lo cual igualmente podría explicar la gran cantidad de desplazamiento relajado en los meses subsiguientes a la ocurrencia del sismo principal.

INTRODUCCION

La region nororiental venezolana fue sacudida a las 15:24 hora local del 09 de julio de 1997 por un sismo de magnitud Ms 6,8 con ubicación epicentral a unos pocos kilómetros al Norte de Pantoño, estado Sucre, en las coordenadas geográficas 10,545° de latitud N y 63,515° de longitud W, y a sólo 10 km de profundidad. Este evento telúrico es responsable del deceso de unas 80 personas según fuentes oficiales, como consecuencia fundamentalmente del colapso de cuatro edificaciones de varios niveles (tres en la población de Cariaco –dos educativas y un banco- y una en Cumaná de uso comercial-residencial; Funvisis et al., 1997). No obstante sus consecuencias nefastas para la región en pérdidas humanas y materiales, la contribución de este sismo para las ciencias de la tierra reside en que ha ofrecido la posibilidad de reconocer en detalle la ruptura de superficie asociada al mismo (Audemard, 1997a, b y c; Dpto. Ciencias de la Tierra de Funvisis, 1997), lo cual lo convierte en el segundo caso bien documentado en la historia sísmica del país, después del sismo de Cumaná del 17 de Enero de 1929 (estudiado por Sidney Paige, 1930), que igualmente afectó la región nororiental del país, y muy particularmente a Cumaná. Por otra parte, también ha permitido evaluar los efectos inducidos por el sismo (licuación de suelos e inestabilidad del terreno), lo cual no desarrollaremos en este trabajo, pero que ha contribuido en mejorar la comprensión de la fenomenología de estos procesos.

La ruptura cosísmica en si fue identificada y reconocida tres días después del terremoto, inicialmente por medio de reconocimiento aerotransportado por helicóptero de la región epicentral del terremoto de Cariaco del 09 de julio de 1997, aún bajo la cobertura vegetal tupida característica del clima tropical húmedo de la zona. Este primer reconocimiento se hizo teniendo como premisa que sismos de magnitud similar – cercana a 7- producidos por fallas transcurrentes, en la experiencia internacional acumulada, hacían presagiar la posibilidad de intercepción del plano de ruptura cosísmica con la superficie del terreno. Estas primeras observaciones fueron confirmadas por misión de campo en los tres días sucesivos y posteriormente complementadas por otras dos misiones de campo, distanciadas sobre un período de observación de unos 8 meses; permitiendo cartografiar la ruptura cosísmica de este evento, así como cuantificar los desplazamientos de marcadores afectados por el deslizamiento de un bloque con respecto al otro a lo largo de la ruptura, lo cual detallaremos a continuación.

LA RUPTURA DE SUPERFICIE

El levantamiento cartográfico de detalle realizado permite establecer que el sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997 tiene asociada una ruptura de superficie que se extiende entre los poblados de Villa Frontado (también conocido como Muelle de Cariaco) y Río Casanay, sobre una longitud total cercana a los 40 km (**Fig. 1**), coincidiendo perfectamente con una gran porción del segmento en tierra de la falla dextral de El Pilar, identificado previamente en trabajos geológicos y/o geomorfológicos de detalle (citemos esencialmente a: Metz, 1968; Beltrán & Giraldo, 1989 y Funvisis, 1994), entre los golfos de Cariaco y Paria, en el estado Sucre. El estudio realizado por Funvisis (1994) deja claramente demostrado el carácter dextral y activo de la falla en base a indicios geomórficos de actividad cuaternaria y comprueba su actividad holocena por

intermedio de la excavación de una trinchera de investigación paleosísmica que releva la existencia de cuatro terremotos prehistóricos en los últimos 7 a 8 ka (Funvisis, 1994 y Beltrán et al., 1996). De la presente cartografía (**Fig. 1**), se desprende que la ruptura, aunque siendo esencialmente única, puede subdividirse en dos

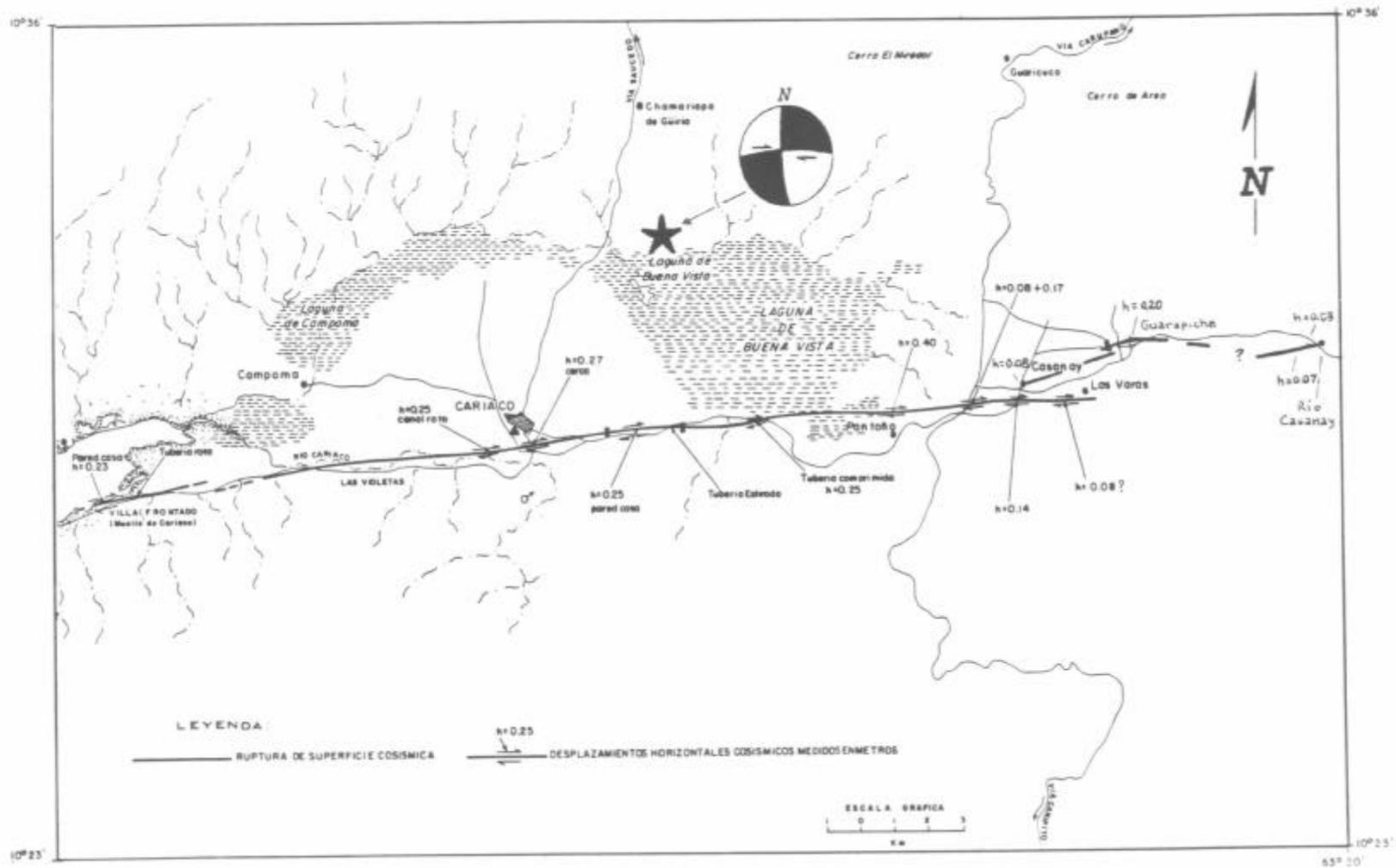


Fig.1 Ruptura cosísmica del sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, entre las poblaciones de Villa Frontado y Río Casanay, edo. Sucre, donde se representa los desplazamientos cosísmicos dextrales medidos, así como el mecanismo focal (modificado de Funvisis et al., 1997).

segmentos claramente diferenciables: 1) una porción de ésta con orientación general N075°E, que es esencialmente recta y continua entre Villa Frontado (Muelle de Cariaco) y Las Varas (ligeramente al Este de Casanay) por más de 30 km, a excepción de una pequeña complicación observada levemente al Oeste de Terranova, constituida por un solape dextro de unos 400 m de separación; y 2), la segunda porción de la ruptura, en posición más septentrional con respecto a la otra, se bifurca de la primera dentro de Casanay según una dirección ENE, extendiéndose hacia el Este hasta Río Casanay, por unos 10 km adicionales; siendo ésta discontinua y con una geometría general en forma de boomerang con convexidad hacia el Norte.

En el detalle, la ruptura en su totalidad es generalmente de un ancho inferior a los 3 a 4 m y está conformada por cizallas Riedels sintéticos (R; dextrales) de orientación N090 a 100° y dispuestas “en échelon”, las cuales están ocasionalmente conectadas por pequeños abombamientos del terreno (mounds) en relevos compresivos y presenta eventualmente asociadas grietas de tracción (**Fig. 2**). En pocas localidades, la ruptura exhibe localmente pliegues “en échelon”. El desplazamiento cosísmico observado y medido a todo lo largo de la ruptura es horizontal dextral puro, sin ninguna componente vertical apreciable.

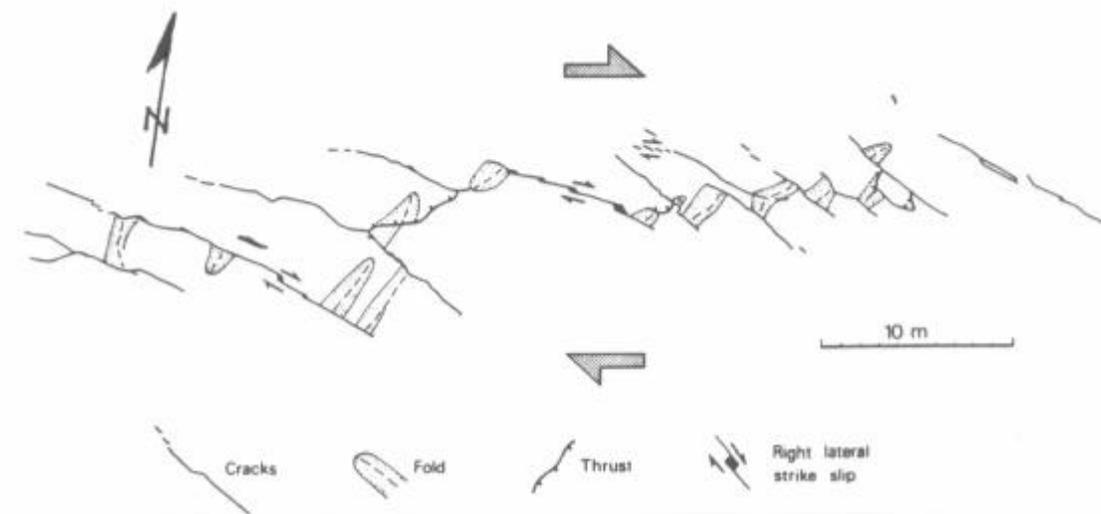


Fig. 2 Esquema detallado de la expresión superficial de la ruptura cosísmica del sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, donde se muestra la relación geométrica de las fracturas R dextrales y los abombamientos localizados en los solapes compresivos (modificado de Philip et al., 1992).

1) Entre los poblados de Villa Frontado y las Varas: Este segmento de la ruptura tiene una orientación general WSW-ENE y corre básicamente a lo largo de la carretera Villa Frontado-Cariaco-Casanay, entre las poblaciones de Muelle de Cariaco en el Oeste y Carrizal de la Cruz en el Este. Es relevante señalar que en ese mismo tramo la ruptura presenta la peculiaridad de estar muy frecuentemente a media altura en la ladera norte de las estribaciones más septentrionales de la Serranía del Interior; y no al pie de la misma, a lo largo del contacto entre las rocas sedimentarias cretácicas y los depósitos holocenos de la llanura aluvial del río Cariaco, donde se ubican las lagunas de Campoma y Buena Vista. Más al Este, tanto del aire como de tierra, la ruptura es de difícil localización entre las piscinas de travertino –localizadas en la Hda. Aguas Calientes, al Este de Carrizal de la Cruz y desarrolladas sobre un escarpe de exposición norte de la falla de El Pilar-, y una carretera rural ubicada al norte de Aguas Calientes, que permite acceder los balnearios Kokoland y La Piragua; sitio donde la ruptura vuelve a hacerse claramente distinguible. A partir de esta localidad, la traza de la ruptura es fácil de seguir hasta el sector Las Varas, donde se interna en una zona boscosa espinosa después de abandonar un maizal localizado en la margen norte de la carretera de acceso a Las Varas.

En forma general, la ruptura a lo largo de este segmento puede ser vista en numerosas localidades, facilitado por el hecho de que la carretera zigzaguea a lo largo de la expresión superficial de la ruptura cosísmica (**Fig. 1**). Por otra parte, el desplazamiento cosísmico pudo ser medido reiteradamente en diversos puntos, en base a distintos elementos geométricos de origen antrópicos, tales como: calles, brocales, aceras, paredes de casa, tuberías afectadas, canales de riego, entre otros (**Fig. 1**); lo cual permitió realizar medidas ulteriores de control. A continuación detallaremos progresivamente hacia el Este las localidades más resaltantes, donde dicha ruptura cosísmica pudo ser caracterizada:

- En la población de Muelle de Cariaco (Villa Frontado), la ruptura atraviesa la calle principal del pueblo (**Foto 1**), desde la orilla del mar en cercanía de la iglesia, y cruza en diagonal unas 4 o 5 casas, para luego empezar a subir en forma tangente un acantilado de exposición norte que domina el sector costero del pueblo. En la última casa afectada, la pared oriental mostró un desplazamiento horizontal dextral de unos 23 cm (**Fig. 3**). Más al Este, la ruptura se ubica muy cerca del tope del talud o escarpe, afectando los sedimentos plio-pleistocenos de la Fromación Villa Frontado. Una casa cercana a dicho talud presenta la pared del jardín frontal desplazada dextralmente en 23 cm. La ruptura se observa de nuevo a nivel de la carretera nacional al Este de Muelle de Cariaco en el cruce a Santa María-Caripe (frente a la estación de servicios; **Foto 2**), donde dos tuberías ubicadas a ambos lados de la vía fallaron. Más al Este, la ruptura cruza una alfarería, según un rumbo paralelo a la carretera nacional. Aún más al Este, vuelve a cortar la carretera nacional en forma oblicua, donde la falla es básicamente este-oeste y los Riedels sintéticos (R) están orientados N 110°. La ruptura prosigue a lo largo del lado norte de la carretera, sobre el tope de una colina alargada que asemeja un camellón de tierra pero que es más bien un lomo de presión asociado a la falla (**Foto 3**), donde se aprecia la relación geométrica entre las cizallas R dextrales dispuestas “en échelon” y conectadas por “mounds” en los solapes compresivos; evidenciando así el carácter dextral de la ruptura.

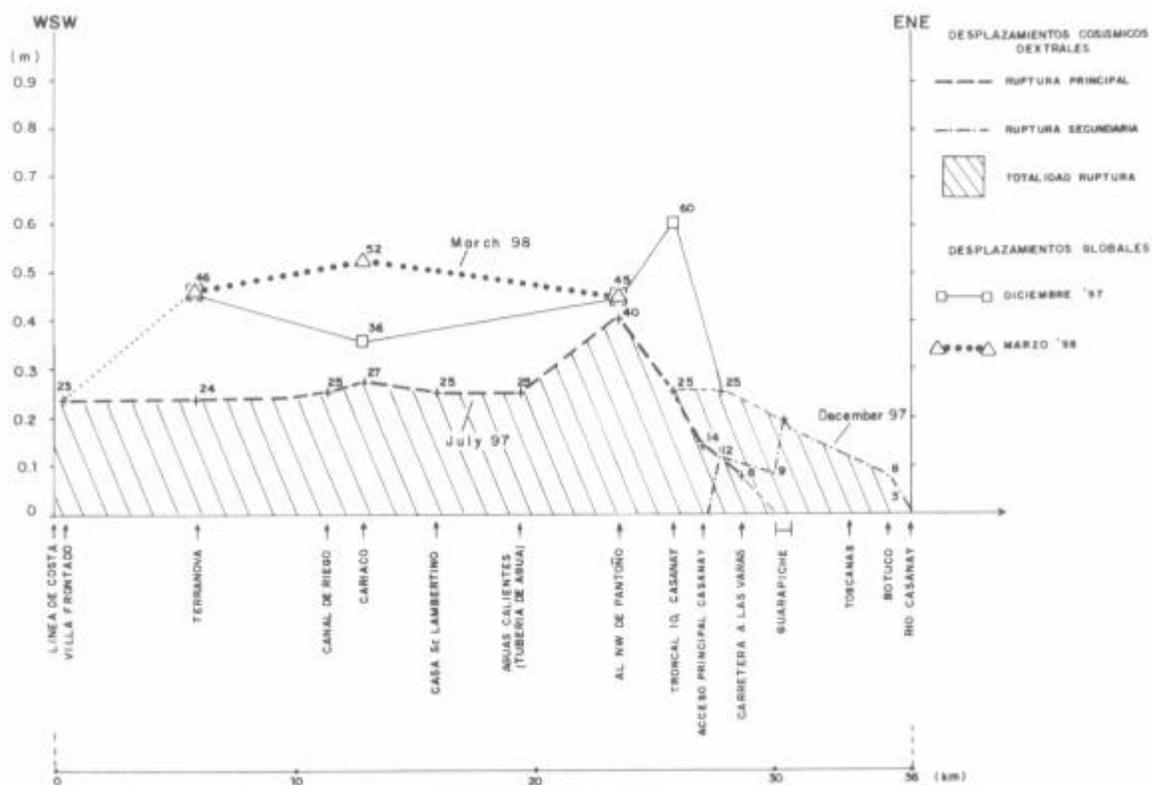


Fig. 3 Distribución de los desplazamientos dextrales puros medidos a lo largo de la ruptura de superficie del sismo de Cariaco de 1997: La zona sombreada identifica la fracción cosísmica, mientras el resto corresponde al “after-slip”.

- Al Oeste de Terranova, la traza de la ruptura ubicada al norte de la carretera desaparece, para reaparecer al sur de la misma en cercanía al caserío (**Fig. 1**). Entre estas dos trazas, se pudo apreciar grietas abiertas de forma ojival orientadas N 125°, en dos caminos de tierra de acceso muy local hacia el norte. Adicionalmente, al Sur de la carretera nacional y en las inmediaciones al Oeste de Terranova, se observó un sistema de grietas de tracción con abertura de 88 cm en la dirección N 075° (dirección según la cual había perfecta correspondencia entre ambos labios de la grieta). Estas grietas resultan de la transtensión localizada en la zona de relevo o solape dextro entre las dos trazas antes mencionadas, como consecuencia de la cinemática (dextral) de la falla. Es de hacer notar la perfecta concordancia entre la orientación de este segmento y la dirección de abertura de las grietas antes descritas.

- En Terranova, la ruptura se localiza claramente en la carpeta asfáltica de las dos calles de orientación norte-sur del pueblo. El primer sitio de corte está cerca del módulo policial, mientras el segundo está unos metros al norte de la iglesia del pueblo (**Foto 4**). En julio de 1997, el desplazamiento cosísmico dextral horizontal en esta última localidad fue medido en 24 cm, mientras el mismo brocal presentaba 46 cm en diciembre del mismo año (**Fig. 3** y **Foto 5**). Más al Este, la ruptura se ubica en la carretera nacional a menos de 1 km de Terranova, para luego pasar al Norte de la carretera para confundirse con el trazado bastante rectilíneo del río Cariaco (**Fig. 1**). En la carpeta asfáltica, la ruptura tiende N 095° y los "R" están N 110°.

- En el sector suspendido del Canal de riego de Cariaco, la ruptura cosísmica se observó desplazando el alineamiento del canal de concreto en unos 25 cm, aproximadamente a 1 km al Oeste del puente sobre la troncal 9 (**Figs 1** y **3**). Igualmente se apreciaron grietas R en échelon muy discretas en el terraplen de la carretera de tierra paralela al canal, orientadas N 115° con una tendencia general este-oeste (orientación general de la ruptura). Dos tramos cortos del canal colapsaron más adelante, pero por falla de los pedestales. El desplazamiento no pudo ser revaluado posteriormente por el desmantelamiento del canal.

- En la calle de acceso a la sede abandonada de los Bomberos Forestales de Cariaco, la ruptura cruza la calzada en dirección de Las Manos, aunque la expresión de la ruptura está distorsionada por efectos de lateral spread que desplazaron la calzada horizontalmente hacia una quebrada ubicada al Este.

- En las Manos, la ruptura fue apreciada en varios sitios: a)- en la troncal 9 al sur de la entrada sur de Cariaco y en el patio asfaltado de una ferretería-agropecuaria, siendo probablemente la localidad microtectónica más espectacular, donde se apreciaron Riedels sintéticos dextrales conectados por pliegues en los solapes transpresivos (**Fig. 2**), pliegues cónicos "en échelon", grietas de tracción "en échelon", grietas de tracción dispuestas en cola de caballo distensiva, entre otros. Por otra parte, la cerca de este negocio, a nivel del portón principal, presentó un desplazamiento cosísmico de unos 27 cm en la semana posterior al evento, incrementando su valor paulatinamente a 36 cm en diciembre 97 y a 52 cm en Marzo 98 (valor que se ha mantenido hasta la fecha –enero 99-; **Fig. 3**); b)- en la vía de acceso a Las Manos por el norte, se observó la ruptura dos veces cortando vías de tierra, en ambos extremos de un lomo de presión sobre el cual está asentado el tanque de agua en concreto de dicha población. La ruptura prosigue al pie de dicho lomo de presión, previamente mapeado por Funvisis (1994), entre ambos cruces antes mencionados. Antes de cruzar una intersección en "X" de dos carreteras (una de tierra y la otra asfaltada), la ruptura atraviesa por la esquina de una casa con corral de chivos y ésta igualmente afectó una tubería de aguas limpias, así como la carpeta asfáltica; y c)- más al Este y aún en el asentamiento Las Manos, la ruptura despega las losas de concreto del piso de una cancha de basquetbol, antes de atravesar las instalaciones del IAN.

- En la propiedad del Sr. Angel Berroterán, la ruptura -constituida por fracturas R (Riedels sintéticos) dispuestas "en échelon"-, separa un lomo lineal al Norte de una laguna de falla al Sur (sitio evaluado paleosísmicamente por intermedio de una trinchera). El lomo lineal domina la planicie aluvial del Norte, en más de una decena de metros.

- Antes de llegar a la hacienda San Miguel del Sr. Miguel Lambertino, la traza evaluada cruza una zona llana cercana a un canal de riego, presentando la típica disposición de Riedels sintéticos "en échelon".

- En la hacienda San Miguel, en donde el Instituto de Cartografía Nacional tiene instalados puntos geodésicos del Proyecto CASAS, la ruptura cosísmica afectó la estructura aporticada de la esquina noreste de la casa, sin desplome alguno. El desplazamiento cosísmico fue medido en 25 cm en base a la separación de dos losas de la acera periférica de la casa (**Fig. 1**). En esta localidad, la ruptura sube la ladera norte en diagonal hasta llegar al tope de la loma donde está asentada la vivienda, para luego volver a descender por la misma ladera diagonalmente (la traza no se encuentra al pie del relieve). Al Sur de dicha loma, aparecen

indicios geomórficos de otras trazas potencialmente activas de la falla de El Pilar, evidenciadas por lomos lineales y lagunas de fallas.

-Más al Este, la ruptura se observa cruzando longitudinalmente una laguna de falla (sag pond) en proximidad al portón de entrada de una hacienda, para luego cruzar la troncal 10 de WNW a ESE, cortando la tubería de aguas blancas soterrada de 20", ubicada al Sur de la carretera. Dicho tubo fue claramente traccionado y seccionado por dos grietas de tracción -T- "en échelon", orientadas N140°. Posteriormente, pasa tangente por el Sur de las viviendas de la familia Flores, en el caserío de Carrizal de la Cruz, según una orientación N 105°, para adentrarse cerro arriba en forma diagonal a la ladera de exposición norte, hasta ubicarse a nivel de una trinchera de falla en el punto más alto. En el poblado, la ruptura, representada por grietas de tracción (**Foto 6**), está asociada a un microescarpe de exposición sur (contraria a las estribaciones septentrionales de la Serranía del Interior) de unos 70 cm de alto (localidad posteriormente evaluada paleosísmicamente por medio de una trinchera).

- Aún más al Este, vuelve a cortar la troncal 10 en dirección oeste-este, así como la tubería de 20" de aguas blancas soterrada al sur de la vía. En este sitio, el tubo fue sometido a un fuerte acortamiento, hasta la ruptura (**Foto 7**). El desplazamiento dextral medido sobre la tubería es del orden de unos 25 cm (**Figs. 1 y 3**). Cruzada la vía, la ruptura corta la ladera de exposición norte a media altura, hasta alcanzar el nivel de las piscinas de travertino, ubicadas más bajo en la Hda. Aguas Calientes.

- Desde este sitio, la ruptura pasa tangente a la Laguna de Buena Vista por el Sur, a nivel de las piscinas de travertino ubicadas sobre el escarpe de la falla de El Pilar. Estas formaciones carbonáticas fueron casi totalmente destruidas por deslizamientos rotacionales y caída de bloques, que permitieron la formación de un flujo blanquecino o lechoso con forma de mano que se adentró en la Laguna de Buena Vista.

- Más al Este pero aún al NW del poblado de Aguas Calientes, una parcela desprovista de vegetación y recién-cercada para el momento del sismo, pero cuya ubicación exacta se desconoce, permitió la única observación de un sistema de fracturas R dispuestas "en échelon" (**Fig. 2**), desde el helicóptero, en esta zona que permanece anegada y bajo densa cobertura de pastizales o juncos.

El Balneario La Piragua, al Norte de Aguas Calientes, muy a semejanza de las piscinas de travertino, fue profundamente afectado por el sismo. Un sistema de grandes grietas de tracción "en échelon" con movimientos verticales del orden de 0,5 m atraviesan una plantación de cocoteros, así como una piscina con acabado de bloques, según una tendencia N 110°. Es tal la deformación –la cual no creemos resulte totalmente de la ruptura en sí, sino que está amplificada por movimientos del tipo lateral spread-, que ha imposibilitado la identificación de un marcador confiable para establecer el desplazamiento cosísmico. Es probable que en esta localidad haya ocurrido el máximo desplazamiento cosísmico, pero no es cuantificable (Algo al Oeste de Pantoño). Debemos señalar que, cuando el sitio fue visitado por primera vez al final de la tarde del día martes 15 de julio de 1997, la piscina estaba totalmente seca; pero el agua estaba fluyendo normalmente otra vez a la mañana siguiente en horas del mediodía. Es decir que el flujo se normalizó casi una semana después del sismo. La mesa de agua en este sitio está actualmente a unos 0,5 m de profundidad.

- Al Norte de Pantoño, en una vía rural orientada NNE y a 1,5 km al norte de la intersección con la troncal 10 (ubicada justo al lado de la entrada sur del pueblo de Pantoño), la ruptura cruza la carretera a nivel de una alcantarilla por la que fluye una pequeña quebrada. El desplazamiento cosísmico medido en julio 97 era de unos 40 cm a nivel de la carpeta asfáltica (**Fig. 1 y Foto 8**); valor que aumentó hasta 45 cm en diciembre 97 y se ha estabilizado (**Fig. 3**, Máximo valor observado). Desde ese punto, la ruptura puede ser seguida hacia el Este a través del fogón de una vivienda de bahareque y del traspatio. La ruptura parece correr cercano al curso de un riachuelo de orientación este-oeste, el cual puede estar controlado por la traza de la falla de El Pilar. Los moradores de esta vivienda indicaron que la "grieta o raja en la tierra" venía abriéndose desde el Este (observación más oriental en este respecto).

- En Casanay, esta traza de ruptura cosísmica está evidenciada en cuatro sitios: a)- la troncal 10 (carretera Casanay-Carúpano), entre los dos accesos asfaltados de la población de Casanay, está cortada por dos Riedeles sintéticos dextrales que desplazaban la carpeta asfáltica en 8 y 17 cm, totalizándose 25 cm en este sitio para julio 97 (**Fig. 1**). El mismo sitio fue visitado posteriormente en diciembre 97, midiéndose 60 cm (**Fig. 3**); valor que se ha mantenido estable. En esta localidad, un accidente automovilístico con saldo de un muerto y un herido ocurrió en la noche del sábado 01-11-1997, a consecuencia del desplazamiento lateral dextral de la línea central divisoria de la vía; b)- la avenida principal dividida de acceso a Casanay por el Sur muestra sus brocales desplazados en 14 cm (**Fig. 1**); valor que se ha mantenido invariable; c)- una reciente

invasión en el sector sur del área poblada de Casanay está cruzada por la ruptura en dirección este-oeste, donde está expresada por un sistema de cizallas R “en échelon” muy prominente. La ruptura cruzó varios ranchos, sin tumbarlos, y ocasionalmente aprovecha el curso de una quebrada (drenaje alineado de orientación este-oeste que parece evidenciar la posición de la falla); y d)- la ruptura cosísmica pasa levemente al Norte del



1



2



3



4



5



6

7



8

tanque de concreto de suministro de agua del poblado. Esta información fue suministrada a la Alcaldía respectiva para fines de planificación urbana (Audemard, 1997c).

- En la carretera asfaltada Casanay-Las Varas, la ruptura desplaza la carpeta asfáltica en 8 cm (**Fig. 1 y 3**). Al este de esta carretera, la ruptura, aún representada por el sistema de fracturas Riedeles sintéticos "en échelon" (**Fig. 2**), cruza longitudinalmente un maizal, instalado en lo que aparenta ser una trinchera de falla, el cual contiene un pequeño "sag-pond" (laguna de falla) en su parte más profunda. Esta es la última localidad donde pudo ser apreciado este segmento o porción de la ruptura. No obstante, podemos precisar que ésta no puede proseguir mucho más en dirección al Este, puesto que no se observó indicios de ruptura cosísmica en el camino de recuas que conecta Guarapiche y Alto Sucre; ubicado en el orden de 2 km al Este de Las Varas (**Fig. 1**).

2) Entre los poblados de Casanay y Río Casanay: esta segunda porción de la ruptura es discontinua y con una geometría general en forma de boomerang con convexidad hacia el Norte. Se ubica en posición más septentrional con respecto a la otra, bifurcándose de ésta dentro de la población de Casanay según una dirección ENE y extendiéndose hacia el Este hasta Río Casanay, por unos 10 km (**Fig. 1**). En general, la ruptura está compuesta por segmentos cortos, de unos pocos cientos de metros de longitud, dispuestos "en échelon" con solapes o relevos senestros; en los cuales aparecen rasgos compresivos, siendo el ejemplo más representativo el cerro vecino a Guarapiche por el Oeste, que no es más que un lomo de presión ("pop-up").

En Casanay, la ruptura secundaria puede ser seguida a través de calles y viviendas, desde dos cuadras al Norte de la Plaza Bolívar hasta un pre-escolar ubicado en el sector NE del poblado. En su camino, la ruptura destruyó casas (cabe mencionar la del Prof. Ramón Pérez, en la calle Araure) y deformó aceras, brocales, portones, muros o cercas y eventualmente losas de piso. Los desplazamientos cosísmicos dextrales medidos varían entre 6 y 12 cm (**Foto 9**), sin componente vertical apreciable (**Fig. 3**). Esta traza pudo ser cartografiada hasta la margen sur del río Casanay, en cercanía de un botadero de basura y escombros; de donde desaparece bajo parcelas cultivadas asentadas en la llanura aluvial de este río, sobre una longitud del orden de 1 km, hasta reaparecer al pie del flanco sur del cerro de Guarapiche, en su extremidad SW, donde la ruptura exhibe todos los rasgos estructurales característicos antes descritos (**Fig. 2 y Foto 10**).

En el cerro de Guarapiche, la ruptura reaparece más al Este en posición diametralmente opuesta; es decir en el flanco norte y extremidad nororiental, dentro de la propiedad del Sr. Abundio Martínez, donde se excavó posteriormente una trinchera con fines de evaluación paleosísmica. En este sitio, la ruptura igualmente aparece al pie del pop-up de Guarapiche y progresivamente se aleja del mismo hacia el ENE, presentando su característica estructura en el detalle (fracturas R "en échelon"; **Fig. 2 y Foto 11**) y ocasionalmente colas de caballo distensivas en las extremidades de las fracturas R (**Foto 12**). La ubicación seleccionada para la trinchera se caracteriza por un pequeño escarpe de exposición contraria a la ladera norte del cerro de Guarapiche y a una decena de metros del mismo; el todo funcionando como un pequeño lomo de obturación con laguna de falla asociada. Hacia el Este, la traza de la ruptura pudo ser fácilmente seguida a través de las calles y viviendas del poblado de Guarapiche (**Foto 13**), mismo que la ruptura cambia paulatinamente de rumbo, adquiriendo una forma arqueada con convexidad hacia el Norte (**Fig. 1**). El máximo desplazamiento cosísmico dextral medido dentro de Guarapiche fue de 20 cm; constituyendo así el valor máximo observado para este segmento secundario de la ruptura (**Fig. 1**). Fueron notables los daños sufridos por la vivienda aporricada de la Sra. Miriam Ruiz, aunque los desplazamientos horizontales medidos sólo fueron de 15 cm.

La observación de la traza de la ruptura al Este de Guarapiche fue un tanto difícil y sólo se apreció por tramos muy cortos, hasta la población de Río Casanay, donde la ruptura se amortigua en el cementerio de esa población. Cabe describir las siguientes localidades:

- Al Este de la Alfarería de Guarapiche y al Sur de la carretera asfaltada de Guarapiche-Río Casanay, donde se observó un sistema de fracturas R "en échelon" (**Fig. 2 y Foto 14**), sobre una distancia de 10 m.

- En camino de tierra a unas decenas de metros al Sur de la carretera asfaltada Guarapiche-Río Casanay y a 1 km al Oeste de Las Toscas, se observó un sistema de grietas R de dirección N100°, afectando

de Oeste en Este al camino de tierra, un corral de chivo techado con paja y contíguo al camino y por último un cañaveral; el todo mostrado por el propietario de la parcela.

- En el poblado de Botuco, la ruptura pudo apreciarse sobre una longitud superior al kilómetro en dirección WSW-ENE (**Fig. 1**), aunque de manera esporádica: a) al pie de la ladera norte de un lomo de presión, sobre el que está construida la vivienda del Sr. Oscar Moya, se observaron fracturas R; b) hacia el Este, a unas decenas de metros al SE de la intersección de la carretera Botuco-Blanco Lugar con el camino de tierra de la escuela rural de Botuco, se apreció que ambas paredes –hechas de pocas hileras de bloques de cemento- de un corral de pollo de orientación submeridiana estaban flexurada en 7,5 cm en forma dextral (**Fig. 3**); c) prosiguiendo hacia el Este, varias viviendas construidas en el lote Buena Ventura del Sr. Demetrio Moya fueron deformadas –y algunas de ladrillo fueron fuertemente afectadas, requiriendo su posterior demolición- por un sistema de Riedeles sintéticos dextrales de orientación N 090 a 100°, según una tendencia general N080°. Una vivienda de bahareque fue deformada plásticamente en unos 7 a 8 cm, según un movimiento horizontal puro (**Foto 15**); y d) más al Este de esta vivienda módica, las fracturas -con el patrón consistente descrito numerosas veces a lo largo de la ruptura (**Fig. 2**)- pudo observarse aún por varias decenas de metros en la superficie del terreno, a lo largo del flanco norte de una loma alargada de dirección WNW-ESE, que muy bien podría ser otro lomo de presión a lo largo de la falla de El Pilar.

- Por último, la ruptura pudo ser observada afectando las paredes y tumbas del cementerio de Río Casanay, ubicado al Oeste del pueblo, así como una casa ubicada a nivel de la esquina NE de dicho cementerio. El valor de desplazamiento cosísmico observado no supera los 3 cm (**Fig. 3** y **Foto 16**). En la carretera de acceso al cementerio, es difícil observar la ruptura, aunque la misma es de concreto; material de comportamiento muy frágil que debería haber registrado muy bien el paso de la ruptura. La búsqueda de la expresión superficial del sismo se realizó hasta la población de Nueva Colombia, sin ninguna evidencia de la misma en este tramo final, así como de moradores que nos hubiesen indicado con respecto a su presencia.

DISCUSION E INTERPRETACION

Las observaciones geológicas de superficies son contundentes en cuanto al carácter dextral puro del movimiento cosísmico. Por otra parte, la consistencia y persistencia en el aspecto de la ruptura en el detalle – conformada por un sistema de grietas Riedeles sintéticos dextrales dispuestas “en échelon” y restringidas a una banda de ancho generalmente inferior a los 5 m (**Fig. 2**)- a todo lo largo de la misma, sobre una distancia de unos 36 km, atestiguan que es un único rasgo. Igualmente, podemos indicar que la complejidad de la traza de la ruptura en superficie entre Casanay y Río Casanay refleja fielmente la complicación estructural de la traza activa de la falla de El Pilar, antes descrita por Funvisis (1994), donde la falla se subdivide en varias ramas subparalelas activas que eventualmente se anastomosan.

Con respecto a la longitud total de la ruptura cosísmica, pensamos que los 36 km no representan la totalidad de la ruptura ya que la extremidad occidental de su traza cartografiada se inicia en la línea de costa en el poblado de Muelle de Cariaco. En este sitio el desplazamiento cosísmico medido fue de 23 cm; valor que se mantuvo relativamente uniforme entre Muelle de Cariaco y Carrizal de La Cruz (**Fig. 3**; curva de julio 97). En consecuencia, es razonable proponer que parte de la ruptura está en el mar por unos 15 km de longitud, en la plataforma del Golfo de Cariaco, permitiendo así la atenuación del desplazamiento cosísmico hacia esa extremidad. Por otra parte, explicaría los daños considerables presentes tanto en Chiguana como en San Antonio del Golfo; éste último ubicado a unos 15 km al Oeste de Muelle de Cariaco. Esta interpretación es corroborada por la distribución de las réplicas superficiales (con $h < 3-4$ km) al sismo de Cariaco (Romero et al., 1998 y Schmitz et al., 1998). En lo concerniente a su prolongación hacia el Este, la expresión superficial de la ruptura observada coincide muy bien con la distribución epicentral de las réplicas más superficiales (con $h < 3-4$ km) en esa extremidad; por lo tanto discrepamos de Pérez (1998a y b) en que la ruptura superficial se extendió hasta la población de El Pilar. En consecuencia, pensamos que la longitud total de la traza de la ruptura cosísmica debe aproximarse a los 50 km, lo cual permite atribuir el sismo de Cariaco de 1997 a la ruptura de un área del orden de unos 550 a 700 km² sobre el plano de la falla de El Pilar, puesto que las réplicas (con $h < 10$ km) se extienden sobre una longitud de ese orden (70 km). Tal área

de ruptura parece estar en buena concordancia con un sismo de magnitud Ms 6,8, basándose en la relación empírica de Utsu & Seki (1954).



9
12



10
13



11
14



15



16





Por otra parte, al analizar la figura 3, se desprende que:

1)- la ruptura tiene asociada una moda en el valor del desplazamiento cosísmico de unos 25 cm que es bastante frecuente y común a la casi totalidad de la ruptura, a excepción del sector de Pantoño donde se aprecian los valores máximos; esto si se adiciona los desplazamientos de las dos rupturas individuales al Este de Casanay (refrirse al área rayada de dicha figura);

2)- el desplazamiento cosísmico máximo observado coincide bastante bien con la localización epicentral del evento principal del 09 de julio de 1997, ubicada al NW de Pantoño;

3)- la distribución del desplazamiento cosísmico a lo largo de la ruptura cosísmica muestra una rápida atenuación del mismo hacia el Este de Pantoño en comparación con los valores al Oeste de Pantoño, sugiriendo que la propagación de la ruptura presenta una clara unidireccionalidad hacia el Oeste (o una fortísima asimetría si se le considera bidireccional), como indicado por muchos moradores –encuestados desde Pantoño hasta Cumaná-, que identificaron el ruido proveniente desde el Este y señalaron que la abertura de las grietas se hacía desde el oriente. En este respecto, diferimos de Pérez (1998a y b), quien afirma que la ruptura es bilateral, lo cual atribuimos a la excesiva extensión de la ruptura hacia el Este que dicho autor pretende reportar, sin pruebas tangibles.

4)- el desplazamiento cosísmico observado es muy inferior, del orden de la mitad, con respecto a lo que predicen las relaciones empíricas para un sismo de tal magnitud sobre fallas transcurrentes (0,8 a 1,0 m). Aún no está claro que representa la abertura de las grietas de Terranova, aunque es de ese orden.

5)- el desplazamiento post-sísmico máximo (“after-slip”) en la región epicentral es significativo; aproximadamente con un valor similar al desplazamiento cosísmico (“coseismic slip”). Adicionalmente, podemos observar que está desfasado hacia el Este con respecto al máximo desplazamiento cosísmico observado. Pérez (1998a y b) interpreta la ocurrencia de “after-slip” como consecuencia de la espesa secuencia de sedimentos atravesada por la falla, lo cual no puede ser considerado del todo correcto puesto que la falla está esencialmente cortando las estrabaciones septentrionales de la Serranía del Interior, que está compuesta por rocas sedimentarias cretácicas bien consolidadas; aunque puede ser una causa subordinada. Pensamos que dicho desplazamiento post-sísmico tan significativo resulta más bien de la presencia de la curvatura transpresiva de Casanay-Guarapiche que dificultó el libre deslizamiento de los dos bloques yuxtapuestos por la falla de El Pilar, estando la falla parcialmente bloqueada (“partly-locked”). Es posible que el desplazamiento total final se acerque a un valor de unos 80-90 cm, si se toma en consideración la abertura de las grietas de tracción al Oeste de Terranova.

La nucleación de este sismo de Ms 6,8 como su unidireccionalidad (o bidireccionalidad asimétrica), están claramente condicionadas por la gran curvatura transpresiva que presenta la falla de El Pilar entre los poblados de Casanay y Guarapiche; cuya expresión superficial corresponde con el cerro de Guarapiche, ubicado al Oeste de dicha población. Esta doble inflexión de la traza de la falla de El Pilar, que se opone al movimiento transcurrente dextral de la misma, es un sitio ideal tanto para la acumulación de esfuerzos como

para la formación de una barrera geométrica a la propagación de la ruptura. A título comparativo, le mostramos la similitud del sismo de Erzincan de 1939 sobre la falla noranatoliana, en cuanto a: ubicación epicentral, geometría general y monodireccionalidad de la ruptura, mecanismo focal del sismo y distribución asimétrica del desplazamiento cosísmico a lo largo de la ruptura (**Fig. 4**).

Por otra parte, la información sismológica registrada por el grupo RESICA permite aportar nuevos datos sobre la estructura profunda de la falla. Tanto el sismo principal como las réplicas se ubican esencialmente al Norte de la ruptura de superficie, definiendo un plano de buzamiento norte entre 60 y 70° (Romero et al., 1998 y Schmitz et al., 1998), lo cual está en perfecta concordancia con el mecanismo focal propuesto por Funvisis et al. (1997); y estando en discrepancia con otros mecanismos propuestos que definen un plano nodal vertical a subvertical de elevado buzamiento sur para la falla de El Pilar (Harvard; Pérez 1998a y b, entre otros). Esto sugiere que la falla de El Pilar parece ser una estructura joven que reactiva en transcurrencia dextral a fallas inversas de la precedente etapa colisional oblicua.

Adicionalmente, este sismo parece pertenecer a una secuencia sísmica ya que rompe el segmento sismogénico contíguo al correspondiente al del sismo del 17 de Enero de 1929. En dicha ocasión, la falla de El Pilar rompió desde los cerros de Caigüire hacia el Este, por unos 30 km (4 km en tierra y el resto en mar, hasta las proximidades de San Antonio del Golfo; según Mocquet *et al.*, 1996). Ambas rupturas parecen completar la longitud total de un segmento bastante rectilíneo de la falla de El Pilar, que se extiende entre dos grandes “barreras” geométricas transpresivas (el relevo transpresivo de los cerros de Caigüire y la curvatura transpresiva de Casanay-Guarapiche). Dichas barreras, por lo menos la de Guarapiche, se comportan como “Barreras que fugan” (Leaking barrier), puesto que permiten la propagación de la ruptura hacia un segmento contíguo. Más aún, pareciese que este evento completa una ruptura iniciada por el sismo de Casanay del 01 de junio de 1974, cuya ruptura superficial fue apenas visible en algunos sectores aledaños a Guarapiche, y en particular al pie del flanco norte del cerro de Guarapiche en la propiedad del Sr. Abundio Martínez, tal como lo señaló dicha persona (Martínez, com. per., 1998). Tal geometría de la traza de la falla hubiese permitido postular que dicho segmento se hubiese podido comportar como un único segmento sismogénico (Cumaná-Casanay; Funvisis, 1994), pero la actividad sísmica de eventos de magnitud 6+ ocurrida en este siglo (17/01/1929, 01/06/1974 y 09/07/1997) parece indicar lo contrario; por lo menos en algún eslabón de su ciclo sísmico.

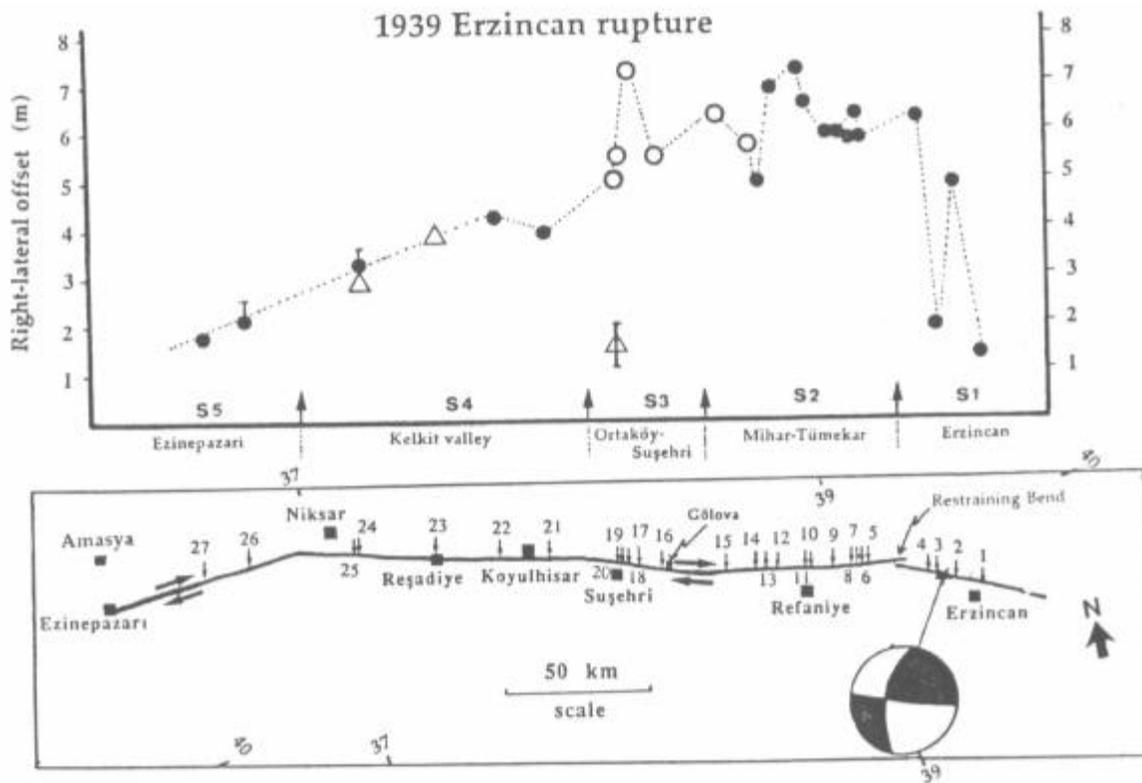


Fig. 4 Distribución de los desplazamientos dextrales puros medidos a lo largo de la ruptura de superficie del sismo de Erzincan de 1939 (según Barka, 1996). Comparar con figuras 1 y 3 simultáneamente.

CONCLUSIONES

El reconocimiento de campo permite atribuir el sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997 a la falla de El Pilar sin lugar a duda, y muy particularmente a un segmento de la misma con expresión superficial en tierra entre los golfos de Cariaco y Paria sobre una longitud de unos 40 km entre las poblaciones de Villa Frontado (Muelle de Cariaco) y Río Casanay. La traza general de la ruptura está orientada N 75° E y no es sencilla, puesto que presenta tres discontinuidades geométricas: a) un solape dextro a nivel de la población de Terranova (relevo distensivo representado por grietas de tracción de dirección NW-SE y abertura de hasta 88 cm); b) un salto senestro entre Casanay y Guarapiche, a nivel de una curvatura compresiva mayor de la traza de la falla de El Pilar; y un salto dextro entre los caseríos de Las Toscanas y Botuco. El desplazamiento cosísmico es fundamentalmente horizontal dextral, sin componente vertical visible, siendo máximo en Pantoño (40 cm a sólo cinco días después del sismo) y una moda que oscila entre 20 y 25 cm entre Villa Frontado y Casanay. No obstante, cinco meses después, el desplazamiento máximo es de unos 60 cm en la troncal 10, al Oeste de Casanay; implicando un importante relajamiento post-sísmico que debe estar relacionado con la presencia de la fuerte curvatura compresiva de Casanay-Guarapiche, que dificulta el libre deslizamiento entre los bloques contiguos yuxtapuestos por la falla de El Pilar. Es muy probable que el desplazamiento no haya aún concluido, ya que debería acercarse a los 88 cm observados cerca de Terranova. En el detalle, la ruptura es generalmente inferior a unos 4 m de ancho y se expresa por una sucesión de Riedel sintéticos (R; dextrales) dispuestos oblicuamente "en échelon", en ocasiones conectados por pequeños abombamientos dispuestos ortogonalmente a nivel de los solapes de las fracturas R. La falta de amortiguamiento en el desplazamiento cosísmico a nivel de Villa Frontado hace presagiar que parte de la ruptura se extiende hacia el Oeste (hasta San Antonio del Golfo), estando sumergida en el fondo del golfo de Cariaco, lo cual está en perfecta concordancia con la distribución espacial de las réplicas superficiales. La propagación de la ruptura, según los moradores de la región, ocurrió básicamente hacia el Oeste (unidireccionalidad de la propagación o bidireccionalidad altamente asimétrica), lo cual es atribuible a la presencia de la fuerte curvatura compresiva antes mencionada, donde probablemente igualmente nucleó este evento. El sismo de Cariaco resulta de la ruptura del segmento inmediato vecino al Este del correspondiente al sismo del 17 de Enero de 1929 y parece completar la ruptura iniciada con el sismo de Casanay del 12 de junio de 1974, con ruptura superficial de poca extensión y localizada en las inmediaciones de Guarapiche.

Para concluir, podemos señalar que la ruptura de superficie asociada al sismo de Cariaco del 09 de Julio de 1997 corresponde bastante bien a la cartografía de la traza activa de la falla de El Pilar realizada por el Departamento de Ciencias de la Tierra de Funvisis en base a criterios geomórficos de fallamiento activo, en el marco de un contrato de servicios (Intevp 92-175) para la industria petrolera nacional.

AGRADECIMIENTOS

Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento, en primer lugar, a todos los moradores de la región afectada por la colaboración prestada en procura de la identificación y localización de la ruptura de superficie; *la raja* para ellos. Por otra parte, queremos agradecer a la Industria Petrolera Nacional por facilitarnos el uso por dos días consecutivos de uno de sus helicópteros contratados, así como al apoyo logístico del Centro de Sismología de la UDO y de la Dirección de Obras Públicas del Estado Sucre; a este último instituto en particular por la ayuda incondicional del Sr. Jermis Garcia y de su siempre presto vehículo. En Funvisis, quiero reconocer la colaboración prestada por los siguientes profesionales en las labores de campo: Ings. Luis Acosta y Feliciano de Santis, Dr. Michael Schmitz y Lic. Rogelio González; y en las largas discusiones profesionalmente fructíferas: Geom. André Singer, Gloria Romero, José Antonio Rodríguez y Herbert Rendón. En tal sentido, también deseo reconocer la colaboración prestada por los Drs. Antoine Mocquet de la Universidad de Nantes y Rolando Armijo del IPG de Paris.

REFERENCIAS CITADAS

- Audemard, F. A. (1997a) Preliminary Geological Report on the Cariaco Earthquake July 09, 1997, Venezuela. *Incede Newsletter* (6)2: 7 (*incorrectamente asignado a Juan Murria*).
- Audemard, F. A. (1997b) 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. (1997c) Ruptura de superficie a lo largo de la falla de El Pilar en asociación al sismo de Cariaco del 09/07/97: implicaciones para la planificación urbana de Casanay. *FUNVISIS. Informe inédito para la Alcaldía del Mpio. Andrés Eloy Blanco*. 3 pp + 1 anexo.
- Barka, A. (1996) Slip Distribution along the North Anatolian Fault Associated with the large earthquakes of the Period 1939 to 1967. *B.S.S.A.*, 86(5): 1238-1254.
- Beltrán, C. & Giraldo, C. (1989) Aspectos neotectónicos de la región nororiental de Venezuela. *VI Congreso Geológico Venezolano, Barquisimeto*, (3): 999-1021.
- Beltrán, C.; Singer, A. & Rodríguez, J. A. (1996) The El Pilar fault active trace (Northeastern Venezuela): neotectonic evidences and paleoseismic data. *3 ISAG, Saint-Malo, France*, 153-156.
- Dpto. de Ciencias de la Tierra de Funvisis (1997) Preliminary geological report on the Cariaco July 09th, 1997 earthquake, Sucre state, Northeastern Venezuela. *Difundido por Internet*. 2 pp.
- 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.
- Metz, H. (1968) Geology of the El Pilar fault zone, State of Sucre, Venezuela. *IV Caribbean Geological conference, Trinidad*. 293-298.
- 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. A.; 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 Mw = 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
- Philip, H.; Rogozhin, E.; Cisternas, A.; Bousquet, J.C.; Borisov, B. & Karakhanian, A. (1992) The Armenian earthquake of 1988 December 7: faulting and folding, neotectonics and paleoseismicity. *Geophys. J. Int.*, 110:141-158.
- Schmitz, M.; Romero, G.; Audemard, F. A.; 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)*.
- Utsu, T. and Seki, A. (1954) A relation between the area of aftershock region and the energy of main shock (in Japanese), *J. Seism. Soc. Jap.*, 7:233-240.

Fig.1 Ruptura cosísmica del sismo de Cariaco del 09 de julio de 1997, entre las poblaciones de Villa Frontado y Río Casanay, edo. Sucre, donde se representa los desplazamientos cosísmicos dextrales medidos, así como el mecanismo focal (modificado de Funvisis et al., 1997).