
LOS TERREMOTOS DE 1673 Y 1674 EN LOS ANDES VENEZOLANOS

CHRISTL PALME y ROGELIO ALTEZ

Entre diciembre de 1673 y enero de 1674 ocurrieron una serie de grandes temblores de tierra en los Andes venezolanos que afectaron fuertemente las zonas que para entonces pertenecían a las jurisdicciones de Mérida, Gibraltar y Trujillo. Los terremotos fueron acompañados por grandes movimientos de remoción de masa en los valles de los ríos que desaguan hacia el piedemonte noroccidental de los Andes, desde el valle del río Chama en el sur, hasta el valle del río Pocó, en el norte.

Las recopilaciones tradicionales de los sismos históricos ocurridos en el occidente de Venezuela no han dado mucha importancia a este sismo. Febres Cordero (1931) no lo menciona; Centeno Graü (1940) señala: “Enero 1674: fuertes temblores en Trujillo, se inundaron terrenos”. Fiedler (1961; 1972) tampoco reporta estos eventos; mientras que Cluff y Hansen (1969) citan a Centeno Graü. Quien le prestó cierta atención por primera vez fue Grases (1980a,b) en su catálogo de los sismos destructores que han afectado el centro y occidente de Venezuela, publicando en el anexo un documento de la época. Se trata de una carta del Vicario de Trujillo, don Vílchez y Narváez, escrita el 23 de enero de 1674, en la cual este funcionario informa con muchos detalles los daños ocurri-

dos, sobre todo en las edificaciones eclesiásticas de Trujillo. En otro trabajo, Grases (1980c) asigna las coordenadas 9,3°N y 70,64°OE al foco. Palme (1990) presenta una reevaluación de este sismo basándose en algunos documentos hasta entonces no publicados. En este trabajo se obtuvo como resultado una magnitud mayor que la estimada anteriormente. Sin embargo, se desconocía entonces la documentación referente a la destrucción causada por el terremoto en la ciudad de Mérida, lo que llevó a una estimación errónea de la ubicación del epicentro del sismo principal.

El objetivo del presente trabajo es, en consecuencia, reevaluar estos sismos, dada su importancia para el occidente de Venezuela al causar fuertes daños en las entonces más importantes ciudades de los Andes Venezolanos: Mérida y Trujillo.

Contexto Histórico

Junto con las invasiones de los piratas en las costas del Lago de Maracaibo, que tuvieron lugar en la misma época, estos eventos sísmicos fueron causantes de la difícil situación socioeconómica que vivía la región hacia el final del siglo XVII. Para obtener datos sobre los movimientos sísmicos de esos años, ha sido necesario consultar el docu-

mento *Mérida. Informaciones. Fechas a pedimento de los procuradores generales de la ciudad de Mérida en rason de la pobreza y miserable estado en que se halla toda la provincia con los trabajos y accidentes que ha padecido*, elaborado el 10 de junio de 1688, el cual descansa en el Archivo General de Indias (AGI), Audiencia de Santo Domingo, Legajo 202. Los valles más afectados por los sismos eran, precisamente, los sitios donde los vecinos de Mérida y de Trujillo tenían sus haciendas de cacao, producto que junto con el tabaco de Barinas, constituyó su mayor riqueza, hasta que esas haciendas se perdieran a consecuencia de los terremotos de enero de 1674. Ya antes Samudio (1995) señaló esta situación; sin embargo, su estudio se apoyó en la lectura de una sola pieza del documento antes citado y, por consiguiente, no cubrió la perspectiva total del contexto.

Fueron años aciagos para los Andes venezolanos, y en especial para Mérida. Empeorando las cosas, en el año 1682 se anunciaba la llegada de un “visitador de naturales” a la ciudad merideña y los vecinos de ese partido se hallaban nerviosos y preocupados ante los posibles resultados de aquella supervisión. El Visitador era un funcionario público que ha de corresponderse en la actualidad con la figura del Inspector. Su labor estaba desig-

PALABRAS CLAVE / Sismicidad Histórica / Sismología / Andes Venezolanos /

Recibido: 20/10/2001. Modificado: 06/03/2002. Aceptado: 15/03/2002

Christl Palme. **Dr. Phil., Universidad de Innsbruck, Austria. Profesora Titular, Unidad de Investigación y Educación Sismológica, Centro Regional de Investigación Humanística, Económica y Social (CRIHES), Núcleo Universitario “Rafael Rangel” (NURR), Universidad de Los Andes (ULA). Dirección: Avenida Carmona, Trujillo, Estado Trujillo, Venezuela. e-mail: cpalme@cantv.net**

Rogelio Altez Ortega. **Antropólogo, Universidad Central de Venezuela (UCV). Maestría en Historia de las Américas, Universidad Católica Andrés Bello. Profesor Instructor, Escuelas de Antropología y Sociología, UCV. e-mail: ryaltez@cantv.net**

nada por las autoridades competentes directamente desde la Casa de Contratación de Sevilla, destinándole para la supervisión del funcionamiento de las actividades en las Indias, objetivo que podría cubrir los movimientos de simples empleados públicos, así como los de los propios gobernadores o virreyes. Esta figura también ha sido manejada históricamente por la iglesia cristiana; de manera que en el período colonial, los visitadores gozaban de un amplio espectro de supervisión, extendiendo el mismo desde la vida civil hasta la religiosa, convirtiendo su presencia en un elemento de graves presiones políticas e institucionales. Esa es la razón por la cual se solicitó ante el gobernador que se tomara en cuenta “el atraso ruina y menos cavo en que se hallan todas las ciudades y poblaciones de esta gobernación...”, dando así lugar, posteriormente, a la creación del documento que descansa hoy en el legajo 202 del Archivo General de Indias y que se cita en este trabajo

La ruina de estos pueblos no solamente se originaba en los estragos causados por los terremotos de entonces, sino también por las ya mencionadas invasiones francesas, así como por la aparición de cierta epidemia responsable de la muerte de numerosas personas. La pobreza de Mérida llegó a tal extremo que no contó con la existencia de numérico para sus actividades rutinarias de intercambio comercial:

“...es tanta la pobreza que se padece en dicha ciudad y su jurisdicción y falta de plata que en lo general y comun se padece que para ver de comprar el sustento necesario se valen de trocarse unos generos por otros cosa que jamas se a estilado de que se fundo esta ciudad hasta estos tiempos que si no fuera por esta introducción que se a entablado los mas de los vecinos perecieran por faltarles el dinero con que proveerse de dicho sustento.” (*Interrogatorio*, f. 2v).

Graves resultaron las incursiones de los piratas franceses desde Maracaibo; además de derrochar su comportamiento habitual y atacar objetivos preciados en la región, significaron también un elemento determinante de la crisis económica, sólo por el hecho de obligar a que se realizara el esfuerzo de enfrentarlos:

“...los vecinos en medio de su pobreza an contribuydo lo que an podido para ayuda de la fortificación de los castillos de la barra y así mismo an acudido en las ocasiones en que se an ofrecido a su costa a los puertos de la laguna de Maracaibo al socorro y rechace de los piratas que en diferentes ocasiones los han invadido...” (*Idem*, f. 4v).

Es sabido que la segunda mitad del siglo XVII significó la posibilidad de asumir un protagonismo determinante para la ciudad de Mérida. Su crecimiento económico le permitía competir políticamente con Maracaibo, capital de la provincia. En esa dirección, quizás, se estaba desplazando, cuando todas estas desgracias le sorprendieron. Ya desde comienzos de los años cincuenta las cosas no se presentaban afortunadas para los andinos: una peste causó gran cantidad de muertes en Gibraltar, pereciendo vecinos y mano de obra esclava (véase el folio 61 del documento citado).

Mérida habría de esperar más de un siglo para recuperarse de esta crisis y volver a calzar los puntos necesarios para competir con su rival Maracaibo, a quien, precisamente por sus mejores atributos, desplazaría como sede de obispado, comenzando a ostentar la silla episcopal desde 1777.

La grave coyuntura que enfrentarían las ciudades andinas venezolanas debido a los terremotos ya mencionados, comenzaba el 8 de diciembre de 1673. Juan Vílchez y Narváez, desde Trujillo, lo verificaría así al Obispo de Venezuela el 23 de enero de 1674:

“...las agonias, sustos y miserias que le causan los repetidos temblores de tierra de cuyos principios tengo antes de agora dado noticia a vuestra Señoría Ilustrísima empearon a coger fuerza a los ocho de diciembre a las quatro de la mañana que hubo uno tan excesivo que causo mucha inquietud a esta ciudad...” (*AGI, Audiencia de Santo Domingo, legajo 218*).

Principales Fuentes de la Información Histórica

Los detalles sobre los efectos devastadores de estos temblores descansan sobre los documentos citados del Archivo General de Indias (legajos 202 y 218 de la Audiencia de Santo Domingo), así como también en los legajos 217 (de la misma Audiencia) y los números 6 y 30 de la Audiencia de Santa Fe, ambos documentos relativos a Barinas; asimismo, en los *Juicios de residencia en la provincia de Venezuela (1673-1677)*, publicados por la Biblioteca de la Academia Nacional de la Historia, y en la Sección Tierras del Registro Principal de Trujillo. En la recopilación documental de la visita del obispo Mariano Martí (1989) aparecen algunos detalles complementarios al respecto. Palme (1990; 1993) inicia la mirada crítica sobre estos eventos que, ineludiblemente, han necesitado de una segura reevaluación; en otra oportunidad, y atendiendo a otros objetivos, Samudio (1995; 1999) ha pre-

sentado parcialmente algunos detalles del legajo 202 antes mencionado, pero sin acercarse a razonamientos sismológicos. Rojo (1998) menciona por primera vez las repercusiones que han tenido los movimientos sísmicos sobre el proceso económico-social en Trujillo. Finalmente, en el catálogo de Grases *et al.* (1999), se publican transcripciones literales de los documentos en cuestión, dejando clara la importancia de estos eventos para la historia sísmica de Venezuela.

Efectos Macrosísmicos

Distribución temporal

Según el documento de Vílchez y Narváez, la actividad sísmica empezó el 8 de diciembre de 1673 a las 4 am; siguieron temblores los primeros días de enero de 1674, resaltando el del 10 de ese mes a las 10 pm, el 16 de enero a las 3:30 pm y a las 9:00 pm. De acuerdo con el testimonio de Vílchez y Narváez, el de las 3:30 fue el más fuerte de todos. El 23 de enero se reportan otros dos temblores grandes. En El Tocuyo, según una carta del 18 de enero de 1674 (AGI, Santo Domingo, legajo 218), se sintieron entre el 16 y el 18 de enero 30 temblores. Algunos testigos dicen que tembló durante un lapso de tiempo mayor que dos meses (según uno de los testigos del interrogatorio del cabildo de Mérida), otros que *repitearon y continuaron por más de veinte días* (siguiendo lo reportado en un documento del cabildo de Maracaibo en el año de 1688; AGI, Santo Domingo, legajo 202). En febrero de 1675 todavía no había cesado totalmente la actividad sísmica, de acuerdo a un expediente sobre alcabalas de 1676 (AGI, Santo Domingo, legajo 201). A pesar de que se sintieron numerosos temblores fuertes en toda la región durante el mes de enero, queda claro que había uno que fue el más fuerte de todos: “...habiendo el año Pasado de 674 habido un temblor de tierra tan grande que arruinó la mayor parte de los frutos y edificios de toda esta provincia.” (*Idem*).

Daños producidos en las edificaciones

Los daños producidos en las construcciones de Trujillo y de El Tocuyo fueron analizados en un trabajo anterior (Palme, 1990); donde se evaluaron los daños entre VII y VIII para Trujillo y VI para El Tocuyo utilizando la escala de intensidades MKS.

A la documentación que se tenía disponible para 1990, se agrega como documento nuevo e interesante, el que contiene las declaraciones del alcalde ordinario de Trujillo, Diego de Graterol

Saavedra, del 24 de mayo de 1675, así como del Cabildo de la misma ciudad, en el cual se defiende la gestión de tal alcalde, quien dice que había pagado de su bolsillo el trabajo de 50 indios para arreglar y limpiar la iglesia matriz, reparar los conventos y demás templos y limpiar las plazas de las casas pajizas que había levantado la gente temerosa de los temblores (Documentos 511 y 519, *Juicios de Residencia*, Vol II, 1983). Estos trabajos fueron culminados en enero de 1675, a un año de los terremotos, quedando pendiente, según los mismos documentos, la reedificación de las casas reales y del cabildo.

Las consecuencias en Mérida fueron aun más desastrosas. En 1684 y 1688, es decir 10 y 14 años después de los terremotos, respectivamente, los testigos interrogados afirman que todavía la mayoría de las casas estaban inhabitables; el convento de Sta. Clara, según informa don Henríquez de Caldas Barbosa, estaba todavía "...tan por los suelos y sin esperanza de reedificarlo...", debido, precisamente, a la pobreza de los habitantes. De manera general, los testigos interrogados en el legajo 202 afirman que "...se cayeron muchas casas de tejas y tapias; algunas que quedaron en pie quedaron desgarradas..." a consecuencia de los temblores de 1674. A esta descripción se asigna como mínimo una intensidad VIII en la escala MSK, pues en ella se establece que "muchos edificios de calidad de construcción mediana sufren daños graves y pocos destrucción" (Báth, 1979).

Sobre la ciudad de Barinas informa el alcalde el 17 de julio de 1675 que "...con los temblores que hubo el año pasado de seiscientos setenta y cuatro se arruinaron muchas casas en particular la Iglesia parrochial que se cayó su capilla (...) y se cayó de cuajo..." (AGI, Audiencia de Santa Fe, 30). A este cuadro de daños se asigna una intensidad entre VII y VIII suponiendo que la calidad de construcción de las casas en Barinas posiblemente no fuese la misma con la que contara la ciudad de Mérida.

Movimientos de remoción en masa

El fenómeno más destacable causado por los terremotos de 1674 fue el de los grandes movimientos de masas. Estos represaron los ríos, los cuales al abrirse paso nuevamente, cambiaron sus cauces y causaron grandes inundaciones.

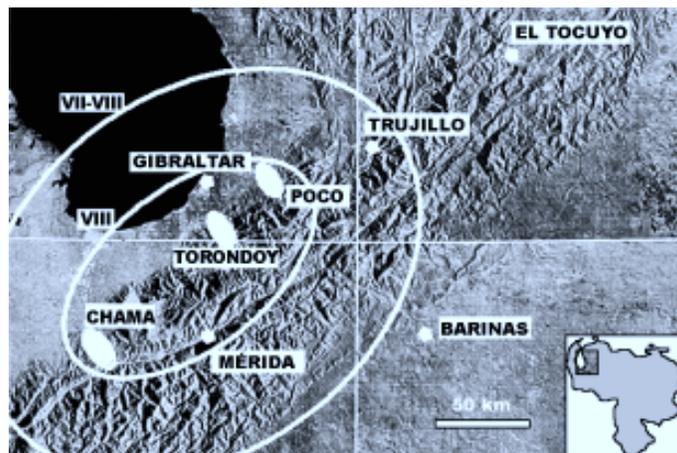


Figura 1. Fotografía de radar de la región afectada por los sismos de 1673 y 1674 (Fuente: *Petróleos de Venezuela S.A.* 1977; levantamiento de radar, hojas NC 19-9, 19-10, 19-13 y 19-14). Se indican los lugares de los cuales se tiene alguna referencia histórica de los daños producidos por los sismos. Además se indican las isosistas VIII y VII-VIII. En el recuadro se observa la región de estudio.

Lamentablemente, estos fenómenos ocurrieron precisamente en los valles de los ríos ubicados en el piedemonte noroccidental de los Andes, allí donde los vecinos de Mérida, Gibraltar y Trujillo tenían sus más fructíferas plantaciones de cacao. Los testigos relatan que se formaron grandes "avenidas" de barro que en las regiones más bajas enterraron y sumergieron los árboles de cacao hasta los cogollos e igualmente a las casas de viviendas; en las zonas más altas el barro bañó los árboles de cacao de tal manera que se secaron. Los esclavos abandonaron las siembras y se fueron a vivir en el monte, muchos de ellos se murieron por falta de comida, según los interrogatorios hechos en Mérida, recogidos en el citado legajo 202. El empobrecimiento de la provincia fue total.

Algunos términos que usan los testigos para describir los fenómenos son:

"...haciendas que se hundieron grietas y bocas que ha abierto la tierra y arroyos de agua que de ella salieron volcanes que han reventado y cerros que se han dividido y partido..." (*Documento citado de Vilchez y Narváez*). "...los riscos, peñascos y serros lo movieron de una parte a otra...;

...se desvolcanaron los serros, muchas y grandes avenidas de barro...

...y abriendosse conmovido y desboronado los montes y echo represas en los rios salieron de madre y anudaron todas las estansias de arboledas de cacao en dicha ciudad de xibraltar y en el valle de chama siendo tan absoluto y general el daño que no quedo estancia...

...en dichos llanos los cerros se mudaron en una parte a otra...

...árboles de cacao y casas sumergidos y enterrados con la inmensidad de barro...

...hasta los últimos cogollos de los árboles de cacao..." (Declaraciones extraídas del legajo 202).

Las localidades que mencionan los testigos, donde ocurrieron estos fenómenos son: el valle del río Pocó, hoy límite entre los estados Trujillo y Mérida); el valle del río Torondoy, muy cerca de Gibraltar, el puerto de Mérida en la época; el valle del río Chama; La Arenosa, en las cercanías del valle del río Pocó; y La Sabana. Este último lugar, hasta el momento, no se ha podido identificar en mapas, sin embargo, según los documentos pertenecía a la jurisdicción de Gibraltar y era el sitio donde

mejor se producía el cacao. (Figura 1). A estas áreas afectadas por los grandes movimientos de masa se les asigna intensidades \geq VIII, según Nikonov (1988) y Solonenko (1977), en donde los grandes deslizamientos se producen a partir de intensidades VIII-IX en la escala MSK.

Reevaluación del Mayor Evento Sísmico

Dado que no es posible saber con seguridad cuál fue el evento de mayor magnitud de la serie de temblores que se produjeron en enero de 1674 y que, al parecer, fue el del 16 de enero a las 3:30 pm, la evaluación que se presenta a continuación se refiere simplemente al evento de mayor magnitud de la serie.

Método de las isosistas

Los testimonios sobre los daños que ocurrieron en los terremotos de 1674 se refieren a muy pocos lugares bien definidos: las ciudades de Mérida, Barinas, Trujillo y El Tocuyo, y además los valles de los ríos Pocó, Torondoy y Chama (Figura 1). Esta escasez de información dificulta el trazado de las líneas isosistas. Sin embargo, se intentó una estimación de tales líneas con la información existente, aplicando los siguientes criterios:

- Se aceptan las intensidades para Mérida, Barinas, y Trujillo estimadas en el párrafo anterior o en publicación previa, respectivamente: Mérida VIII, Barinas VII-VIII, Trujillo VII-VIII y El Tocuyo VI.

- Las intensidades en las áreas afectadas por los grandes movimientos de masa

(los valles de los ríos Pocó, Torondoy y Chama) fueron \geq VIII. - La isosista VIII se trazó de manera que en ella se encerrarán los lugares con grandes movimientos de masa, pasando cerca de la ciudad de Mérida. La forma alargada de la isosista en la dirección del rumbo de la cordillera es consistente con el rumbo de las fallas principales de la región, tanto rumbo-deslizantes como inversas y está de acuerdo con la experiencia de otros sismos históricos (Soulas *et al.*, 1987).

- Se dibujó una isosista de valor intermedio VII-VIII concéntrica con la anterior de tal manera que pasara cerca de las ciudades de Trujillo y Barinas.

Para estimar la intensidad máxima del sismo se aplicaron diferentes leyes de atenuación: la de Aggarwal (1981) y la de Gershanik y Gajardo (1981), ambas desarrolladas para los Andes Venezolanos. Además, se aplicó la relación publicada por Lennis (1980), dado que ésta fue utilizada por Rengifo y Laffaille (1998) para su evaluación del terremoto de los Andes de 1894. Como radio de la isosista se tomó el promedio entre los ejes mayores y menores de las elipses. Como profundidad del foco se asumió 18km, esto es aproximadamente el límite inferior de la zona sismogénica en la región. Choy (1998; 2002) determinó la profundidad del sismo de El Tocuyo de 1950 en 18km. Consideramos que esta profundidad es confiable, ya que este autor utilizó fases de profundidad (pP y sP). Los resultados de la evaluación de la intensidad máxima según las diferentes leyes de atenuación están representados en la Tabla I.

El valor promedio de la intensidad máxima sería $I_0 = 10,3$ con una variación entre 9,6 y 10,7. Para una estimación de la magnitud local M_l se utilizó la ecuación de Toppozada (Lennis, 1980), que también aplicaron Rengifo y Laffaille (1998) en su trabajo sobre el sismo de 1894. El valor correspondiente a la magnitud local según esta relación sería $M_l = 6,9$ con una variación entre 6,6 y 7,1.

Estimación de la magnitud sobre la base del área afectada por movimientos de masa

Dada la gran extensión que tuvo la destrucción de las haciendas de cacao por los movimientos de remoción en masa causados por los sismos de 1674, se trató de utilizar este fenómeno

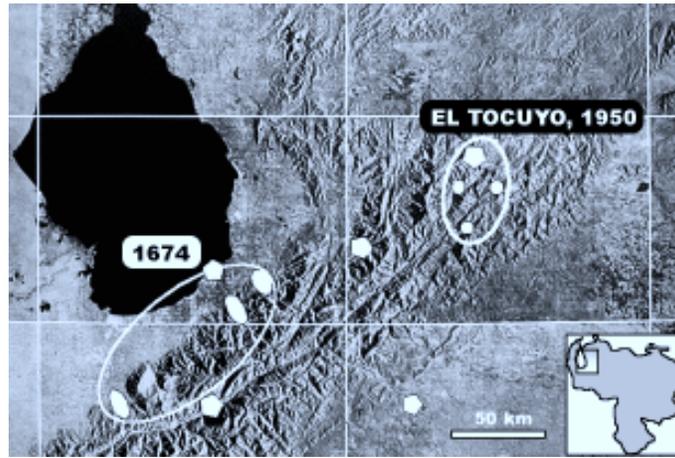


Figura 2. En la fotografía de radar (Fuente: *Petróleos de Venezuela S.A.* 1977; levantamiento de radar, hojas NC 19-9, 19-10, 19-13 y 19-14) están delimitadas las áreas afectadas por movimientos de masas a consecuencia de los sismos de El Tocuyo (1950) y los sismos de 1674. Los círculos blancos dentro de la elipse correspondiente a El Tocuyo representan los pueblos Guárico, Anzoátegui y Chabasquén. Las elipses blancas pequeñas dentro de la línea de 1674 representan los valles de Pocó, Torondoy y Chama.

para lograr una estimación de la magnitud mínima del evento principal. Esta estimación se hizo sobre la base de la gráfica publicada por Keefer (1984), en la cual se relaciona el área afectada por deslizamientos causados por sismos con la magnitud de los sismos. Dicha gráfica representa la información obtenida por el autor, tomada de 30 terremotos históricos. A pesar de que este autor observó que las áreas afectadas por deslizamientos dependen de las condiciones geológicas y de la profundidad del foco, obtuvo una curva bien definida como el límite que representa el área máxima que puede ser afectada por una magnitud dada.

Para comprobar la aplicabilidad de este método a las condiciones de los Andes venezolanos, se buscó información sobre un terremoto que haya ocurrido en la región andina, del cual se hayan reportado movimientos de masa y cuya magnitud haya sido bien evaluada. Para este fin se escogió el terremoto de El Tocuyo del 8 de Agosto de 1950. Se informaron de deslizamientos de tierra re-

lacionados con este terremoto en las poblaciones de Anzoátegui, Humocar Alto, carretera entre El Tocuyo y Guárico, y cerca de Chabasquén (Grases, 1980a). Todos estos lugares están indicados en la Figura 2, en la cual se dibujó también una elipse que encierra todos los sitios afectados por deslizamientos (área encerrada aproximadamente en 1000km²). Por otra parte, Choy (1998, 2002) realizó recientemente una nueva determinación de la magnitud de ondas superficiales de este sismo a partir de ondas Rayleigh y obtuvo $M_s = 6,3$ y una profundidad del foco de 18km. De la Figura 3 se observa que efectivamente la información de los deslizamientos ocurridos en el terremoto de El Tocuyo, está de acuerdo con los datos publicados por Keefer (1984). Según

esta gráfica, la magnitud mínima del sismo de El Tocuyo sería 6,0 o, dicho de otra manera, el área máxima que afectaría un sismo de magnitud 6,3 sería un poco mayor que 2000km².

El mismo procedimiento se aplicó para el evento de 1674; el área que encierra la curva dibujada en la Figura 2 alrededor de los valles de los ríos Pocó, Torondoy y Chama, cubre un área de aproximadamente 4000km². Al introducir este dato en la curva de la Figura 3 se obtiene una magnitud mínima de 6,5 M_s .

Estimación del área epicentral y de M según el método de Bakun y Wentworth

Por último, se intentó aplicar un procedimiento que desarrollaron Bakun y Wentworth (1997, 1999), que evalúe las características del foco a partir de observaciones de intensidades. Según estos autores es particularmente apropiado para la evaluación de sismos con pocos datos de intensidades. Bakun y Wentworth (1997) desarrollaron su

TABLA I
ESTIMACIÓN DE I_0 A PARTIR DE ISOSISTAS, SEGÚN DIFERENTES LEYES DE ATENUACIÓN

	$R(I_{VIII})=50\text{km}$	$R(I_{VII-VIII})=90\text{km}$
Aggerwal (1981)	10,2	10,7
Gershanik y Gajardo (1981)	10,4	10,5
Rengifo y Laffaille (1998) n=4-6; h=18km	9,8-10,7	9,6-10,6

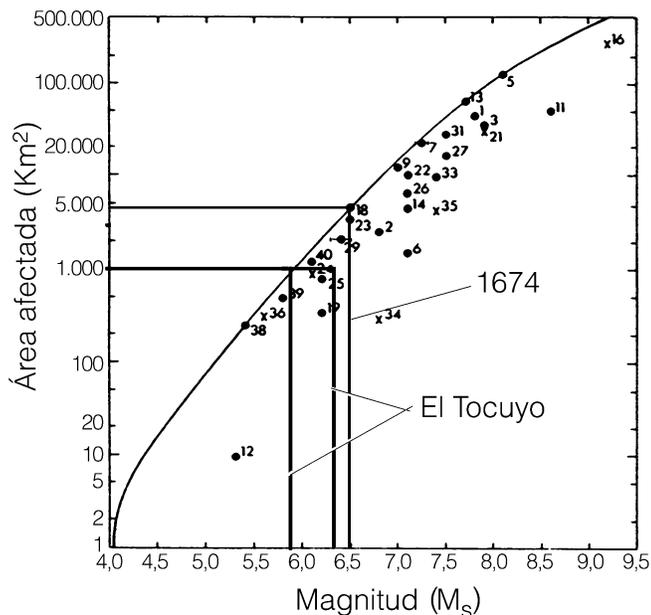


Figura 3. Gráfica tomada de Keefer (1984). Sobre la gráfica de Keefer se introdujo la información referente a las áreas afectadas por deslizamientos del terremoto de El Tocuyo de 1950 y de los terremotos de 1674 según las explicaciones en el texto.

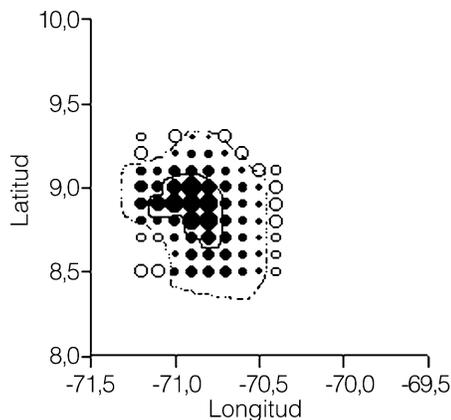


Figura 4. Región epicentral más probable según el procedimiento de Bakun y Wentworth (1997). Los círculos negros grandes representan un $rms[M_i] < 0,05$ (explicación en el texto), mientras la línea punteada encierra la región de aproximadamente 50% de confianza.

método específicamente para los terremotos históricos de California, basado en una relación entre magnitud de momento e intensidad que fue obtenida por medio de un “set de entrenamiento”, es decir, un grupo de sismos recientes de magnitud instrumental y un patrón de intensidades bien determinadas. Naturalmente, este set de entrenamiento no es válido para los sismos de los Andes Venezolanos; por lo tanto, en este trabajo se utilizó la ley de atenuación de Gershanik y Gajardo (1981), en combinación

con la relación magnitud local - intensidad máxima de Toppozada, antes mencionada, obteniendo la relación

$$M_i = 0,491 \cdot I_i + 0,863 + 0,550 \ln \Delta_i$$

donde M_i : magnitud local obtenida de la observación I_i ; I_i : intensidad MSK en el sitio i ; y Δ_i : distancia en km desde el epicentro asumido hasta el sitio i . Además se utiliza M_i como promedio de los valores M_i sobre todos los sitios evaluados para un epicentro asumido.

Esta relación, de acuerdo con el procedimiento de Bakun y Wentworth (1997), se aplicó sobre una red de puntos de epicentros asumidos y se calculó la raíz cuadrada media

$$rms[M_i] = rms [M_i - M_i] - rms_o [M_i - M_i]$$

donde M_i : promedio (M_i) y rms_o : mínimo de $rms [M_i - M_i]$ sobre la red de los epicentros asumidos. El epicentro asumido para el cual el valor de $rms[M_i]$ es mínimo es el punto que mejor satisface los datos de intensidad; Bakun y Wentworth (1999) lo denominan “centro de intensidad”. No se aplicaron correcciones de sitio ni tampoco una función de peso, que diera mayor peso a los puntos más cercanos al epicentro. Esto no se justificaba en el presente caso, puesto que el rango de distancias epicentrales es muy pequeño y de todos modos la información sobre las intensidades no resulta muy precisa.

Las intensidades que se usaron para la evaluación fueron las siguientes: Mérida VIII, Gibraltar VIII, Barinas VII-VIII, Trujillo VII-VIII y El Tocuyo VI (Figura 5).

El resultado obtenido por la aplicación del procedimiento de Bakun y Wentworth (1997) se representa en la Figura 4. Los círculos llenos de mayor radio significan el va-

lor mínimo de $rms[M_i] < 0,05$. La región epicentral más probable tendría entonces aproximadamente las siguientes coordenadas: 70,8-71,0°O y 8,8-9,0°N. La línea punteada indica $rms[M_i] = 0,2$, aproximadamente el límite de confianza de 50% (según Bakun y Wentworth para un número de 5 observaciones de intensidad, la curva de nivel $rms[M_i] = 0,173$ es el límite que encierra la zona de confianza de 50%). El valor de la magnitud que se obtuvo para la zona de menor rms es $M_i = 6,84$, para un nivel de confianza de 50% el rango de la magnitud sería de 6,68-7,01 según las evaluaciones de los autores citados.

En la Figura 5 se aprecia la ubicación de los puntos correspondientes a $rms[M_i] < 0,05$ sobre el mapa de radar de la región. El área epicentral aproximada correspondiente a 50% de confianza está indicada por un círculo.

Discusión

En la Tabla II se presenta el resultado de la comparación de los tres procedimientos aplicados en este trabajo para la evaluación del sismo principal de enero de 1674.

Magnitud

Los tres procedimientos arrojaron resultados perfectamente compatibles, si se considera que la magnitud obtenida de las características de los movimientos de masas representa un límite inferior. Una magnitud M_i entre 6,6 y 7,0 parece un valor bastante razonable para este sismo. Sin embargo, debe observarse que no se dispone de datos de intensidad en lugares al sur de Mérida, por falta de información o porque no hubo daños fuertes. Para la historia sísmica del país



Figura 5. Ubicación en el mapa de radar de la región epicentral. Los puntos blancos corresponden a $rms[M_i] < 0,05$ y el círculo grande encierra con una confianza de aproximadamente 50% la región epicentral.

este evento es muy significativo por su tamaño, que lo coloca entre los sismos más grandes de la región Andina; pero hasta ahora ha sido, claramente, subestimado.

Región epicentral

La región epicentral obtenida por el análisis de los datos individuales con una confiabilidad de 50% (círculo en la Figura 5), cae casi completamente dentro de la isosista VIII. La importancia del método de Bakun y Wentworth (1997) consiste en que permite cuantificar, aunque empíricamente, las incertidumbres de las magnitudes y epicentros. Los límites de incertidumbre utilizados en este trabajo fueron tomados de las tablas de Bakun y Wentworth (1999) desarrollados para California, dado que no se dispone de datos venezolanos propios y, por lo tanto, representan solamente una estimación. La extensión grande que se obtuvo para la región epicentral se debe a que el número de datos de intensidades es muy pequeño (5 localidades) y, además, todos los valores de las intensidades son muy parecidos.

Posibles fuentes del sismo

Como fuentes potenciales, cuya ruptura puede haber causado el sismo principal, pueden ser consideradas la falla de Piedemonte noroccidental, la falla de Piñango o la falla de Boconó.

La falla de Piedemonte noroccidental tiene, supuestamente, un mecanismo inverso (Beltrán, 1993), con un buzamiento hacia el sur-este. En este caso, tomando en cuenta el buzamiento del plano de falla, se esperaría una longitud de ruptura en el orden de 30km, de acuerdo con la magnitud obtenida. Podría tratarse de un tramo de la falla en la cercanía de Gibraltar. Un movimiento inverso de la falla de Piedemonte tendría un patrón de radiación de las ondas S de tal manera que se esperaría una intensificación de los efectos macrosísmicos en la dirección del desplazamiento de la falla, es decir hacia el borde noroccidental de la cordillera (Schneider, 1992). Esto podría ser una explicación de la gran concentración de los movimientos de masa en esta zona.

Otra alternativa sería que haya actuado la falla de Piñango. Esta falla ha sido reconocida en el campo como *activa* por el equipo de FUNVISIS (Soulas *et al.*, 1985), que la describe como una falla *dextral* con un desplazamiento de 0,3mm por año. Además, los trabajos de campo revelaron que en esta falla se ha producido un movimiento en

TABLA II
COMPARACIÓN DE
LOS RESULTADOS DE TRES
PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN

Método	I ₀	M ₁	Epicentro
Isosistas	9,6-10,7	6,6-7,1	
Mov. de masa		>6,5 (M _s)	
Bakun:	10,1	6,8	8,8-9,0
Wentworth		6,6-7,0	70,8-71,0

tiempos históricos (André Singer, comunicación personal; Soulas *et al.*, 1985).

La tercera posibilidad sería que se haya producido una ruptura de la falla de Boconó. Esta debía haberse producido en un tramo al norte de Mérida, quizás entre Mucuchíes y Sto. Domingo, a lo largo de una distancia de unos 50km, que podría ser la longitud de una ruptura horizontal de un sismo de la magnitud planteada. En el mapa de las isosistas (Figura 1) el tramo considerado se ubica un poco fuera del área epicentral, sobre la isosista VIII, sin embargo, según el procedimiento de las intensidades individuales (Figura 5) está ubicado dentro de la región epicentral probable.

Para decidir cuál de estas fallas fue, definitivamente, la causante del terremoto principal de la serie de eventos en 1674, habrá que recurrir a técnicas geomorfológicas que interpreten las huellas que pueden haber dejado los efectos cosísmicos en el campo. Actualmente se plantea la posibilidad de realizar un estudio de los movimientos de masa que han ocurrido en el pasado en la zona de la región epicentral.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo recibió financiamiento del Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de los Andes.

REFERENCIAS

Aggarwal Y (1981) *Investigaciones sismológicas en el occidente de Venezuela*. Informe de Avance para CADAPE. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). Caracas. 15 pp.

Bakun WH, Wentworth C M (1997) Estimating Earthquake Location and Magnitude from Seismic Intensity Data. *Bull. Seism. Soc. Am.* 87: 1502-1521.

Bakun WH, Wentworth CM (1999) Erratum to Estimating Earthquake Location and Magni-

tude from Seismic Intensity Data. *Bull. Seism. Soc. Am.* 89: 557.

Bâth M (1979) *Introduction to Seismology*, Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Stuttgart. 428 pp.

Beltrán C (1993) Mapa neotectónico de Venezuela. FUNVISIS. Escala 1:2.000.000.

Centeno Graü M (1940) *Estudios sismológicos*, Litografía del Comercio, Caracas. (Segunda edición (1969) Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, Caracas). 365 pp.

Choy JE (1998) Profundidad y mecanismo focal del Terremoto de El Tocuyo, 1950, *Rev. Geol. Venez.* 39: 203- 218.

Choy JE (2002) The El Tocuyo, Venezuela Earthquake of 3rd august, 1950: Focal Parameters and tectonic Implications. *Geofísica Internacional*. Aceptado para publicación.

Cluff LS, Hansen WR (1969) *Seismicity and seismic-geology of Northwestern Venezuela, Volume I. Evaluation*. Woodward-Clyde & Associates. Informe presentado a la compañía Shell de Venezuela. 169 pp.

Febres Cordero T (1931) Cronicón sísmico de los Andes Venezolanos. *Archivo de Historia y Variedades*. Tomo II. Editorial Sur América. Caracas. pp. 146-151.

Fiedler G (1961) Áreas afectadas por terremotos en Venezuela, *Memorias del III Cong. Geol. Venez.* Tomo IV. Caracas. pp. 1791-1810.

Fiedler G (1972) La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapa de isosistas. *Memorias del IV Cong. Geol. Venez.* Tomo IV. Caracas. pp. 2441-2462.

Gershanik C, Gajardo E (1981) Amenaza sísmica. En *Proyecto de estudios de Riesgo Sísmico Uribante-Caparo*. Informe preliminar. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). Caracas. 138 pp.

Grases J (1980a) *Investigaciones sobre sismos destructores que han afectado el centro y occidente de Venezuela*, Reporte para el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (Intevep). Anexo I. Caracas. 301 pp.

Grases J (1980b) *Investigaciones sobre sismos destructores que han afectado el centro y occidente de Venezuela*, Reporte para el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (Intevep). Anexo II, parte A. Caracas.

Grases J (1980b) Contribuciones al estudio de terremotos destructores asociados al sistema de fallas de Boconó. Ponencia presentada en la XXX Convención de ASOVAC. Nov. 1980. 29 pp.

Grases J, Altez R, Lugo M (1999) *Catálogo de sismos sentidos o destructores. Venezuela 1530-1998*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales-Facultad de Ingeniería-UCV. Editorial Innovación Tecnológica. Caracas. 654 pp.

Juicios de Residencia en la Provincia de Venezuela, -tomados a Don Francisco Dávila Orejón Gastón (1983). Tomo II Biblioteca de la Academia Nacional de la Historia. Caracas. 437 pp.

Keefer DK (1984) Landslides caused by earthquakes. *Geol. Soc. Am. Bull.* 95: 406-421

Lennis BG (1980) *Earthquakes and the Urban Environment*. Vol.1. CRC Press. Florida, USA. Citado por: Rengifo y Laffaille (1998).

- Martí M (1989) *Documentos relativos a su visita pastoral de la Diócesis de Caracas*. 2ª edición. Biblioteca de la Academia Nacional de la Historia. Caracas. Vol. 95-101.
- Nikonov AA (1988) citado por: Jibson RW (1996) Using Landslides for Paleoseismic Analysis. En MacCalpin JP (1996) (Ed.) *Paleoseismology*. International Geophysics Series. Academic Press. pp. 397-436.
- Palme C (1990) Los Terremotos de los Años 1674 y 1775 en Trujillo, *Acta Científica Venezolana* 4: 260-268.
- Palme C (1993) *Los Terremotos de los Años 1674, 1775 y 1886 en Trujillo*. Editorial venezolana. Mérida, Venezuela. 68 pp.
- Rengifo M, Laffaille J (1998) El Terremoto del año 1894 en los Andes venezolanos, *Rev. Geog. Venez.* 39: 141-162.
- Rojo Z (1998) Proceso económico-social de Trujillo en el siglo XVII y los movimientos sísmicos. *Rev. Geog. Venez.* 39: 107-125.
- Samudio E (1995) El Colegio San Francisco Javier en el marco histórico, social, religioso, educativo y económico de la Mérida colonial. En del Rey Fajardo J, Samudio E; Briceño Jáuregui M. *Virtud, letras y política en la Mérida colonial*. Universidad Católica del Táchira. Mérida. pp. 39-166.
- Samudio E (1999) Conmoción en Mérida andina: Los sismos de 1673-74, *Fermentum*, año 9, 25. Mérida, Venezuela. pp. 261-285.
- Schneider G (1992) *Erdbebengefährdung*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt. 167 pp.
- Solonenko VP (1977) citado por: Jibson RW (1996) Using Landslides for Paleoseismic Analysis. En MacCalpin JP (1996) (Ed.) *Paleoseismology*. International Geophysics Series. Academic Press. pp. 397-438.
- Soulas JP, Rojas C, Singer A, Beltrán C, Lugo M (1985) *Proyecto Costa oriental del Lago de Maracaibo, actividad Cuaternaria y características sismogénicas de las fallas de Boconó, Valera, Tuñame, Piñango, Piedemonte, Burro Negro-Mene Grande y otras*. Informe para INTEVEP, FUNVISIS. Caracas. 58 pp.
- Soulas JP, Singer A, Lugo M (1987) *Tectónica cuaternaria, características sismogénicas de las fallas de Boconó, San Simón y del piedemonte occidental andino y efectos geológicos asociados a la sismicidad histórica*. FUNVISIS para MARAVEN. 90 pp. y anexos. Inédito.