

Avance en la comprensión de los terremotos de enero de 1674 en Venezuela:

¿qué nos dice la información histórica y paleo-sismológica?

Avanços na compreensão dos terremotos de janeiro de 1674 na Venezuela:
o que nos dizem as informações históricas e paleo-ssismológicas?

Advances in understanding the earthquakes of January 1674 in Venezuela:
what does historical and paleo-seismological information tell us?

Christl Palme de Osechas¹, Reina Aanguren², José Choy², Luis Alberto Ramírez Méndez y Miguel Alvarado⁴

¹ Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario 'Rafael Rangel', Trujillo, Venezuela

² Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Laboratorio de Geofísica, Mérida, Venezuela

³ Universidad de Los Andes, Facultad de Humanidades y Educación, Escuela de Historia, Mérida, Venezuela

⁴ Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Mérida, Venezuela

cpalme56@gmail.com; arangurenreina@gmail.com; jose.e.chaoy@gmail.com;

luisramirez811@gmail.com; alvaradom78@gmail.com

Palme de Osechas: <https://orcid.org/0009-0006-8649-0638>

Aranguren: <https://orcid.org/0009-0000-5027-0920>

Choy: <https://orcid.org/0009-0002-1387-3217>

Ramírez: <https://orcid.org/0000-0001-7014-8105>

Alvarado: <https://orcid.org/0009-0002-0321-3119>

Resumen

Los terremotos ocurridos en enero de 1674 forman parte de los eventos sísmicos de mayor magnitud registrados históricamente en la región andina de Venezuela. En el siglo XXI, investigaciones paleosismológicas, sismológicas y geomorfológicas han permitido avances sustanciales en la comprensión de estos eventos, complementados por estudios sobre sus impactos socioeconómicos.

La revisión documental confirma la ocurrencia de dos sismos destructivos: el primero tuvo lugar la noche del 12 de enero, con daños localizados en Mérida y posible percepción intensa en Trujillo; el segundo, ocurrido la tarde del 16 de enero, constituyó el evento principal, generando daños significativos en Mérida y Gibraltar (edo. Mérida), Trujillo (edo. Trujillo) y El Tocuyo (edo. Lara). La distribución espacial de las réplicas sentidas abarcó desde Lagunillas de Mérida hasta El Tocuyo, lo que sugiere que estos sismos fueron mayores de lo que se había estimado previamente.

PALABRAS CLAVE: terremoto histórico 1674; falla de Boconó; región andina.

Resumo

Os terremotos ocorridos em janeiro de 1674 fazem parte dos eventos sísmicos de maior magnitude registrados historicamente na região andina da Venezuela. No século XXI, pesquisas paleossismológicas, sismológicas e geomorfológicas permitiram avanços substanciais na compreensão desses eventos, complementados por estudos sobre seus impactos socioeconômicos.

A revisão documental confirma a ocorrência de dois terremotos destrutivos: o primeiro ocorreu na noite de 12 de janeiro, com danos localizados em Mérida e possível percepção intensa em Trujillo; o segundo, ocorrido na tarde de 16 de janeiro, constituiu o evento principal, gerando danos significativos em Mérida y Gibraltar (est. Mérida), Trujillo (est. Trujillo) y El Tocuyo (est. Lara). A distribuição espacial dos réplicas sentidos abrangeu desde Lagunillas de Mérida até El Tocuyo, o que sugere que esses terremotos foram maiores do que se havia estimado anteriormente..

PALAVRAS-CHAVE terremoto histórico 1674; falha de Boconó; região andina.

Abstract

The January 1674 earthquakes rank among the highest-magnitude seismic events historically documented in Venezuela's Andean region. In the 21st century, paleoseismological, seismological, and geomorphological research have deepened understanding of these events, while studies of their socioeconomic impact have further broadened the picture.

Documentary review confirms the occurrence of two destructive earthquakes: the first took place on the night of January 12, causing localized damage in Mérida and possibly being strongly felt in Trujillo; the second, on the afternoon of January 16, was the main event, causing severe damage in Mérida and Gibraltar (state of Mérida), Trujillo (state of Trujillo), and El Tocuyo (state of Lara). The spatial distribution of aftershocks from Lagunillas de Mérida to El Tocuyo suggests that both events together were stronger than previously thought.

KEYWORDS: historic earthquake 1674; Boconó fault; Andean region.

1. Introducción

Los terremotos de enero de 1674 fueron unos de los sismos de mayor magnitud que han ocurrido en los Andes de Venezuela. Esos eventos fueron precedidos y sucedidos por numerosos temblores, algunos de ellos bastantes fuertes. Los temblores se iniciaron en diciembre de 1673, por esta razón algunos investigadores hablan de los temblores de 1673 y 1674, aunque los eventos principales ocurrieron en enero de 1674. El objetivo del presente trabajo fue reunir los resultados de las diferentes investigaciones para obtener una visión más amplia de lo que aconteció. Además, se discute sobre la distribución espacial de las réplicas y cómo esta repercute sobre la interpretación de los posibles procesos de ruptura de la falla de Boconó.

Este evento no había sido reseñado en los primeros listados y catálogos, como el de Febres (1931), de Fiedler (1961, 1972) o de Cluff y Hansen (1969). Esto posiblemente se debe a que los temblores y terremotos fueron solo una de las catástrofes que afectó la región en estos años del siglo XVII. Los documentos de la época hablan de muchas calamidades como inundaciones, ataque de los motilones e invasiones de los piratas (de la Peña y Gaviria D, 1711 consultado en Samudio, 1984).

En este sentido, la primera mención sobre este evento la realizó Centeno-Grau en su catálogo de 1969, donde anotó: "*Fuertes temblores en Trujillo. Se inundaron terrenos.*" (1969: 228). Más adelante, Grases (1980) publicó en su catálogo una transcripción de un documento clave escrito en Trujillo el 23 de enero de 1674 por el Vicario Vilchez y Narvaes. Grases estima un epicentro (9,33°N y 70,64°W), pero no estima magnitud.

Posteriormente, Samudio (1984) publicó un documento de 1711, que menciona los

terremotos del final de 1672 y principio de 73 (seguramente sea un error, ya que es el único documento que cita estos años) como causa de la destrucción de las haciendas de cacao en la región de Gibraltar y el valle del Chama (FIGURA 1).

En 1990, Palme publicó un trabajo sobre los daños de este evento, fundamentado solamente en documentación de Trujillo, el cual hace referencia a la ciudad de Trujillo y el valle del río Pocó. Rojo (1998) habla de las repercusiones económicas y sociales que tuvieron los sismos en toda la jurisdicción de ese estado. Luego en 1999, en el catálogo de Grases, *et. al.*, se aportaron otros documentos históricos. Samudio, en ese mismo año, presentó una rica documentación sobre las consecuencias de los sismos para la población de Mérida.

Palme y Altez (2002) unieron la información disponible acerca de Mérida y Trujillo, y procedieron a estimar algunas intensidades, partiendo de la suposición de que solo hubo un evento principal, ocurrido en la tarde del 16 de enero de 1674. A estas intensidades se aplicó el algoritmo de Bakun & Wentworth (1997) y se obtuvo un centro de intensidades de 8.8 - 9.0°N y 70.8 - 71.0°W con una magnitud de 6,6 - 7,0 MI.

A partir el año 2002 se han realizado numerosas investigaciones acerca de diferentes aspectos de los eventos sísmicos estudiados en este trabajo. Principalmente, las investigaciones sismotectónicas de Audemard y su grupo (Audemard 1997, 2009 y 2014; Audemard *et al* 1999 y 2008), han aportado una nueva perspectiva, ya que asociaron definitivamente al terremoto del 16 de enero de 1674 a una ruptura de la falla de Boconó.

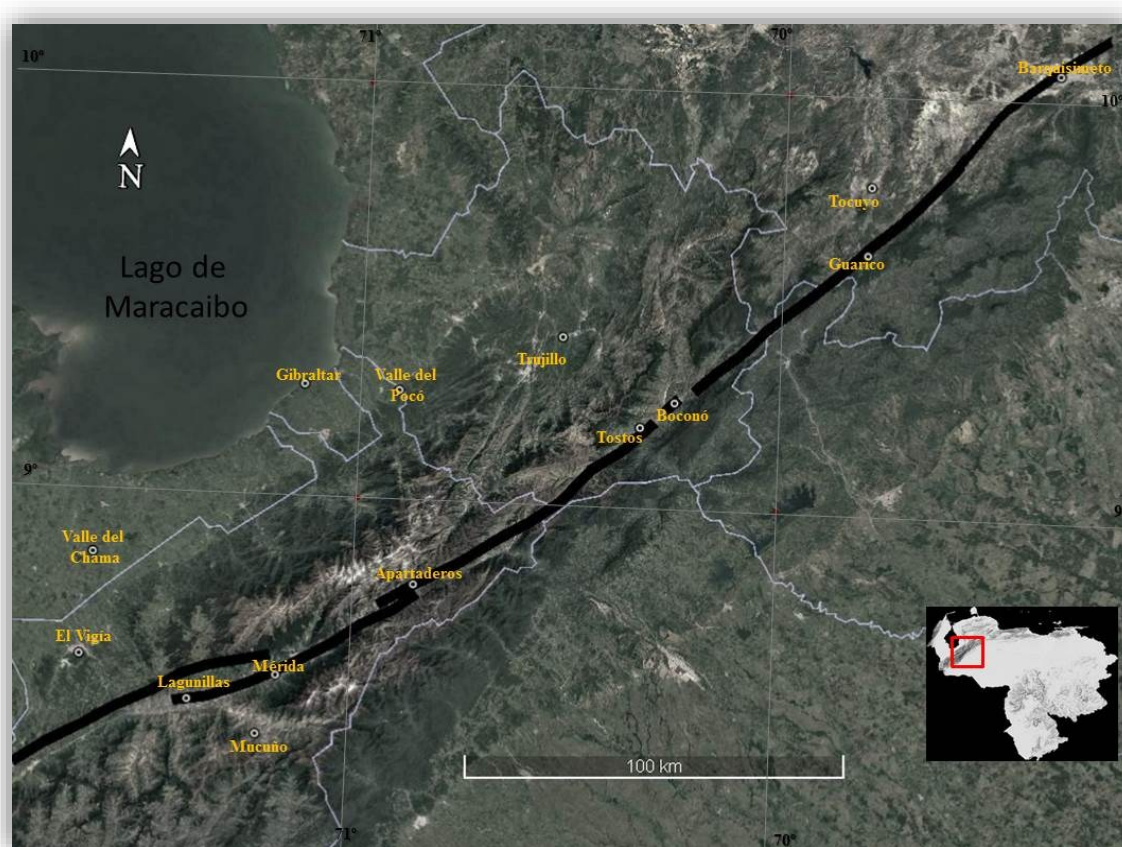


FIGURA 1. Se muestra el área de estudio y de los sitios citados en el texto. Las líneas negras indica la traza de la falla de Boconó (Audemard, 2014). Imagen Landsat/Copernicus (junio, 2025)

2. Marco conceptual

Los terremotos se originan por el desplazamiento de fallas tectónicas, las cuales son fracturas en la corteza terrestre, cuya extensión está directamente relacionada con la magnitud del evento (Wells y Coppersmith, 1994). Por ejemplo, un sismo de magnitud 7 en una falla de desplazamiento horizontal, rumbo deslizante, suele generar una ruptura de aproximadamente 50 km. Por otra parte, en general, la fractura no rompe la totalidad de la falla, sino un segmento de la misma. En consecuencia, para que ocurra un terremoto de gran magnitud, se requiere una falla de longitud considerable. Los grandes eventos suelen ir seguidos de réplicas: temblores de menor magnitud que ocurren en la misma región debido al reajuste de los esfuerzos corticales, y que pueden sucederse durante horas, semanas o incluso años después del sismo principal.

Una característica fundamental de los terremotos es su periodicidad, o tiempo de recurrencia, que depende de la configuración tectónica regional y, en el caso de sismos destructores, puede oscilar entre décadas y milenios. Para estudiar estos fenómenos, la sismología histórica analiza documentos antiguos con el fin de evaluar el grado de los daños en localidades específicas y asignar valores de intensidad. Esta intensidad disminuye conforme aumenta la distancia al foco o epicentro, debido a la atenuación de las ondas sísmicas. La interpretación de la distribución espacial de las intensidades, mediante el uso de isosistas o métodos estadísticos como el de Bakun & Wentworth (1997), permite estimar la ubicación y la magnitud del evento. La precisión de la estimación de estos datos está condicionada, principalmente, por la cantidad de información disponible. Es de hacer notar, que los

métodos históricos no determinan epicentros, sino centros de intensidades, ya que el término de epicentros es de la sismología instrumental.

Complementariamente, la paleosismología se enfoca en el estudio de terremotos preinstrumentales, mediante la observación de irregularidades geológicas en las capas superficiales. Una técnica común es la excavación de trincheras que atraviesan la traza de una falla, permitiendo identificar alteraciones en la sedimentación vinculadas a grandes eventos sísmicos. Al combinar estos hallazgos con métodos de datación, se obtiene un registro cronológico que abarca desde hace miles de años hasta la actualidad.

En los sismos en que coinciden la paleosismología y la sismología histórica se integran los resultados de ambos para ofrecer una visión más completa. La relevancia de estas investigaciones radica en su capacidad para estimar los tiempos de recurrencia, un insumo crítico para la evaluación de la amenaza sísmica en cualquier región.

3. Estudios sobre diferentes aspectos de los eventos sísmicos

3.1 Rasgos estructurales de la falla de Boconó y los sismos de 1674

La falla de Boconó es el rasgo estructural más importante de los Andes venezolanos, ampliamente estudiado (Alvarado *et al.*, 2015). Esta falla fue clasificada por Rod (1956) como una falla rumbo-deslizante dextral, descrita posteriormente en numerosos trabajos (Schubert, 1980, 1982; Soulas, 1985; Ferrer, 1988; Audemard *et al.*, 1999; Alvarado *et al.*, 2008). Audemard (2014); propuso cinco segmentos para su trazo, basados en cartografía geomorfológica para investigaciones paleosísmicas mediante trincheras (FIGURA 2).

Entre estos estudios, dos evidenciaron rupturas superficiales asociadas al sismo de 1674:

- ✓ La trinchera Quinanoque (Alvarado *et al.*, 2008), ubicada en el segmento Boc-b (Mucuchies), (Audemard, 2014), que se extiende desde la cuenca de tracción de

Lagunillas (donde se localiza la trinchera) hasta la región de Apartaderos (estado Mérida). En ambos límites, la falla presenta relevos transtensivos que forman cuencas de tracción (FIGURA 2).

- ✓ La trinchera Mesa del Caballo (Audemard *et al.*, 2008), ubicada en el extremo suroeste del segmento Boc-c (Audemard, 2014). Allí, la falla genera un relevo transtensivo con el segmento Boc-b, formando la cuenca de tracción de Apartaderos (Audemard *et al.*, 1999).

Con base a los datos de Mesa del Caballo, Audemard *et al.* (2008) reinterpretaron la trinchera Morro de Los Hoyos (Audemard, 1999), ubicada en el extremo noreste del segmento Boc-b, inicialmente asociada al sismo de 1812, los nuevos hallazgos, junto con registros históricos de daños (Palme y Altez, 2002), sugirieron que la ruptura corresponde al sismo de 1674.

Por otra parte, en el segmento Boc-d (de Boconó hasta Barquisimeto) se excavaron dos trincheras cerca de la población Guaríco al sur de El Tocuyo, una muy cerca de la otra (Audemard, 2014), (FIGURA 2). La interpretación paleosísmica dio como resultado, en una de las trincheras, que el evento más reciente fue en 1630 con un margen de error de 330 años y, en la otra trinchera, se obtuvo para el evento más joven el año 1705 con un error de 215 años. De acuerdo a este autor, los sismos que serían candidatos para estos eventos serían los terremotos de 1674, 1736 y 1801.

A partir de estas investigaciones quedó el consenso que la falla de Boconó fue el origen de los grandes terremotos de 1674. En su publicación de 2014 Audemard plantea que hubo dos grandes terremotos, uno que rompió el segmento Boc-b y que ocurrió el 8 de diciembre de 1673, y otro que rompió Boc-c que ocurrió el 16 de enero de 1674. Este punto se discutirá más adelante. Por otra parte, los resultados obtenidos en la trinchera de Quinanoque permitieron relacionar los conocidos fenómenos de movimientos de masa en el cerro de San Antonio de Mucunó con los terremotos de 1674.

sísmica de 2015, cuyo evento principal alcanzó una magnitud Mw 5.3 y fue seguido por 962 réplicas (Mw entre 1.0 y 5.1), (Martínez *et al.*, 2020).

3.3 Investigaciones sobre los desastres de 1674 en la zona Sur del Lago de Maracaibo

Existe una extensa documentación histórica acerca de los efectos de estos sismos en la zona sur del lago de Maracaibo. En este sentido, Ramírez y Aranguren (2016) publicaron una investigación sobre como los sismos afectaron la infraestructura y la economía de esta zona, destruyendo las siembras de cacao, que constituía la principal fuente de ingresos de los habitantes de Mérida y Trujillo. La zona afectada, de acuerdo con los documentos, fue desde el valle del río Pocó (Cabildo de Trujillo, 1686) hasta el valle del río Chama (Francisco, 1684), (FIGURA 1).

Ramírez y Aranguren (2016) aclaran la secuencia de los sucesos: los eventos sísmicos fuertes, de enero, produjeron grandes movimientos de masa en la zona montañosa, que represaron los cauces de los ríos. Luego, por el inicio de las lluvias, probablemente en marzo, se formaron lagunas de obturación, cuyos diques se desplomaron, presumiblemente por la presión del agua y las réplicas, ocasionando inundaciones que dañaron las haciendas de cacao ubicadas en la parte llana entre piedemonte y el lago. Por su parte, Altez *et al.*, 2005 y Altez, 2016 analizan las consecuencias socioeconómicas en la década de 1670 en la región.

3.4 Huellas geomorfológicas de los terremotos de 1674 en el valle alto del río Chama

En el tramo noreste del segmento Boc-b, Laffaille y Ferrer (2009) realizaron un estudio geomorfológico, con el objetivo de buscar rasgos que pudieran asociarse a los efectos cosísmicos de los eventos de 1673 y 1674. La zona estudiada fue el valle alto del río Chama (entre Mérida y el páramo de Mucuchies), ubicado al sur de donde se presentaron los mayores daños por efectos cosísmicos (FIGURA 1).

En esa investigación se logró identificar alrededor ocho sitios con evidencias geomorfológicas (movimientos de masa, lagunas

de obturación y/o aludes). Por ejemplo, se localizaron dos sitios en el valle de la quebrada Mifafi con evidencias de formación de lagunas de obturación por deslizamientos, que pueden atribuirse a estos terremotos. Sin embargo, no se pudo realizar dataciones para asociarlos a estos sismos. Además, Laffaille y Ferrer no encontraron evidencias documentales, después de exhaustivas búsquedas en los archivos históricos de Mérida. Los autores lo atribuyen a la escasez de documentación debido a la reducida de población en esta zona en el siglo XVII.

3.5 Relación de atenuación para la región de los Andes

Con el fin de estimar los parámetros sísmicos de los grandes terremotos de los Andes venezolanos Palme *et al.* (2005b) desarrollaron una ecuación de atenuación para el occidente y el centro de Venezuela. Determinaron los coeficientes de una relación lineal entre intensidad, magnitud y distancia, utilizando sismos instrumentales superficiales del siglo XX.

Palme *et al.* (2005a) aplicaron esta ecuación al evento de 1674, usando el algoritmo de Bakun & Wentworth (1997) obteniendo para este evento: el centro de intensidades (70.8° OE y 8.95° N) y la magnitud (7.4 ± 0.6). Comparando estos resultados con los de Palme y Altez (2002) se encuentra una diferencia relativamente grande en la magnitud, esto se debe a que en el trabajo del 2002 se utilizó una ley de atenuación originalmente desarrollada para California, que conduce a magnitudes ligeramente menores. De todos modos hay que hacer notar, que el error de estos resultados es grande porque se utilizaron solamente 5 puntos de intensidades.

4. ¿Hubo un sismo grande o varios más pequeños?

4.1 Análisis de la documentación histórica sobre la secuencia de los terremotos

Audemard (2014) analiza la segmentación de la falla de Boconó y considera que en 1673 y 1674 hubo dos sismos de magnitud de aproximadamente 7, que rompieron uno el segmento Boc-b y el otro el segmento Boc-c, en lugar de un solo evento grande que rompería

ambos segmentos. El primero de estos sismos ocurriría el 8 de diciembre de 1673 y el otro el 16 de enero de 1674.

La cuidadosa lectura de los documentos históricos de los que se disponían antes, y otros, que recientemente se han conseguido, nos arrojan nuevas luces a este asunto: En una correspondencia del Cabildo de Mérida del 24 de abril de 1674 (Herrera et al., 1674: 698) se dice lo siguiente:

- ✓ "...esta ciudad pues en me/dio de tantos temblores de tierra aunque permitió/ fueron dos bien horrorosos, **el uno a los doce /de enero viernes en la noche y el otro a los /8iez y seis del dicho mes, a las tres de la tarde/ no peligró ninguna persona quando fueron de/ tan gran estrago que hoy no ay templo en que / se celebre el culto divino sino en ramadas/ de paxa aviendo quedado la ciudad casi arra/sada y sin edificios con mui poca esperaça de/ volverse a edificar...**".

Es decir, entre todos los temblores no se menciona el del 8 de diciembre, pero si es claro que hubo dos que fueron destructores en la ciudad de Mérida, el del 12 de enero en la noche y el del 16 de enero a las 3 de la tarde, aunque no se sabe cuál de los dos fue más fuerte en esta ciudad.

- ✓ Por otra parte, la relación del Vicario Vilchez y Narvaes del 23 de enero de 1674 (Vilchez y Narvaes, 1674: 8) de Trujillo dice lo siguiente¹: "...Empezaron a coger fuerza a los ocho de diciembre a las cuatro de la mañana que hubo uno tan excesivo que causó mucha inquietud a esta ciudad repitiéronse más templados hasta los días de enero **que hubo otro a las diez de la noche tan entero y continuado que se reconoció en él que la ira de Dios nos amenazaba, mandé abrir la Iglesia parroquial...** porque se continuaban y repetían algunos pequeños...luego a los diez y seis a las tres y media de la tarde hubo otro temblor tan grande y mayor que el otro que si no se postraron se rindieron todos los templos casas fuertes y demás de la ciudad..."

De acuerdo con ese testimonio, en Trujillo el único temblor que causó destrucción fue el 16 de enero a las tres y media de la tarde. Hubo otro

temblor muy fuerte un día de enero a las 10 de la noche, pero este no causó daños materiales. Muy probablemente este temblor es el mismo que causó daños en Mérida el día 12 de enero en la noche.

- ✓ En una carta fechada el 18 de enero de 1674 en El Tocuyo (Albarrán F, 1674: 12) se dice: "...en menos de dos días habrá habido más de treinta y algunos tan grandes que juzgamos todos quedase destruida del todo esta ciudad...". Es decir, El Tocuyo fue fuertemente afectado por temblores a partir del 16 de enero. Esta información se confirma en un documento del 21 de abril de 1674 emitido en Trujillo por el Obispo (citado por Grases 1980). Otro documento que refiere los daños en El Tocuyo, está fechado en 1683, publicado en Las Encomiendas, del Archivo Nacional de la Nación, tomo II (1930).
- ✓ De San Antonio de Gibraltar tenemos el siguiente testimonio de Juan de Sevilla Guerrero del 10 de septiembre de 1674, folio 78: "...esta ciudad de San Antonio de Xibraltar, su término y jurisdicción por su magestad = certifico onde más convenga **que en diez y seis del mes de henero de este presente año de setenta y quatro día martes por la tarde entre los rigurosos temblores y terremotos de tierra que dios nuestro señor fue servido de ynviarnos y por nuestros pecados fue uno de los más recios y horrorosos este dicho día además de los antecedentes que hubo y han continuado hasta el día de oy...**".

La expresada carta permite conocer que también en el puerto de Gibraltar, el temblor más fuerte fue el del 16 de enero de 1674 por la tarde. De esa forma, se disponen de testimonios que, coinciden en señalar que el temblor del 16 como el más fuerte y más destructor en Mérida, Gibraltar, Trujillo y El Tocuyo.

A partir de estos documentos se puede concluir que si hubo dos terremotos como dice Audemard (2014): uno el 12 de enero probablemente a las 10 de la noche que, podría haber roto el segmento Boc-b (de Lagunillas a Apartaderos), ya que causó fuertes daños en Mérida, pero no en Trujillo, aunque se sintió fuertemente. Y el segundo terremoto, que fue

más grande porque causó destrucción en Mérida, Gibraltar, Trujillo y El Tocuyo y podría haber roto el segmento Boc-c (de Apartadero a Boconó) y, por lo menos parcialmente, el segmento Boc-d (de Boconó hasta Barquisimeto) por los fuertes daños en El Tocuyo.

Posiblemente, la intensidad asignada a El Tocuyo en 2002 por Palme y Altez fue algo subestimada (VI MKS) porque no solamente se cayeron pedazos de la iglesia de San Francisco sino que todas las iglesias (Santo Domingo, San Francisco y la Parroquial) sufrieron daños, además se desplomaron algunas casas. (Fernández, 1683; Albarán, 1674 y Gil, 1678 consultado en Dávila, V, 1929).

4.2 Ejemplo reciente de una ruptura multi-evento

El comportamiento multi-evento en fallas rumbo-deslizante segmentadas está documentado globalmente. Aki (1979) explica que las heterogeneidades estructurales (o 'barreras'), causadas por variaciones en la resistencia del material o por complejidades geométricas, generan rupturas discontinuas, dando lugar a grandes sismos con epicentros distintos e intervalos temporales cortos.

Un ejemplo reciente es el evento sísmico doble del 6 de febrero de 2023 en Turquía y Siria, donde las fallas cercanas Anatolia del Este y Sürgü/Çardak produjeron sismos de M7.8 y M7.5, respectivamente, con solo 9 horas de diferencia (Melgar, 2023). Este caso ilustra cómo dos rupturas en trazas distintas pueden ocurrir en secuencia rápida.

Los sismos del 12 y 16 de enero de 1674, cuyas rupturas superficiales se identificaron en los segmentos contiguos Boc-b y Boc-c de la falla de Boconó, podrían interpretarse como eventos múltiples. El primer sismo habría actuado como disparador del segundo, siendo la cuenca de tracción de Apartaderos una barrera estructural que modularía este proceso.

5. Consideraciones geográficas de las réplicas

Richter (1955, citado por Das y Henry, 2001) fue el primero en asociar claramente la ubicación de las réplicas de un sismo con el área de ruptura de la falla. Importantes estudios que relacionan la

magnitud de un sismo con la longitud de ruptura usaron la distribución espacial de las réplicas tempranas para definir la longitud de ruptura (Wells y Coppersmith, 1994 y Das y Henry, 2001). Hoy en día se obtiene el área de ruptura por métodos de inversión de sismogramas. El avance en la instrumentación sismológica permite también precisar las localizaciones de los epicentros de las réplicas (Das y Henry 2003).

Das y Henry (2003) indican tres lugares donde se producen las réplicas: (1) La actividad más intensa en la mayoría de los casos es en los extremos de la ruptura. (2) Se producen a lo largo de todo el plano de falla y son más fuertes donde haya una acumulación de los esfuerzos. (3) Se producen también en sitios fuera del plano de falla en dirección perpendicular a ella, ahí las réplicas suelen ser más débiles y preferiblemente se producen sobre planos de fallas preexistentes.

En el caso específico del sismo de 1674, llama poderosamente la atención la cantidad de réplicas que ocurrieron los primeros dos días en la región de El Tocuyo como se mencionó arriba. Los documentos históricos hablan de tres lugares con una elevada actividad sísmica:

- ✓ El Tocuyo. La actividad de las réplicas más fuerte fue en la región, como se dijo anteriormente, se reporta más de 30 temblores fuertes en los dos días después del terremoto del 16 de enero. Estos sismos tuvieron sus epicentros en los alrededores de El Tocuyo, que pudieron originarse en las fallas cercanas como Hato Viejo (FIGURA1). Si fueran sismos que ocurrieron en otros lugares de la falla de Boconó, por ejemplo entre Apartaderos y Boconó, estos se hubiesen sentido aún más fuertes en Trujillo. Pero en el detallado reporte de Vilchez y Narvaes (1674) se habla solo de un temblor fuerte a las 9 de la noche el día 16 de enero en Trujillo. Esto hace pensar que las réplicas de El Tocuyo se relacionan con el extremo noreste de la ruptura de la falla de Boconó. El punto más cercano a El Tocuyo, sobre la falla, está cerca de Guaríco. Esto significa que el evento sísmico más reciente encontrado en la trinchera (La Primavera) cerca de Guaríco

(FIGURA 2) podría atribuirse al evento sísmico del 16 de enero de 1674 (Audemard, 2014).

- ✓ Región de San Antonio de Mucunó. Allí, en un lapso de 20 años (de 1672 hasta 1692) los repetidos temblores con sus consecuencias cosísmicas fueron tan fuertes que la población vio la necesidad de mudar el pueblo (Laffaille *et al.*, 2010). El cerro de San Antonio de Mucunó se ubica aproximadamente a 20 km de Lagunillas donde, de acuerdo a los resultados de las excavaciones de las trincheras, se encontraba el extremo suroeste de la ruptura del sismo.
- ✓ Región Sur del Lago de Maracaibo y Trujillo. Los testigos de esta zona hablan de horrorosos temblores y terremotos que duraron por lo menos hasta septiembre (Sevilla, 1674). Como se explicó arriba, los temblores se manifestaron sobre todo por los movimientos de masa que produjeron las consecuentes inundaciones. La zona norte de la falla de Boconó tiene muchas fallas (falla de Valera, Piñango, Tuñame, Burbusay, Hato Viejo y Piedemonte...), (FIGURA 2) y por lo tanto es propicia a que ocurrieran réplicas.

Adicionalmente, se plantea otra hipótesis de que fallas secundarias próximas a la falla de Boconó pudieron activarse como respuesta a los sismos mayores generados en su traza principal. Evidencias recientes derivadas del monitoreo instrumental (Hamling *et al.*, 2017) respaldan este mecanismo, al documentar rupturas superficiales en fallas secundarias localizadas a 15-20 km de las estructuras principales.

6. Relación entre longitud de ruptura y magnitud

Wells y Coppersmith (1994) establecieron, por análisis de regresión, una relación entre la magnitud de momento y la longitud de ruptura para diferentes tipos de sismos.

Aplicando esta relación a la falla de Boconó (la cual es rumbo-deslizante) se obtiene:

- ✓ Para una longitud de ruptura de superficie de 70 km una magnitud de $7,2 \pm 0,3$. Esto corresponde a la longitud del segmento Boc-b (entre Lagunillas y Apartaderos).

- ✓ Para una longitud de ruptura en superficie de 150 km, que correspondiente a la distancia aproximada entre Apartaderos y Guarico, se obtiene una magnitud de $7,6 \pm 0,3$.

En comparación de este resultado con el valor de la magnitud publicada por Palme *et al.* (2005a), para el evento del 16 de enero de 1674 (7.4 ± 0.6) se encuentra una coincidencia razonable entre estos resultados, considerando la escasez de información histórica por lo despoblado de este territorio.

7. Conclusiones

Si bien quedan todavía muchas cuestiones abiertas, se puede afirmar con bastante certeza lo siguiente:

- Los terremotos del enero de 1674 se originaron por rupturas de la falla de Boconó.
- Fueron dos sismos destructores, uno el 12 de enero en la noche y el otro el 16 de enero en la tarde. El evento principal fue el del 16 de enero que causó daños en Mérida, Gibraltar, Trujillo y El Tocuyo. El evento del 12 de enero causó daños solo en Mérida; en Trujillo posiblemente fue sentido fuertemente. Por otra parte, el evento del 8 de diciembre de 1673 no causó daños en sitio ningún.
- El patrón de las réplicas que se extienden de San Antonio de Mucunó hasta El Tocuyo, conjuntamente con los resultados de las excavaciones de las trincheras, demuestra que la ruptura de la falla de Boconó se propagó en dos eventos, probablemente, desde Lagunillas hasta cerca El Tocuyo.
- Se puede pensar, que el evento del 12 de enero se debió a una ruptura del segmento Boc-b y el evento grande del 16 de enero por ruptura del segmento Boc-c y parte (o todo) de Boc-d. - Hay coincidencia razonable entre la magnitud encontrada por evaluación de intensidades (Palme *et al.* 2005a) y por la longitud de ruptura obtenida en este trabajo.
- Es necesario continuar investigando la documentación histórica para afinar el alcance de la ruptura en el noreste de la falla de Boconó, específicamente los documentos de Tostós, El Tocuyo, Barquisimeto, etc.

8. Nota

¹ En la publicación de Palme y Altez (2002) se cometió un error al citar a Vilchez y Narvaes (1674).

En Vilchez y Narvaes se dice: "hasta los días de enero que hubo otro a las diez de la noche", y no como cita esta publicación: "que el temblor de enero ocurrió el día 10 de enero a las 10 de la noche".

9. Referencias citadas

- AKI, K. 1979. "Characterization of barriers on an earthquake fault." *Journal of Geophysical Research*, 84(B11): 6.140-6.148.
- ALBARRÁN, F. 1674. *Carta al Obispo*. Archivo General de Indias. Audiencia de Santo. Domingo, Legajo 218.
- ALTEZ R.; PARRA I. y A. URDANETA. 2005. "Contexto y vulnerabilidad de San Antonio de Gibraltar en el siglo XVII: una coyuntura desastrosa". *Boletín de la Academia Nacional de la Historia*, 181-209.
- ALTEZ, R. 2016. *Historia de la vulnerabilidad en Venezuela: siglo XVI-XIX*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Sevilla. Madrid, España.
- ALVARADO M.; AUDEMARD F.; LAFFAILLE J.; OLLARVES R. & L. RODRÍGUEZ. 2008. Paleoseismic investigation on the Boconó fault between Las González and Estanques, Mérida Andes, Venezuela. *7th International Symposium on Andean Geodynamics*, (37-40). Extended Abstracts.
- ALVARADO, M.; CANTOS G.; PÉREZ, E. y F. AUDEMARD. 2015. "Cartografía neotectónica de la falla de Boconó entre Tabay y la Toma, Mérida-Venezuela". *Boletín de Geología*, 37(2): 47-55.
- ARCHIVO NACIONAL DE VENEZUELA. 1930. *Encomiendas*. Tomo II: 172 y 410. Caracas, Venezuela.
- AUDEMARD, F. 2014. "Segmentación sismogenética de la falla de Boconó a partir de investigaciones paleosísmicas por trincheras, Venezuela occidental: ¿Migración de la ruptura hacia el noreste en tiempo históricos?". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71 (2): 247-259.
- AUDEMARD, F. 2009. Información de detalles segmentación sismogenética de la falla de Boconó a partir de investigaciones paleosísmicas por trincheras, *Resúmenes V Jornadas Venezolanas de Sismología Histórica*. (25-28 junio).
- AUDEMARD, F. 1997. "Holocene and historical earthquakes on the Boconó fault system, southern Venezuelan Andes: trench confirmation". *Journal of Geodynamics*, 24(1-4): 155-167.
- AUDEMARD, F.; COSTA, C.; COWAN, H.; DIEDERIX, H.; FERRER, C.; MACHETTE, M.; OKUMURA, K. & D. PANTOSTI. 1999. "Trench investigation along the Mérida section of the Boconó fault". *Tectonophysics*, 308(1): 1999

- AUDEMARD, F.; OLLARVES R.; BECHTOLD M. & H. DIEDERIX. 2008. "Trench investigation on the main strand of the Boconó fault in its central section, at Mesa del Caballo, Mérida Andes, Venezuela". *Tectonophysics*, 459(1): 38-53.
- BAKUN, W. & C. WENTWORTH. 1997. "Estimating earthquake locations and magnitudes from seismic intensity data". *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 87: 1.502-1.521.
- CABILDO DE TRUJILLO. 1686. *Informaciones*. Archivo General de Indias Audiencia de Santo Domingo, legajo 202. Traducción Hermano Nectario María.
- CENTENO-GRAU, M. 1969. *Estudios sismológicos*. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Caracas, Venezuela.
- CLUFF, L & W. HANSEN. 1969. *Seismicity and seismic-geology of Northwestern Venezuela*. Volume I. Evaluation. Woodward-Clyde & Associates. Informe presentado a la Compañía Shell de Venezuela.
- DAS, S. & C. HENRY. 2003. "Spatial relation between main earthquake slip and its aftershock distribution". *Reviews of Geophysics*, 41: 1.013-1.036.
- DAS, S. & C. HENRY. 2001. "Aftershock zones of large shallow earthquakes: fault dimensions, aftershock area expansion and scaling relations". *Geophys. J. Int.*, 147: 272-293.
- DÁVILA, V. 1929. *Declaración de José Antonio Gil de la Hita*. Encomiendas. Tomo II. Editorial Caracas Tipografía Americana, Archivo Nacional. Venezuela.
- FEBRES, T. 1931. *Cronicón sísmico de los Andes Venezolanos*. Archivo de Historia y Variedades. Tomo II, pp. 146-151. Editorial Sur América. Caracas, Venezuela.
- FERNÁNDEZ, F. 1683. *Ciudad de Nuestra Señora de la Pura y Limpia Concepción del Tocuyo*. Encomienda. Tomo II. Publicado: Encomiendas Tomo II. 1930, Editorial Caracas Tipografía Americana, Archivo Nacional. Venezuela.
- FERRER, C. 1988. *Una revisión sobre las características geológicas de un segmento de la zona de fallas de Boconó: Sector Tabay-Estanques, Estado Mérida*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Venezuela. Trabajo de Grado (Maestría).
- FIEDLER, G. 1972. La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapas de Isosistas. *IV Congreso Geológico Venezolano*, 2.441-2.462. Caracas, Venezuela.
- FIEDLER, G. 1961. Áreas afectadas por terremotos en Venezuela. *III Congreso Geológico Venezolano*, 1.791-1.810. Memoria. Editorial Sucre, Caracas, Venezuela.
- FRANCISCO, A. 1684. *Informaciones*. Archivo General de Indias Audiencia de Santo Domingo, legajo 202. Traducción Hermano Nectario María.
- GRASES, J. 1980. *Investigación sobre los sismos destructores que han afectado el centro y occidente de Venezuela, anexo documentales*. INTEVEP. Caracas, Venezuela.

- GRASES, J.; ALTEZ, R. y M. LUGO. 1999. *Catálogo de sismos sentidos o destructores Venezuela 1530/1998*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- HAMLING, I.; HREINSDÓTTIR, S.; CLARK, K.; ELLIOTT, J.; LIANG, C.; FIELDING, E. & M. STIRLING. 2017. "Complex multifault rupture during the 2016 M 7.8 Kaikōura earthquake, New Zealand". *Science*, 356(6334): 7194.
- HERRERA, J.; FERNÁNDEZ, M.; FLORES T. y J. TORO. 1674. *Correspondencia del Cabildo de Mérida sobre los temblores de tierra*. Archivo General de la Nación (Santa Fe de Bogotá). Sección Colonia. Milicias y Marina. T. 137. Orden 129.
- LAFFAILLE, J. y C. FERRER. 2009. Posibles huellas geomorfológicas de los terremotos de 1673 y 1674 en los Andes de Mérida. *V Jornadas Venezolanas de Sismología Histórica*, Resúmenes: 94-95. (Julio 18-20).
- LAFFAILLE, J.; AUDEMARD, F. y M. ALVARADO. 2010. "San Antonio de Mucunó, Mérida Andes, Venezuela: Relocation of a doctrine town following the 1674 earthquake". *Ancient Earthquakes*, 471: 1-8.
- MARTÍNEZ, A. I.; RENDÓN, H.; SCHMITZ, M.; BARRIOS, I. y L. ALVARADO. 2020. "Recálculo de la magnitud de momento del enjambre sísmico de Lagunillas (Estado Mérida, Venezuela) del 2015-2016". *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 34(2).
- MELGAR, D. & C. ALTUNTAS. 2023. "Sub- and super-shear ruptures during the 2023 M7.8 and M7.6 earthquakes in SE Türkiye". *Seismica Report*, 23: 1-10.
- PALME, C 1990. "Los terremotos de 1674 y 1775 en Trujillo". *Acta Científica*, 41(4): 260-268.
- PALME, C y ALTEZ, R. 2002. "Los terremotos de 1673 y 1674 en los Andes venezolanos". *Interciencia*, 27(5): 220-226.
- PALME, C. 1990. "Los terremotos de 1673 y 1674 en Trujillo". *Acta Científica Venezolana*, 41(4): 260-268.
- PALME, C.; CHOY, J. y MORANDI, M. 2005a. "Re-evaluación de las intensidades de los grandes sismos históricos de la región de la cordillera de Mérida utilizando el método de Bakun & Wentworth". *Revista Geográfica Venezolana*, Número especial, 233-253.
- PALME, C.; MORANDI, M. y J. CHOY. 2005b. "Determinación de una relación lineal entre Intensidad, Magnitud y Distancia Epicentral para el Occidente de Venezuela". *Interciencia*, 30(4): 195-204.
- RAMÍREZ, L. y R. ARANGUREN. 2016. "Los efectos de los sismos de 1673-1674 en el sur del lago de Maracaibo". *Revista Historia, Terremotos y Tsunamis en nuestra América*, 6(9): 95-126.

- ROD, E. 1956. "Strike faults of northern Venezuela". *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 40(3): 457-476.
- ROJO, Z. 1998. "Proceso económico-social de Trujillo en el siglo XVII y los movimientos sísmicos". *Revista Geográfica Venezolana*, 39(1-2): 107-125.
- SAMUDIO, E. 1999. "Conmoción en Mérida andina: Los sismos de 1673-1674". *Revista Fermentum*, 9(25): 261-284.
- SAMUDIO, E. 1984. *Las haciendas del colegio San Francisco Javier de la compañía de Jesús en Mérida 1628-1767*. Editorial Arte, Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela
- SCHUBERT, C., 1982. "Cuencas de tracción en los Andes merideños y en las montañas del Caribe, Venezuela". *Acta Científica Venezolana*, 33: 389-395.
- SCHUBERT, C., 1980. "Morfología neotectónica de una falla rumbo-deslizante e informe preliminar sobre la falla de Boconó, Andes merideños". *Acta Científica Venezolana*, 31: 98-111.
- SEVILLA, J. 1674. *Autos fechos en razón de la mayordomía del hospital de Jesús Nazareno en la ciudad de Gibraltar*. Archivo General Nacional de Bogotá, Misceláneos T. 149. F. 78r-v.
- SOULAS, J. 1985. Neotectónica y del flanco occidental de los andes de Venezuela, entre 70°30' y 71°00'W (fallas de Boconó, Valera, Tuñame, Piñango y del Piedemonte). *VI Congreso Geológico Venezolano*. Ministerio de Geología y Minas, 2687-2711. Memorias
- VILCHEZ y J. NARVAES. 1674. *Vicario eclesiástico de Trujillo al Obispo de Venezuela*. Archivo General de Indias. Sección Audiencia de Santo Domingo, legajo 218.
- VILLAFANE, M. y A. NADAL. 2004. "Mudanza del pueblo de San Antonio de Mucuñó para otro sitio más apropiado en tierras de la Encomienda del Capitán Alonso de Toro Holguin, en el Valle de Acequias, 1692". *Procesos Históricos. Revista de Historia y Ciencias Sociales*, 177-237.
- WELLS, D. & K. COPPERSMITH. 1994. "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement". *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(4): 974-1.002.

Sitios web:

Los documentos históricos citados pueden ser consultados en:

<http://www.sismicidad.ciens.ula.ve/>

Lugar y fecha finalización del artículo:
Mérida, Venezuela; septiembre, 2025