

# Caracterización sísmica de la falla de Alhama de Murcia

## *Seismic characterization of the Alhama de Murcia Fault*

R. Gascón<sup>1</sup>, D. Martí<sup>2</sup>, J.J. Martínez-Díaz<sup>3</sup>, T. Teixidó<sup>4</sup>, J.P. Camacho<sup>5</sup>, I. Marzán<sup>2</sup> y R. Carbonell<sup>2</sup>

1. Universitat de Barcelonam Martí i Franqués s/n, 08028 Barcelona. [rosangela85@gmail.com](mailto:rosangela85@gmail.com)
2. Institut de Ciències de la Terra "Jaume Almera" - CSIC, Lluís Solé i Sabaris s/n, 08028 Barcelona. [dmarti@ictja.csic.es](mailto:dmarti@ictja.csic.es)
3. Universidad Complutense de Madrid-Instituto de Geociencias CSIC, 28040 Madrid. [jmdiaz@geo.ucm.es](mailto:jmdiaz@geo.ucm.es)
4. Instituto Andaluz de Geofísica, 18071 Granada. [tteixido@ugr.es](mailto:tteixido@ugr.es)
5. Instituto Costarricense de Electricidad, Costa Rica. [Johana.camacho@gmail.com](mailto:Johana.camacho@gmail.com)

**Resumen:** La falla de Alhama de Murcia (AMF) es una de las fallas más activas de la Península Ibérica y fue la causante del terremoto de Lorca de 2011 que significó numerosos daños materiales e incluso víctimas mortales. Esta falla oblicua en dirección NE-SO, que se extiende por más de 100 km, ha sido estudiada en superficie pero poco se sabe de su estructura en profundidad. Esto es especialmente importante para poder interpretar de forma correcta los numerosos datos paleosísmicos que se están obteniendo, ya que conocer la relación estructural en profundidad de las distintas ramas que forman la AMF es esencial. Por este motivo, y dentro del marco del proyecto InterGEO, se ha realizado una campaña de adquisición de datos sísmicos 2D a lo largo de la AMF, centrándose en los segmentos más interesantes en la zona de Lorca-Totana. Aquí se presentan los resultados preliminares del procesado de algunos de los perfiles adquiridos en esta campaña que muestran la primera imagen estructural de la falla en profundidad y que permitirá entender el comportamiento de dicha falla, así como determinar su relevancia desde el punto de vista del riesgo sísmico.

**Palabras clave:** Falla de Alhama de Murcia, sísmica reflexión, riesgo sísmico, tomografía

**Abstract:** The Alhama de Murcia fault (AMF) is one of the most active faults of the Iberian Peninsula and the source of the Lorca 2011 earthquake that caused significant damage including several casualties. This NE-SW oblique fault, extended more than 100 km, has been extensively mapped to characterize its surface structure but almost no information is available of the structure and geometry at depth. This is specially significant in order to correctly interpret the obtained paleoseismic data considering that the knowledge of the structural relationship in depth between different branches of the fault is necessary. Accordingly, and within the InterGEO project, a 2D seismic reflection acquisition experiment was carried out along the AMF, focusing in the more interesting segments in the Lorca-Totana area. In this work we present the very first results of the acquired seismic reflection profiles that show the first structural image in depth of this fault which allow us to understand the seismic behaviour of the fault, and determine its relevance in seismic hazard.

**Key words:** *Alhama de Murcia Fault, seismic reflection, seismic hazard, tomography*

## INTRODUCCIÓN

El estudio del riesgo sísmico asociado a grandes fallas activas es de gran importancia, especialmente en zonas que se encuentran altamente pobladas. Para ello es importante caracterizar estas fallas, para conocer su estructura interna, poder entender su geodinámica y establecer las implicaciones que se derivan en cuanto a su futuro potencial riesgo para la población. Actualmente existen muchas técnicas geológicas y geofísicas que nos permiten, tanto de una forma directa como indirecta, conocer al detalle muchos de los aspectos relevantes asociados a fallas de este tipo. A pesar de todo, muchas de estas metodologías presentan limitaciones relacionadas a la profundidad de investigación, que en el caso de fallas muy extensas puede ser un factor limitante para entender su funcionamiento interno.

En ese sentido, la sísmica de reflexión proporciona una herramienta única para poder visualizar en profundidad el subsuelo y obtener una detallada imagen de su estructura interna (Alcalde et al, 2013). Además, los datos sísmicos permiten obtener también modelos de velocidades que pueden ser utilizados, junto a otras propiedades físicas derivadas de otras técnicas de caracterización, para obtener una imagen muy detallada del subsuelo en la zona de estudio. En el caso de las fallas activas, para poder determinar potencialmente el tamaño máximo de un terremoto, es importante conocer la estructura de la falla en profundidad, sobre todo en aquellas fallas con una estructura en superficie compleja y ramificada como es el caso aquí estudiado.

La falla de Alhama de Murcia (AMF) es una de las fallas más activas de la Península (Fig. 1), a la que

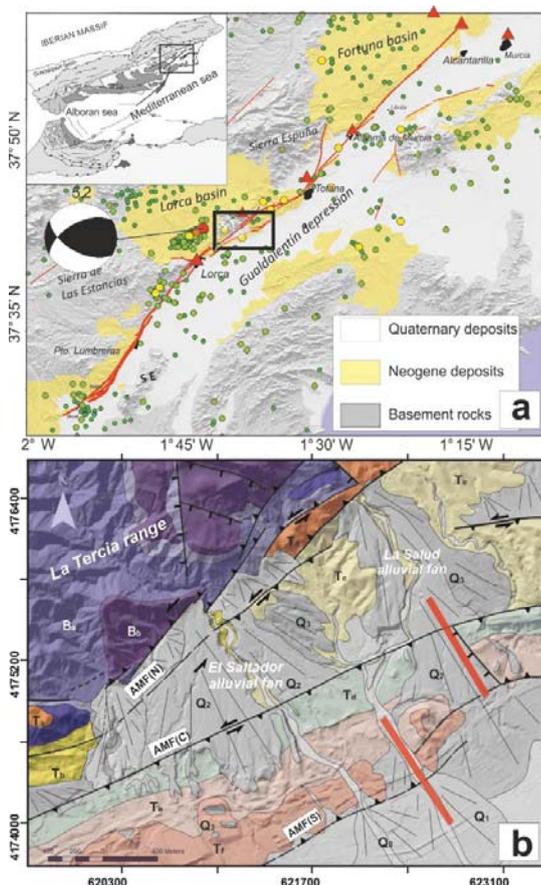


FIGURA 1. A): Mapa de la AMF con la sismicidad con profundidad hipocentral < 30 km y error de localización < 8 km, así como la sismicidad histórica destructiva (triángulos). B) mapa geológico de la zona de estudio. Ver situación en A. Se etiquetan las tres ramas principales de la AMF (norte, central y sur). Las bandas rojas indican la posición de los dos perfiles sísmicos adquiridos con el fin de determinar la estructura profunda de las ramas meridionales de la AMF. Ba-b: rocas del basamento Alpujárride; Ta-f: formaciones de edades que van del Tortonense Sup. Al Plioceno; Q0-4, depósitos aluviales Cuaternarios de vas antiguos Q3 a más modernos Q0.

se asocian varios terremotos históricos destructivos, siendo el último de ellos el terremoto de Lorca de 2011 (López-Comino et al. (2012) con grandes daños, tanto materiales como personales. En este contexto, y dentro del proyecto InterGEO, se han adquirido una serie de perfiles de sísmica de reflexión 2D con la intención de completar el conocimiento en profundidad de la AMF en el área comprendida entre Lorca y Totana (Fig. 1). En este segmento, la AMF presenta una gran complejidad mostrando su separación en diversas ramas. La sísmica obtenida intenta proporcionar información relevante sobre la geometría de estas diferentes ramas y la posible conexión entre ellas en profundidad, que supondría una información muy relevante para evaluar el potencial sísmico de la AMF.

## MARCO GEOLÓGICO

La zona estudiada se localiza en el sector centro-oriental del segmento Lorca-Totana de la AMF. En esta zona se han realizado numerosos estudios y prospecciones paleosísmicas que han aportado

abundante información acerca de la posición en superficie de la traza de la falla y la edad y recurrencia de los eventos paleosísmicos. (ver referencias de Martínez-Díaz et al., 2012; Ortuño et al., 2012; Ferrater et al. (2016). Hasta ahora todos los estudios paleosísmicos se han realizado en la rama central de la AMF (AMF(C) en Fig.1). Sin embargo esta rama presenta un buzamiento al SE antitético al observado en la falla principal que controla los frentes de montaña a lo largo del borde NW del valle del Guadalestín que es coherente con el buzamiento del mecanismo focal del terremoto de Lorca de 2011 (Fig. 1a). Por otro lado, al SE de la rama central se observa en afloramientos puntuales otra rama de buzamiento NW que limita los relieves de materiales miocenos y pliocenos (AMF(S) en Fig.1). A la hora de valorar el grado de completitud de la actividad paleosísmica cuantificada en la AMF(C) es fundamental desentrañar la estructura en profundidad de estas tres ramas y determinar si se trata de fallas distas desconectadas cuya actividad se ha relevado en el tiempo, o si por el contrario se encuentran conectadas en profundidad y por tanto se reparten entre ellas la deformación actual. El estudio aquí presentado constituye el primer paso para responder a esta cuestión.

## ADQUISICIÓN

A finales de 2015 se adquirieron una serie de perfiles de sísmica de reflexión 2D de alta resolución a lo largo del segmento de la AMF entre las localidades de Lorca y Totana (Figura 2). Estos perfiles, de longitudes variables (entre 500 m y 2000 m) fueron adquiridos utilizando 10 sismógrafos GEODE (Geometrics) con 24 geófonos de 10 Hz cada uno. En total, se disponían de 240 canales de registro activos con una separación entre ellos de 2 m. Como fuente sísmica se utilizó un peso acelerado de 250 kg con un punto de disparo localizado cada 6 m. El diseño del experimento perseguía la obtención de una imagen de alta resolución (tanto vertical como horizontal) de la estructura del subsuelo para profundidades cercanas a los 1000 m.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se presentan los primeros resultados preliminares del procesado de algunas de las líneas de sísmica de reflexión adquiridas dentro del proyecto InterGEO. Los datos adquiridos presentan, en general, una buena calidad (Fig. 2) a pesar de la presencia de importantes fuentes de ruido derivada de la actividad humana en una zona tan sumamente poblada. Por este motivo, la mayor parte del esfuerzo se centró en la mejora de la relación señal/ruido, focalizando los esfuerzos en eliminar el ruido antropogénico, pero sobre todo, en la atenuación de las ondas superficiales que enmascaran la señal sísmica. Esta parte del procesado junto a un detallado análisis de velocidades ha llevado a obtener una sección sísmica final que por

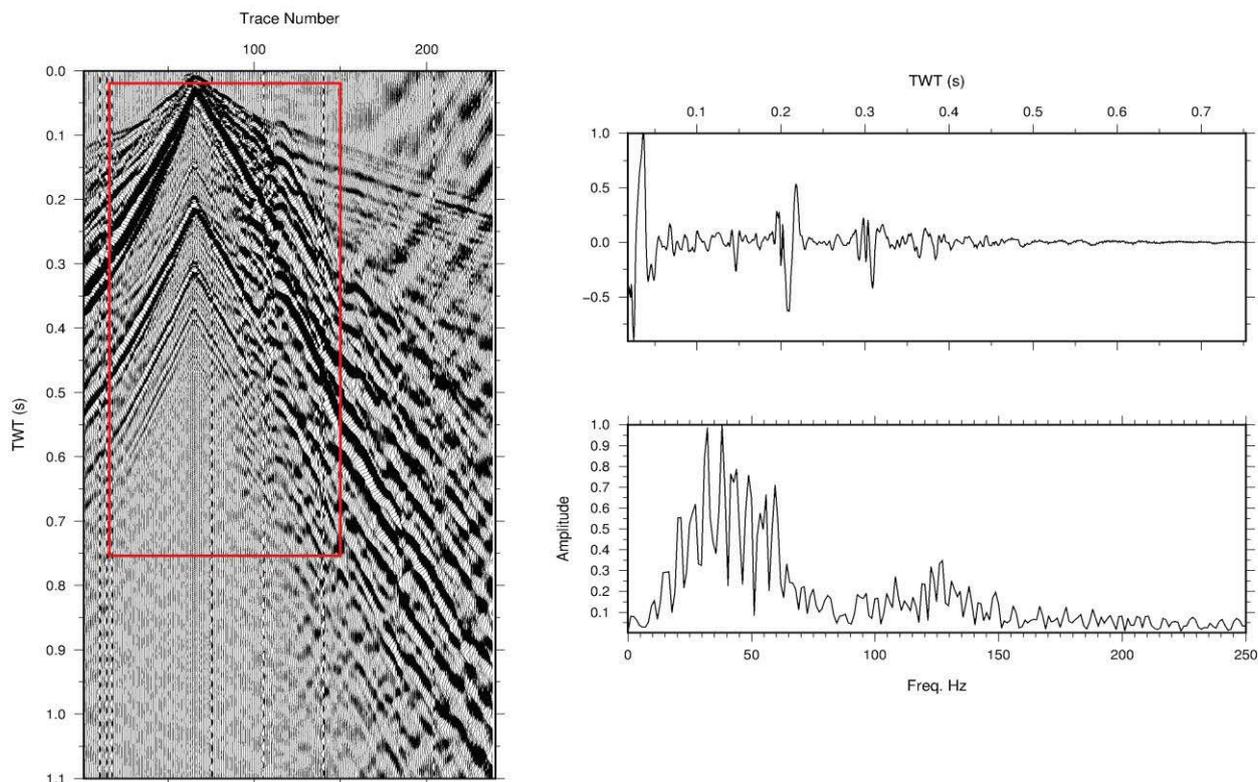


FIGURA 2. Disparo adquirido en la zona de La Salud. Se puede observar la presencia de ruido ambiente (parte superior a la derecha), así como el efecto de las ondas superficiales enmascarando la señal sísmica. Sobre la traza 125 se observa la presencia de fuertes difracciones asociadas a la AMF. También se presenta la amplitud media observada dentro de la zona indicada en el disparo (rectángulo rojo) así como su contenido en frecuencias.

primera vez permite obtener una imagen en profundidad de la AMF en diferentes sectores de interés. La interpretación permitirá caracterizar las diferentes ramas de la AMF en el sector Lorca-Totana, identificar el buzamiento de dichas ramas en profundidad y establecer la conectividad entre las ellas. Con esta información combinada con parámetros reológicos de la corteza podrá determinarse con mayor certidumbre las dimensiones de la fuente sísmica para poder utilizar la AMF y sus parámetros sismogénicos en los cálculos de peligrosidad sísmica

## CONCLUSIONES

La sísmica de reflexión ha demostrado ser una herramienta decisiva para completar la imagen en profundidad de la AMF, obtenida hasta ahora a partir de las otras técnicas geológicas y geofísicas desarrolladas en el proyecto. La aproximación multidisciplinar llevada a cabo permitirá entender con más detalle el funcionamiento de la AMF, así como evaluar el potencial sísmico asociado a ella.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha podido ser realizado gracias a la financiación de los proyectos CGL2014-56548-P, 2009-SGR-1595, 2009-SGR-1595. La instrumentación

fue proporcionada por el GIPP-GFZ (Potsdam, Alemania) y el INETI (Lisboa, Portugal).

## REFERENCIAS

- Alcalde, J., Martí, D., Juhlin, C., Malehmir, A., Sopher, D., Marzán, I., Ayarza, P., Calahorrano, A., Pérez-Estaún, A., y Carbonell, R. (2013): 3D Reflection Seismic Imaging of the Hontomín structure in the Basque-Cantabrian Basin (Spain). *Solid Earth* 4, 481-496.
- Ferrater, M., Echeverría, A., Masana, E., Martínez-Díaz, J.J., Sharp, W.D. (2016): A 3D measurement of the offset in paleoseismological studies. *Computers & Geosciences*, 90: 156-163.
- Lopez-Comino, J.A., Mancilla, F., Morales J. y Stich, D. (2012): Rupture directivity of the 2011, Mw 5.2 Lorca earthquake (Spain). *Geophysical Research Letters* 39, L03301.
- Martínez-Díaz, J.J., Masana, E., y Ortuño, M. (2012): Active tectonics of the Alhama de Murcia fault, Betic Cordillera, Spain. *Journal of Iberian Geology*, 38: 253-270.
- Ortuño, M., Masana, E., García-Meléndez, E., Martínez-Díaz, J.J., Stepáncikova, P., Cunha, P., Sohbaty, R., Canora, C., Buylaert, J.P. y Murray, A-S. (2012): An exceptionally long paleoseismic record of a slow-moving fault: the Alhama de Murcia fault (Eastern Betic Shear Zone, Spain). *Geological Society of America Bulletin* 124: 1474-1494.