

# La serie sísmica de Torreperogil-Sabiote (Jaén)

## MÁS DE 2000 TERREMOTOS LOCALIZADOS EN MENOS DE UN AÑO

JOSÉ A. PELÁEZ<sup>1,3</sup>,  
FRANCISCO J. GARCÍA-TORTOSA<sup>2,3</sup>,  
MARIO SÁNCHEZ-GÓMEZ<sup>2,3</sup>,  
CARLOS SANZ DE GALDEANO<sup>4</sup>,  
FERNANDO PÉREZ-VALERA<sup>3</sup>,  
JESÚS HENARES-ROMERO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Física, Universidad de Jaén

<sup>2</sup> Dpto. de Geología, Universidad de Jaén

<sup>3</sup> Centro de Estudios Avanzados en Ciencias de la Tierra

<sup>4</sup> Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada

<sup>5</sup> Universidad Internacional de la Rioja

El 20 de octubre de 2012 comienza en la comarca de la Loma de Úbeda (Jaén), en el extremo NE de la cuenca del Guadalquivir, una serie sísmica con más de 6000 terremotos, de los que el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha localizado y dado magnitud a más de 2200 hasta este momento. Aunque un año después puede darse prácticamente por concluida, sigue registrándose en la zona lo que podríamos llamar una sismicidad residual, que en algunos momentos lleva aparejada picos de sismicidad de varios terremotos diarios.

Es posiblemente la serie sísmica acaecida en España con un mayor número de terremotos registrados, además de ser la más estudiada, si bien se produce en una zona que podríamos considerar de baja actividad sísmica y baja peligrosidad sísmica. Su repercusión en los medios de comunicación ha sido debida justamente al gran número de terremotos registrados y al importante número de terremotos sentidos, más de 200

a lo largo de toda la serie. Tanto ha trascendido, que la Comisión de Fomento del Senado en su sesión de 8 de abril de 2013, instó al Gobierno a que el IGN comenzara de forma inmediata un estudio para determinar su origen. Inmediatamente, el IGN creó una comisión de estudio de la serie sísmica en la que participaron diferentes organismos científicos y universidades, la cual ha presentado sus informes y conclusiones recientemente.

Desde un primer momento, en artículos periodísticos y diversos blogs, se dio pábulo a una serie de hipótesis sobre el origen de esta serie que cuando menos deben catalogarse como peculiares, además de falsas. Entre las hipótesis sobre su origen estaban la técnica del *fracking* o el vulcanismo, habida cuenta que aún estaban recientes las imágenes en televisión sobre las noticias y efectos de la serie sísmica de El Hierro. Otra hipótesis planteada por algunos científicos relaciona esta actividad sísmica con la hidrosismicidad, con el llenado de un embalse.

La comisión de estudio de esta serie, a la que pertenece la Universidad de Jaén, en sus conclusiones finales subraya que su origen es tectónico. No sólo todos los indicadores apuntan a la existencia de fallas como las estructuras generadoras de estos terremotos, sino que no hay datos científicos que avalen las otras hipótesis. Por un lado, no se están realizando en la actualidad explotaciones mediante *fracking* en esta zona, ni en ninguna otra en España. Por otra, el acuífero triásico bajo esta región no es kárstico, y el acuífero kárstico enclavado en las calizas jurásicas de

la Cobertera Tabular está saturado desde hace millones de años, según los hidrogeólogos que trabajan en el sector, por lo que no se pueden generar hundimientos o explosiones de gas, como indican los ponentes de esta hipótesis. Finalmente, no es necesario hacer hincapié en un foro de docentes o investigadores de las ciencias de la Tierra sobre la falsedad de la existencia de una cámara magmática somera bajo la cuenca del Guadalquivir.

Además del importante número de terremotos registrados, como se ha indicado anteriormente, ha sido característico de esta serie el gran número de terremotos sentidos, lo que ha provocado una gran alarma e inquietud entre la población, totalmente entendible, principalmente en Torreperogil, muy cerca de la vertical de la mayor parte de los terremotos localizados. De todas formas, la cercanía de esta población al área epicentral no es capaz de explicar por sí sola el que llegaran a sentirse eventos con magnitudes inusualmente bajas, por debajo de la magnitud  $1.5 m_{bLg}^1$ ; de forma excepcional llegó a sentirse un terremoto de magnitud  $0.9 m_{bLg}$ . Como se supuso desde un principio, y posteriormente han corroborado los estudios realizados por diversas instituciones en la zona, hay un claro efecto de sitio (condiciones geológicas locales) que ha provocado la amplificación de las ondas sísmicas para diversos períodos de interés. Este efecto de sitio está relacionado con la alternancia de niveles de areniscas,

<sup>1</sup> ver artículo de Peláez (2011) "Sobre las escalas de magnitud" publicado en el número 19.3 de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

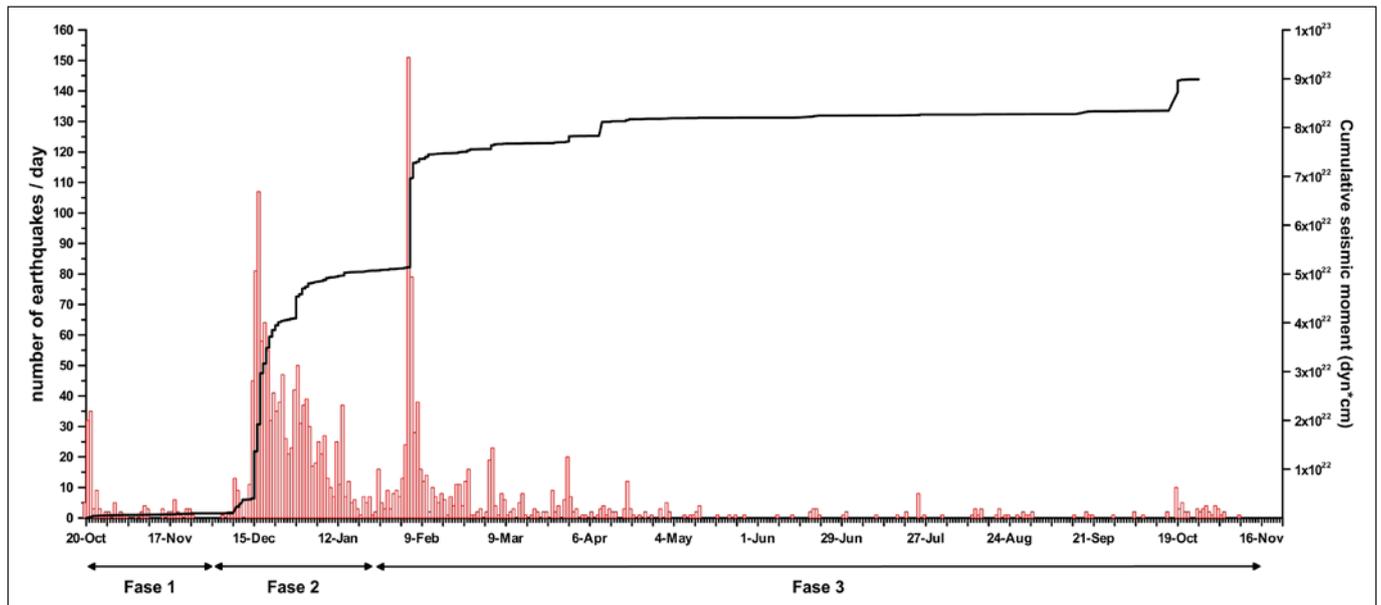


Fig. 1. Número de terremotos diario (localizados por el IGN) y momento sísmico acumulado.

areniscas margosas y margas presentes en el sector.

Ésta es una de las líneas de investigación que deben continuarse a la hora de establecer una microzonificación sísmica de las diversas poblaciones de la región, lo cual proporcionará una información muy valiosa en la previsión de daños por terremotos, así como en planes de desarrollo y ordenación urbana futuros.

En la Fig. 1 se observa la distribución temporal de terremotos, mostrando tres fases (o sub-series) que hemos delimitado en la evolución temporal de la serie sísmica. La fase 1 comienza el día 20/10/2012 y termina aproximadamente un mes después, sobre el 25/11/2012. Al igual que las dos fases posteriores, responde a un típico patrón de serie sísmica tectónica, aunque en este caso no tan marcado. Se aprecia con el paso de los días un aumento del número de terremotos por unidad de tiempo, al igual que de las magnitudes registradas, y posteriormente, un descenso más o menos rápido de ambas variables. Se llegaron a registrar dos terremotos de magnitud 2.1  $m_{bLg}$  los días 22/10/2012 y 24/11/2012, siendo la energía total liberada en esta fase la equivalente a un terremoto de magnitud 2.9  $m_{bLg}$ .

La fase 2 transcurre entre los días 05/12/2012 y 24/01/2013, aproxima-

damente. El terremoto más energético de la serie es uno de magnitud 3.7  $m_{bLg}$ , registrándose el 15/12/2012. La energía total liberada en esta fase es equivalente a la de un terremoto de magnitud 4.2  $m_{bLg}$ . En la Fig. 1, en donde se ha representado también el momento sísmico relajado acumulado, se observa cómo éste es claramente superior al relajado durante la fase 1.

Finalmente, la fase 3 transcurre desde el 25/01/2013 hasta diciembre de 2013, integrando aquí también la sismicidad residual que se viene generando en los últimos meses. La relajación de energía en esta fase es igual a la de la fase 2, aunque con un número menor de terremotos. Es en esta fase en donde se produce el terremoto más energético de toda la serie, un terremoto de magnitud 3.9  $m_{bLg}$  (3.7  $M_W$ ), producido el 05/02/2013, y sentido en la población de Torreperogil con intensidad V. Se produce sólo 24 segundos después de otro terremoto de magnitud 3.6  $m_{bLg}$ , formando con el anterior lo que se denomina un doblete, es decir, dos terremotos de similar magnitud muy cercanos en el espacio y el tiempo. Su mecanismo focal, de salto en dirección, se representa en la Fig. 2.

Mientras que las localizaciones del IGN muestran una mancha de

terremotos más o menos dispersa, sin mostrar ninguna alineación clara, las relocalizaciones relativas llevadas a cabo por diversos grupos de investigadores mediante el conocido *software* HypoDD muestran claros agrupamientos (*clusters*) y alineamientos de la sismicidad. En la Fig. 2 se muestra la relocalización llevada a cabo por nuestro grupo de trabajo, en donde los terremotos se localizan fundamentalmente a profundidades de entre 2 y 5 km. Otras relocalizaciones llevadas a cabo por otras instituciones, utilizando un diferente modelo de corteza, los sitúan entre 4 y 7 km. En todo caso, es ésta la variable con mayor incertidumbre en cualquier localización, máxime en esta zona, en la que la corteza no responde al modelo tipo utilizado para toda la península. Los dos alineamientos de dirección aproximada NS que se observan en la Fig. 2, uno al E de Torreperogil y otro entre Torreperogil y Sabiote, son compatibles tanto con el mecanismo focal calculado, como con la zona de falla delimitada tras las observaciones de campo realizadas.

Tanto los terremotos localizados en la fase 1 como en la 2 se localizan sólo en el agrupamiento al E de Torreperogil. Debido con toda probabilidad a una transferencia de esfuerzos, los terremotos incluidos en lo que hemos llamado fase 3, a partir del 25/01/2013, empiezan a produ-

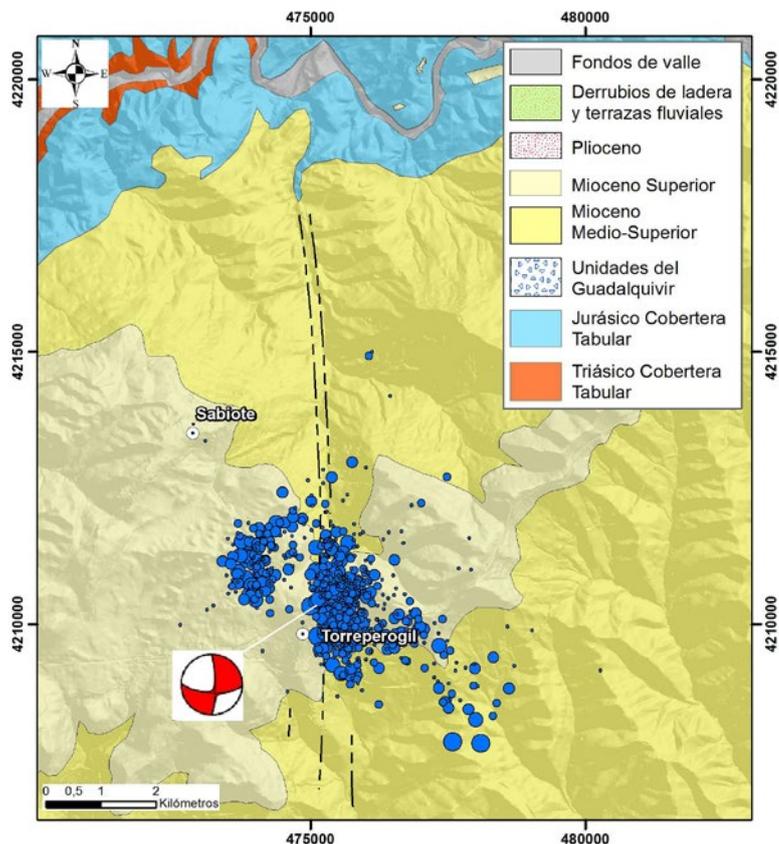


Fig. 2. Relocalización de los terremotos de la serie con magnitud igual o superior a 1.5  $m_{BLG}$ . Se observan dos claros alineamientos (uno ligeramente al E de Torreperogil y otro entre Torreperogil y Sabiote) de dirección aproximada NS, correspondientes a las dos posibles estructuras responsables de los terremotos. La línea discontinua marca la zona de falla identificada en superficie. Se muestra el mecanismo focal calculado por el IGN para el terremoto de 05/02/2013 de magnitud 3.7  $M_W$ .

cirse en el otro agrupamiento, el que marca el alineamiento entre Torreperogil y Sabiote, sin dejar tampoco de producirse en el agrupamiento al E de Torreperogil (Fig. 2).

Desde un punto de vista tectónico, la región que nos ocupa ha sido muy poco estudiada, fundamentalmente, por la aparentemente escasa deformación de los sedimentos miocenos que rellenan la cuenca, unido a la baja sismicidad registrada tanto en época histórica como instrumental. Aún así, diversas series sísmicas, así como algún terremoto moderado, se han localizado en el entorno próximo a esta zona, destacando las recientes series sísmicas de Arquillos (2010-2011) y S de Baeza (2011), o el terremoto de Linares de 1951, de magnitud 6.1  $M_W$ .

Las únicas estructuras que eran conocidas hasta este momento son las observadas en los perfiles sísmicos comerciales realizados por la compañía Chevron en la década de los 80, entre las que predomina un monoclin de dirección aproximada EW. En las diferentes interpretaciones realizadas sobre los perfiles sísmicos, la deformación de estas estructuras no alcanza a la superficie, ya que estaría sellada por los sedimentos miocenos. Sin embargo, algunas de estas estructuras sí podrían ser activas, a la vista de la serie sísmica que nos ocupa, lo cual ha sido corroborado tras el trabajo de campo realizado. Los trabajos de campo han puesto de manifiesto la existencia de una zona de falla activa. La estructura más significativa corresponde a una zona de falla de dirección aproximada NS, observada en un tramo del Arroyo de Sabiote, que está caracterizada por un gran número de planos de falla penetrativos a escala decimétrica generalmente estriados (Figs. 2 y 3).

El ancho de esta zona de falla es de al menos unos 200 m en el lugar de máximo desarrollo ob-



Fig. 3. Detalle de la zona de falla principal, caracterizada por abundantes planos de falla penetrativos a escala decimétrica.

servado, pero es posible que esta zona sea simplemente una rama de una zona de falla más ancha, lo cual podría ser congruente con las alineaciones que aparecen en la relocalización de los terremotos. No ha podido observarse su continuación hacia el N, debido a los cultivos existentes, mientras que hacia el S sí se observa la deformación en el pueblo de Torreperogil y al S de la población. Los trabajos realizados hasta este momento muestran una clara concordancia entre la dirección de la zona de falla, la dirección de los alineamientos observados en las relocalizaciones de los terremotos y uno de los planos del mecanismo focal calculado para el terremoto más energético de la serie.

#### Agradecimientos:

El trabajo de campo se ha realizado gracias a la ayuda específica concedida por el CEA Tierra (Universidad de Jaén), así como al proyecto de investigación *Tectónica, paleosismicidad y potencial sísmico de fallas activas en la Cordillera Bética Centro-Oriental* (CGL2011-30153-C02-02).●