

LOS MAYORES TERREMOTOS EN LOS ÚLTIMOS 6000 AÑOS EN ESPAÑA

Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos en España

PABLO G. SILVA

Depto. Geología, Universidad Salamanca, Escuela Politécnica Superior de Ávila (Spain); E-mail: pgsilva@usal.es

El pasado mes de mayo de 2019 se publicó en versión *on-line* la segunda edición del catálogo de Efectos geológicos de los terremotos editada por el Instituto Geológico y

Minero de España (IGME) y la Asociación Española para el Estudio del Cuaternario (AEQUA). Esta segunda edición completa y actualiza la primera edición del año 2014, catalogando los efectos naturales y sobre el terreno de los 50 terremotos de mayor tamaño que han afectado a la península Ibérica desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad.

Los terremotos son uno de los riesgos geológicos más importantes que afectan a las poblaciones humanas. En España, la Cordillera Bética, los Pirineos y la zona del

Golfo de Cádiz, son las zonas que más frecuentemente han sufrido los desastres sísmicos ya que allí se producen los terremotos de mayor tamaño. El proceso de rotura de la corteza terrestre libera ondas elásticas, que denominamos ondas sísmicas, que son las que producen la vibración destructiva del terreno que acompaña a un terremoto. No obstante, la destrucción que provoca la vibración del terreno, va por lo general asociada a otros procesos geológicos, como pueden ser desprendimientos, agrietamientos,

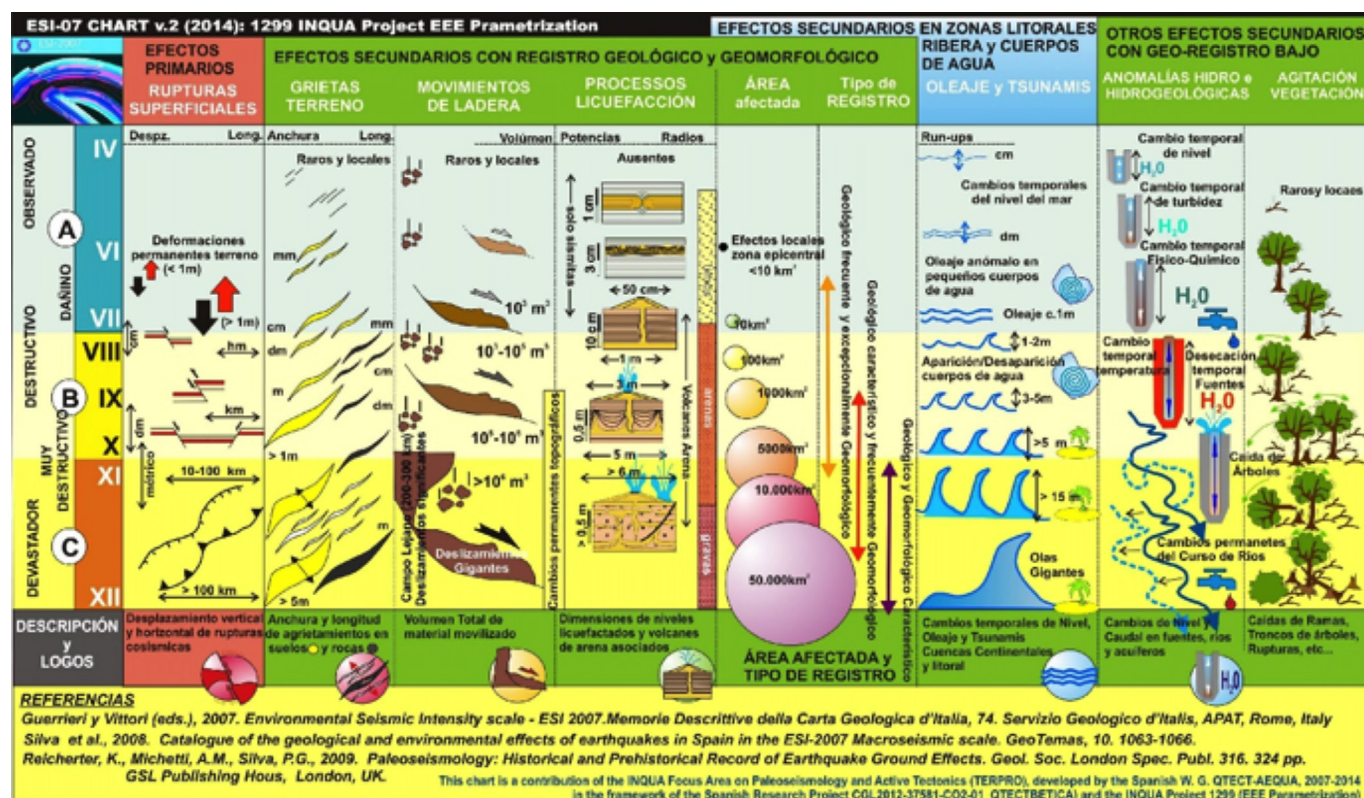


Fig. 1. Panel gráfico-descriptivo de Escala Macrosísmica de los Efectos Ambientales de los Terremotos ESI-07

licuefacción del terreno o los famosos tsunamis. Todos ellos, entre otros más desconocidos, son efectos secundarios de la sacudida sísmica y se localizan en aquellas zonas donde normalmente suelen producirse sin necesidad de que haya un terremoto, pero la vibración del terreno multiplica su ocurrencia y lo que es más importante ¡su tamaño! Así pues, en una zona de montaña o con fuertes pendientes serán muy comunes los desprendimientos o deslizamientos del terreno, mientras que en llanuras costeras, estuarios o deltas, donde los sedimentos se encuentran empapados en agua serán muy comunes los procesos de licuefacción del terreno.

El catálogo que se ha publicado describe y analiza tales efectos geológicos de los terremotos y como contribuyeron en la destrucción de las poblaciones. Por ejemplo, durante el terremoto de Lorca del año 2011 (Murcia, Intensidad VIII) se contabilizaron algo más de 250 desprendimientos que afectaron a infraestructuras o a determinadas zonas de la población, siendo los más importantes los que se produjeron en la zona del antiguo castillo (actual Parador de turismo). Algo similar ocurrió durante el terremoto de Arenas del Rey (Granada, Intensidad X) del año 1884, que fue el último gran terremoto que ha ocurrido en nuestro país, y que ocasionó alrededor de 900 muertos, miles de heridos y miles de casas destruidas. Durante el terremoto de Torrevieja del año 1829 (Alicante, Intensidad IX-X) los procesos de licuefacción multiplicaron el daño en toda la vega baja del río Segura, destrozando todos los puentes que existían sobre el río y afectaron gravemente a unas 20 localidades, cuatro de ellas quedaron totalmente asoladas y tuvieron que ser totalmente reconstruidas y alguna de ellas reubicada en otro lugar. El número de muertos, heridos y casas arruinadas fue similar al ya mencionado de Arenas del Rey. El catálogo analiza el poder destructivo de los terremotos basado en su intensidad, que posee XII grados.

La **intensidad de los terremotos** es un parámetro que evalúa semi-cuantitativamente el tamaño de un terremoto en función de sus efectos sobre (a) las personas, (b)

las edificaciones, y (c) el terreno o medio natural. Existen doce grados de intensidad que se numeran en números romanos, basados en la escala original desarrollada por el sismólogo italiano Mercalli a finales de siglo XIX. Por otro lado, la Escala Richter de magnitudes (logarítmica) se introduce con las medidas instrumentales (sismógrafos y sismogramas) durante el siglo XX. **Los sismógrafos no empiezan a funcionar hasta principios del siglo XX** y en particular en España su uso no se estandariza hasta bien entrado el mismo (año 1962). De manera que tenemos dos tipos de terremotos, los instrumentales registrados por sismógrafos y los históricos únicamente documentados por fuentes escritas históricas. En España el periodo histórico termina el último año del siglo XIX (1899). Los terremotos anteriores al año 1900 son históricos y como no existían los sismógrafos no se tienen registros instrumentales y el único parámetro de tamaño para estos terremotos es la **intensidad** en la **Escala Mercalli** o similares. Así en función de la intensidad podemos tener tres tipos básicos de terremotos, los que únicamente producen efectos sobre las personas y poco o ningún daño (Grados II al V), los que tienen efectos sobre las edificaciones en distinto grado y son dañinos (Grados VI al VIII) y los ya devastadores que dan lugar a la destrucción completa de poblaciones y generan importantes efectos sobre el terreno (deslizamientos, licuefacción, agrietamientos, etc.) o sobre el medio ambiente (tsunamis, cambios hidrológicos, efectos sobre la vegetación arbórea, etc.), que son de Grado IX al XII. En esta última categoría los efectos sobre el terreno son permanentes, causando cambios importantes en el paisaje. Montañas, ríos y costas pueden cambiar su topografía en unas cuantas decenas de segundos o pocos minutos. Dado que los efectos geológicos sobre el terreno eran difíciles de “cuantificar” en las escalas sísmicas tradicionales, como la Mercalli, a partir del año 2001 la **Comisión de Paleosismología** de la Asociación Internacional para el Estudio del Cuaternario (INQUA), comenzó la recopilación de datos geológicos para la elaboración de

una escala macrosísmica basada únicamente en los efectos sobre la naturaleza de los terremotos. En el año 2007, se aprobó por el Consejo Internacional de INQUA la Escala Sísmica de Efectos Ambientales de los Terremotos: **The Environmental Seismic Intensity Scale (ESI-2007)**, con la colaboración de científicos involucrados en la edición del catálogo para España. Esta escala es la base para la catalogación de los efectos geológicos en España y tiene en cuenta los efectos primarios (rupturas de falla) y los efectos secundarios (deslizamientos, licuefacción, etc.). Estos últimos, contribuyen en gran medida a la destrucción causada por un terremoto, que quedan desvirtuados, y excluidos, en las nuevas normas impuestas por la Unión Europea desde el año 1998: **The European Macroseismic Scale (EMS-98)**.

Estas nuevas prácticas macrosísmicas de la UE, por lo general solo consideran daños sobre las edificaciones los cuales quedan saturados (indistinguibles daños mayores) a partir de intensidades IX-X para la mayor parte de poblaciones europeas que no sean grandes ciudades. A partir de intensidad IX los efectos sobre el terreno son diagnósticos y son la única herramienta creíble para asignar intensidades, ya que por lo general las poblaciones se encuentran severamente dañadas. Un claro ejemplo de ello es lo sucedido durante los terremotos de los Apeninos que devastaron Italia central durante el verano de 2016. Municipios como Amatrice y Accumoli quedaron totalmente devastados. En este caso terremotos de magnitud intermedia (6,0 – 6,2) ocasionaron daños de intensidad X. La destrucción en la zona fue mayor por las fuertes pendientes, deslizamientos y desprendimientos del terreno. La ventaja de la Escala ESI-07, es que permite la asignación de intensidades solo mediante los efectos naturales, generándose una **herramienta de evaluación geológica** independiente del daño sobre las edificaciones. Las ventajas añadidas es que la ESI-07 puede aplicarse a: (1) zonas donde la población (por tanto, la edificaciones) sean escasas o inexistentes; (2) distintas zonas geográficas con diferentes estilos

de construcción (madera, ladrillo, piedra, adobe, hormigón, etc.), ya que es independiente de los mismos; y (3) distintas épocas históricas o prehistóricas con también diferentes estilos de construcción o densidad de poblaciones humanas. Sin embargo, **lo más importante** es que la aplicación de la ESI-07 permite **ligar los registros históricos y prehistóricos con los geológicos (paleosismos)** de los terremotos, extendiendo los catálogos sísmicos al pasado geológico más reciente (últimos 10.000 años). Por tanto, permitirán mejorar las estimaciones para los estudios de **riesgo y peligrosidad sísmica** que, por ejemplo dan lugar a las **normativas de construcción sismoresistentes**, la vigente en España es la NCSE-02 que tuvo que ser revisada y actualizada tras el terremoto de Lorca de 2011. Desafortunadamente, a día de hoy en España los datos geológicos de los terremotos son desestimados por los organismos o instituciones públicas responsables de elaborar las normativas.

El presente catálogo además de incorporar datos geológicos incorpora datos sobre efectos de los terremotos en yacimientos arqueológicos, de la emergente ciencia de la **arqueosismología**. Estos datos permiten documentar, lo que ahora denominamos **terremotos antiguos** (ancient earthquakes), **terremotos perdidos** que no están documentados mediante medios escritos, pero han dejado su huella (deformaciones) sobre columnas, muros, murallas y pavimentos de época romana, la edad del Bronce o época medieval. De esta forma el presente catálogo presenta información sobre terremotos de época romana ocurridos en *Baelo Claudia* (Tarifa) o *Complutum* (Alcalá de Henares), por poner dos ejemplos relevantes no incluidos en otros catálogos sísmicos convencionales. Tras las investigaciones realizadas por muchos de los autores del presente catálogo desde el año 2000, están surgiendo en la Península, **“terremotos perdidos”** que están mejorando nuestro conocimiento sobre la historia sísmica de nuestro país. La misma metodología puede aplicarse a diferentes elementos de nuestro patrimonio histórico-artísti-



Cráter de explosión por licuefacción de gravas afectando estructuras romanas del siglo IV d.c. en las cercanías de Complutum (Alcalá de Henares, Madrid). Terremoto antiguo de Intensidad \geq VIII ESI-07.

co (Castillos, Alcázares, Conventos, Catedrales, Iglesias, etc.) dañados por terremotos históricos bien documentados por escrito. Esto por ejemplo, incluye la catalogación de la mayor parte de los efectos ambientales y arqueológicos generados por el terremoto y posterior tsunami de 1755 AD, conocido como el Terremoto de Lisboa, que al igual que para el resto de terremotos ha supuesto una ingente labor de recopilación documental y catalogación que se ha desarrollado durante 11 años por un equipo multidisciplinar de investigadores de diferentes universidades e instituciones. Como no podría ser de otra manera, esta segunda edición del catálogo se presenta como una obra abierta, sus-

ceptible de modificaciones, actualizaciones y revisiones en posteriores ediciones.

Agradecimientos:

El catálogo se ha desarrollado dentro del contexto de los proyectos de investigación MINECO-FEDER CGL2012-37581-C02-01 (QTECT-BÉTICA: 2012-2015) y CGL2015-67169-P (QTEC-SPAIN: 2016-2019) de la Universidad de Salamanca y diversos proyectos internos del IGME (CATESI-07). En su confección han participado diferentes geólogos y geólogas de la USAL, IGME, UAM, UAH, UPM, UNED, UJAEN. ●

PARA SABER MÁS

Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner-Robles, J.L., Elez, J., Huerta, P., García-Tortosa, F., Bardají, T., Perucha, M.A., Vicente Gómez, P., Pérez-López, R., Lario, J., Roquero, E., Bautista Davila, M.B. (2019). *Catálogo de Efectos Geológicos de los terremotos en España*, 2ª Edición (Revisada y ampliada). Serie Riesgos Geológicos y Geotecnia, 6. IGME, Madrid. 804 pp. ISBN 978-84-9138-075-7. Disponible su visualización y descarga en este enlace, *Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos en España*

Silva, P.G., Rodríguez-Pascua, M.A., Giner-Robles, J.L., Elez, J., Pérez-López, R., Bautista Davila, M.B. (2019). *Catalogue of the Geological effects of Earthquakes in Spain Based on the ESI-07 Macroseismic Scale: A New Database for Seismic Hazard Analysis*. *Geosciences*, 9, 334. 29 pp. <https://doi.org/10.3390/geosciences9080334>