

LA GEOLOGÍA ES NOTICIA

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE UN TERREMOTO PEQUEÑO PERO CATASTRÓFICO

LORCA: EL TERREMOTO DEL 11 DE MAYO DE 2011

José J. Martínez Díaz

(pag. 362)



11 DE MARZO DE 2011: EL BIG ONE EN UN LUGAR NO ESPERADO



Fuente: Agencia Reuters

EL TERREMOTO, Mw=9,0, DE TOHOKU-OKI (JAPÓN)

José Morales

(pag. 365)

EL TERREMOTO DE HAITÍ

Dos años después continúa la incertidumbre sobre la falla sísmica que ocasionó el desastre

José Luis Granja Bruña - Andrés Carbó Gorosabel

Pedro Pablo Hernaiz-Huerta - Pilar Llanes Estrada

Alfonso Muñoz-Martín - Antonio Olaiz Campos



(pag. 369)



(pag. 372)

José A. Álvarez Gómez

TERREMOTOS TSUNAMIGÉNICOS: REFLEXIONES DE LOS TSUNAMIS DE CHILE (2010) Y JAPÓN (2011)



(pag. 375)

LA BASE DE DATOS DE FALLAS ACTIVAS CUATERNARIAS DE IBERIA (QAFI)

Julián García-Mayordomo

Características geológicas de un terremoto pequeño pero catastrófico

LORCA: EL TERREMOTO DEL 11 DE MAYO DE 2011

JOSÉ J. MARTÍNEZ DÍAZ

Dpto. de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid – Instituto de Geociencias IGEO (UCM-CSIC).

Desde hacía más de 50 años, concretamente desde el terremoto de Albolote (Granada) que en 1956 ocasionó 13 muertos, no se producía en España un terremoto catastrófico de la entidad del que tuvo lugar en Lorca el 11 de mayo de 2011, que con una magnitud de 5,2 y una intensidad grado VII, ocasionó 9 víctimas mortales y afectó a más de 90.000 personas.

El terremoto ocurrió a las 18:47 (hora local) alcanzando una magnitud momento $M_w=5.2$. Fue precedido por un evento de $M_w=4.5$ una hora y media antes que ya causó algunos efectos menores, y que quizás aumentó la vulnerabilidad de algunas construcciones. En la figura 1 se puede observar la localización del epicentro del terremoto principal de la serie sísmica proyectado sobre el mapa geológico de la zona. La posición está muy próxima a la traza de la Falla de Alhama de Murcia, que es una falla activa de más de 80 km

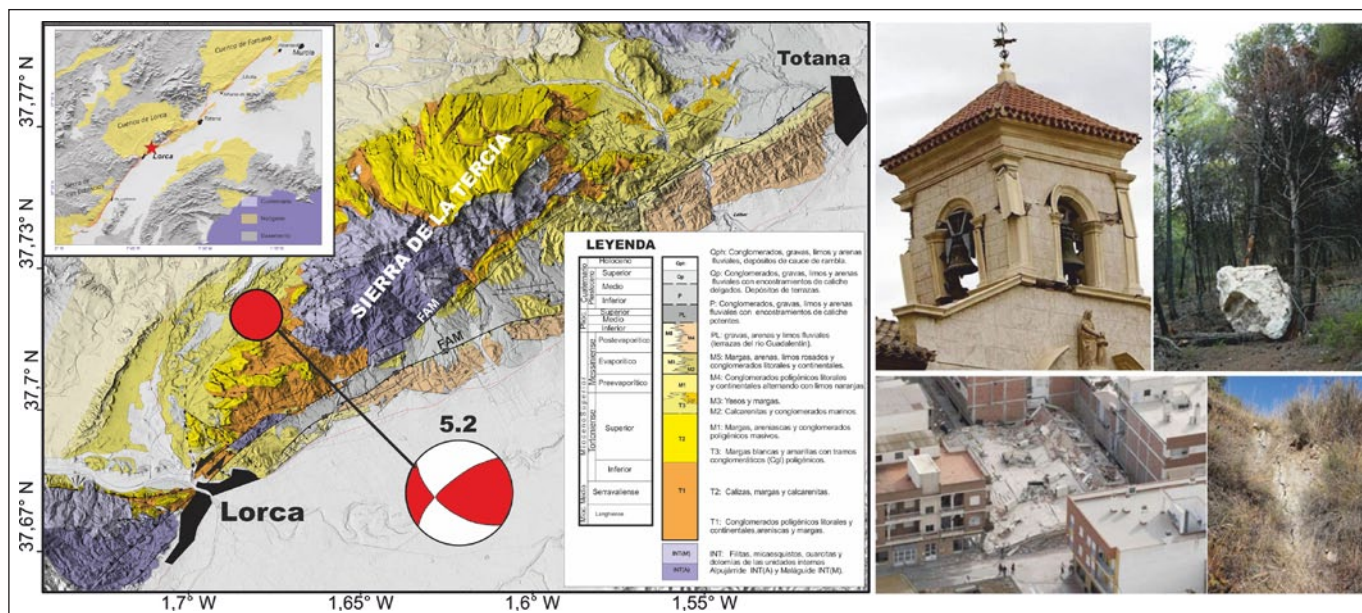
que discurre desde las proximidades de Góñar en Almería, hasta Alcantarilla, en las cercanías de Murcia. Además, existen algunas evidencias sísmicas y geológicas que luego trataremos, que apuntan a esta falla como responsable del sismo.

El terremoto ocasionó, aparte de las desgracias personales, numerosos efectos tanto en edificios como en el terreno, propios de un evento muy superficial (Figura 1). Entre estos efectos podemos destacar daños muy significativos, no solo en construcciones históricas, sino también en edificaciones de hormigón armado modernas. Especialmente dañinos fueron las caídas de elementos no estructurales que produjeron gran parte de las víctimas. Es de destacar que los barrios más antiguos con edificaciones precarias situados sobre estratos de conglomerados cementados en las laderas del Casti-

llo de Lorca sufrieron menos daños de lo esperado en comparación con los barrios modernos asentados en las capas de depósitos aluviales de las zonas modernas de la ciudad. Si bien los estudios están en marcha parece evidente que el tipo de sustrato geológico tuvo una influencia significativa en el grado del daño. Otros efectos geológicos y geotécnicos reseñables del terremoto fueron la gran cantidad de desprendimientos de rocas que se localizaron mayoritariamente en las crestas de calizas y dolomías de la sierra de Las Estancias y en el extremo SO de la sierra de La Tercia. También se han observado algunas grietas en el terreno asociadas a la vibración.

La región de Lorca es una zona bastante acostumbrada a sufrir terremotos de tamaño pequeño y moderado en época reciente. Además existen registros histó-

Fig 1. A la izquierda se muestra el mapa geológico de la zona de estudio sobre el que se proyecta el epicentro y el mecanismo focal del terremoto de Lorca según datos del Instituto Geográfico Nacional. En la parte superior izquierda se muestra la traza cartográfica de la Falla de Alhama de Murcia en todo su recorrido desde el Este de Almería hasta las cercanías de Murcia. A la derecha se muestran fotografías de algunos ejemplos de los efectos superficiales del terremoto como son los graves daños causados en el convento de Las Clarisas, el colapso de un edificio en el barrio de La Viña, uno de los cientos de bloques caídos sobre el bosque al pie del Cejo de Los Enamorados situado 6 km al NO de Lorca y un ejemplo de una de las grietas abiertas en las laderas junto al castillo de Lorca.



ricos que nos hablan de terremotos catastróficos en el pasado. Destacamos entre ellos el ocurrido el 28 de agosto 1674. En aquella ocasión se produjo una serie sísmica caracterizada por un evento principal de Intensidad VIII y dos de intensidad VII, uno antes y otro después del evento principal. Se sintieron 12 terremotos previos al principal y réplicas diarias durante más de un mes. Un 25% de las edificaciones de Lorca resultaron destruidas, se hundieron las iglesias de San Pedro y San Indalecio y se referencian decenas de muertos. Por tanto, la historia nos dice que el terremoto de 2011 no es ni mucho menos el más grande ocurrido en periodo histórico en la zona. Es más, los estudios de paleosismología que mediante la excavación de trincheras en las fallas tratan de identificar los terremotos de gran magnitud ocurridos en épocas prehistóricas indican que durante el Cuaternario reciente se han producido terremotos de magnitudes mayores a 6,5 en la Falla de Alhama de Murcia.

Podemos decir que el terremoto de Lorca no ha sido ninguna sorpresa para los geólogos de terremotos que trabajamos en la región. Se trata de un terremoto que podríamos calificar como normal y, por tanto, no hay que buscar causas extrañas en su génesis más que la pura evolución geológica natural de la falla que lo generó. Los terremotos los generan fracturas que atraviesan la corteza denominadas fallas en las que los esfuerzos acumulados durante siglos alcanzan tal nivel que superan la resistencia friccional de la misma, de modo que un tramo o segmento de la falla (nunca se rompe la falla entera a la vez) se desplaza de forma repentina liberando parte de ese esfuerzo acumulado en forma de ondas sísmicas. En el caso del terremoto de Lorca el tramo de la superficie de la falla que se ha desplazado se estima que tiene una superficie de 4 a 6 km². Es decir, lo podemos asemejar a un pequeño cuadrado de unos 3x2 km de superficie dentro de una superficie de falla que tiene más de 80 km de longitud. Morales (2011) indica que la superficie de ruptura del terremoto de Japón, de este mismo año, fue de 500x200 km.

Sin embargo, a pesar de tratarse de un terremoto normal, y de tamaño relativamente pequeño, presenta algunos aspectos que lo hacen especialmente interesante. El primero de ellos es, sin duda, la intensidad de los daños humanos y

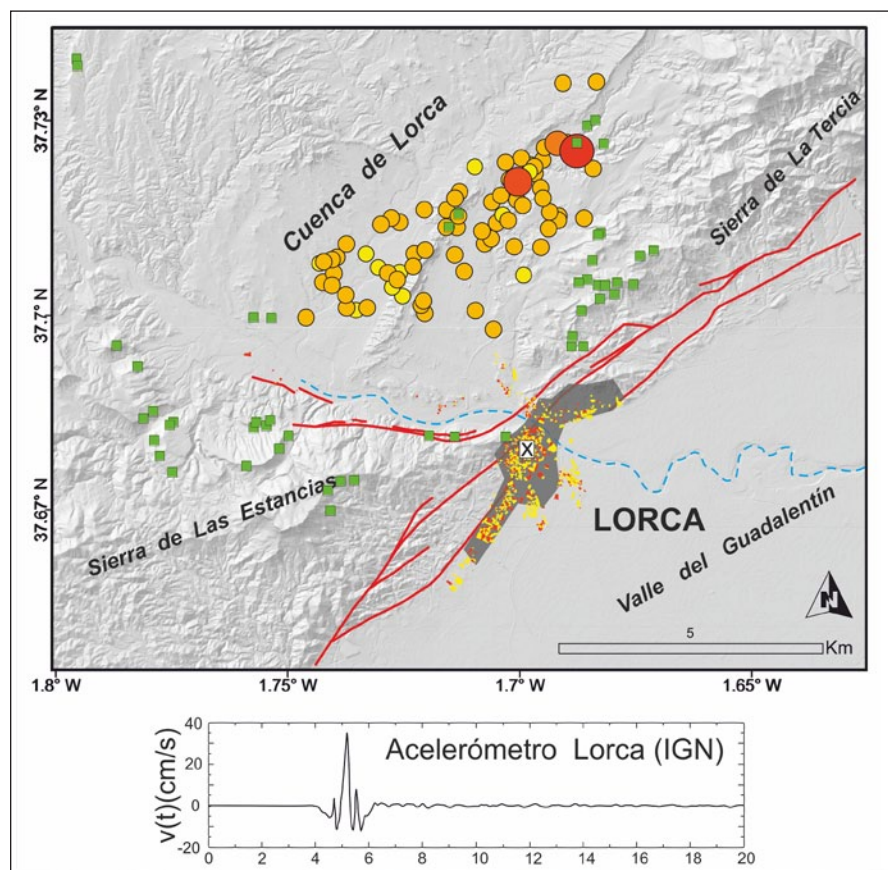


Fig. 2. Mapa que muestra la distribución de los efectos del terremoto de Lorca. La línea roja es la traza de la Falla de Alhama de Murcia. Los puntos amarillos y naranjas son las réplicas producidas por el terremoto principal que se marca con el punto rojo de mayor tamaño, según datos del Instituto Andaluz de Geofísica. Los pequeños polígonos de colores rojos y amarillos representan los edificios que sufrieron daños estructurales (según datos de la Comunidad Autónoma de Murcia). Los cuadrados verdes marcan los desprendimientos de rocas disparados por el seísmo. Puede apreciarse que la mayor parte de los efectos se sitúan al NO de la línea de la falla, y al S y SO de la serie sísmica. En la parte inferior se muestra el gráfico de velocidad de movimiento del suelo en la dirección norte-sur registrado por el acelerómetro de Lorca (dato del Instituto Geográfico Nacional) cuya localización se indica en el mapa con una equis negra.

materiales que ha generado. En segundo lugar la localización de los daños respecto a la posición del epicentro. Mientras que zonas muy próximas al epicentro, pero situadas al este y sureste en el valle del Guadalentín, apenas han sufrido daños, barrios enteros de la ciudad de Lorca situados a más de 5 km al oeste del epicentro, así como las edificaciones a lo largo del curso alto del Guadalentín (Diputación de Río) han sido especialmente dañados. En la figura 2 se presenta una visión sinóptica de los efectos ocasionados por el terremoto. Los efectos geológicos representados por gran cantidad de desprendimientos de rocas, se concentran también al oeste y sobre la zona epicentral. Otro aspecto interesante del terremoto de Lorca es la poca duración que tuvo la sacudida que además fue extremadamente violenta. Muchos testigos la describen como una explosión corta. En internet, por ejemplo en youtube, se

pueden visionar numerosas secuencias de la sacudida grabadas por cámaras de seguridad (p.e., <http://www.youtube.com/watch?v=stnSdYedqAU>). También hay grabaciones de videoaficionados, de las "polvaredas" producidas por los numerosos desprendimientos rocosos.

Todos estos aspectos del terremoto pueden llegar a entenderse si somos capaces de comprender la geología del terremoto, es decir aquellos aspectos relacionados con la falla que lo ha generado, cómo ha sido el movimiento tectónico en ella, dónde está localizado ese movimiento en relación con la ciudad y finalmente cuáles son las características geológicas de las rocas y suelos sobre los que están construidos los edificios de Lorca y su incidencia en la amplificación del movimiento del suelo.

Como puede apreciarse en el mapa geológico y en el bloque diagrama de las figuras 1 y 3, la Falla de Alhama de

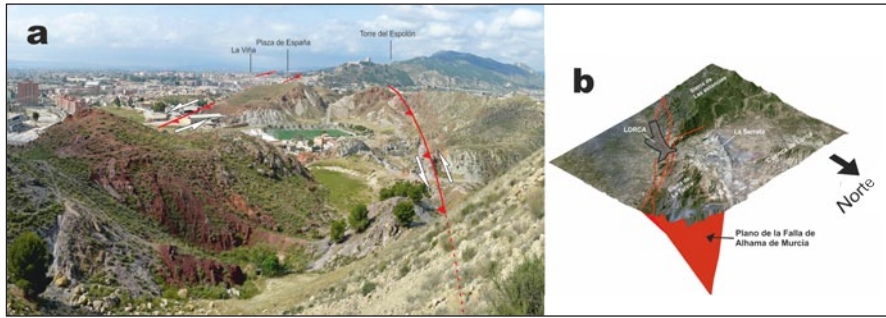


Figura 3. A la izquierda se muestra una panorámica de la Falla de Alhama de Murcia tomada desde la zona epicentral con la localidad de Lorca al fondo. Las líneas rojas muestran las trazas de las ramas en que se divide la falla en esta zona. A la derecha se muestra un bloque diagrama en el que se representa la geometría en profundidad que presentaría la Falla de Alhama de Murcia en la zona del terremoto. Si comparamos esta figura con el mapa de la figura 2 veríamos que la posición de las réplicas y la localización de los efectos superficiales son coherentes con esta geometría

Murcia es un plano de cizalla que discurre a lo largo del frente de montaña de la Sierra de La Tercia y pasa por la ciudad de Lorca. En la zona del epicentro, como se ve en la fotografía de la figura 3^a, la falla se divide en varias ramas y algunas de ellas se sitúan justo bajo el casco urbano de la ciudad. El plano de falla está inclinado hacia el noroeste con un buzamiento entre 55° y 70°. La falla tiene movimiento oblicuo, con una parte de movimiento inverso que levanta la sierra de la Tercia y la cuenca de Lorca respecto del valle del Guadalentín que se hunde, y otra parte de movimiento horizontal con sentido sinistral (anti horario). Si nos fijamos en el mecanismo focal del terremoto calculado por los sismólogos (esfera blanca y roja de la figura 1) uno de los dos planos perpendiculares entre sí, que cortan la esfera y que representan las orientaciones potenciales de la falla que generó el terremoto, es muy coherente con la geometría del plano de la Falla de Alhama de Murcia. Además, la distribución de las réplicas localizadas por el Instituto Andaluz de Geofísica que apreciamos en la figura 2 es coherente con esta geometría ya que aparecen todas al noroeste de la traza de la falla, como cabría esperar si pensamos que la falla

buza hacia el NO. Es decir que los datos sismológicos y la estructura geológica apuntan a que el terremoto se generó en un tramo de esta falla situado al noroeste de Lorca. Los estudios preliminares realizados utilizando imágenes de RADAR para determinar la cantidad de levantamiento del suelo que ha producido el terremoto a través de una técnica llamada interferometría de RADAR también apoyan que el terremoto se produjo por la reactivación de un segmento de la falla de unos 9 km² al norte de Lorca. Los efectos superficiales del evento, las edificaciones más dañadas que se sitúan en Lorca y en el tramo del Guadalentín al NO del Lorca (Diputación Río) y los desprendimientos de rocas se sitúan sobre la superficie de ruptura y al sur y sureste de la misma. Por tanto, la ruptura que generó el terremoto se sitúa muy próxima a Lorca y aunque no haya alcanzado la superficie, explica la elevada aceleración registrada en la estación de Lorca del Instituto Geográfico Nacional que alcanzó ¡0,37 g!, que es el mayor valor de aceleración registrado en España en época instrumental.

Otra de las observaciones interesantes de terremoto era su escasa duración. Si bien ha de ser estudiado más en profundidad, esta evidencia unida a la con-

centración de los daños al suroeste de la zona epicentral puede indicar que se podría haber producido en mayor o menor medida el fenómeno de la directividad en la ruptura. Este fenómeno consiste en que en determinados casos, una vez que comienza el terremoto en un punto de la falla que denominamos hipocentro, la ruptura en lugar de propagarse hacia los dos lados del hipocentro sobre el plano de falla, se propaga solo hacia un lado. Esto hace que se produzca un fenómeno similar al efecto doppler y las ondas sísmicas experimentan procesos constructivos y aumentan de amplitud de modo que el movimiento del suelo asociado a ellas se intensifica a medida que se alejan de la zona del hipocentro. Además, al “apretarse” las ondas en su camino hacia Lorca, la duración de la sacudida es menor. Esto se observa en el gráfico de velocidad de movimiento del suelo extraído del acelerómetro de la estación del Lorca del IGN (ver figura 3b). Como puede apreciarse, el terremoto se concentra prácticamente en un solo pico de sacudida del suelo muy fuerte que dura ¡menos de un segundo!. Esta sacudida unida a la posible amplitud del movimiento que pudo producirse en las zonas más afectadas por el terremoto que se sitúan sobre depósitos aluviales blandos en abanicos aluviales y a lo largo de las márgenes del río Guadalentín nos hablan también de la actuación del denominado efecto suelo, es decir de la interacción entre el edificio y el suelo sobre el que está cimentado que puede inducir un aumento en la aceleración del movimiento del mismo.

En definitiva, estamos ante un terremoto cuyo análisis geológico y sísmico nos enseña varias cosas interesantes. La primera es que no se requieren magnitudes grandes en esta zona para que se generen efectos catastróficos si la falla responsable está lo suficientemente cerca de las poblaciones afectadas. En este sentido el tipo de movimiento en la falla puede intensificar el movimiento lo que nos muestra la necesidad de tener bien localizadas y cartografiadas todas las fallas potencialmente activas, especialmente las cercanas a los núcleos de población. Es necesario por tanto incorporar los datos geológicos, el efecto del tipo de suelo y el factor de cercanía a la falla activa en los estudios de peligrosidad sísmica. ●

Referencias

Morales, J. (2011). *El Terremoto, Mw=9.0, de Tohoku-Oki (Japón) del 11 de Marzo de 2011: El big one en un lugar no esperado.*

Para saber más:

Instituto Geográfico Nacional (IGN), 2011. *Serie terremoto NE Lorca (Murcia), Madrid.* [Descargable en <http://www.ign.es>.]

Instituto Geológico y Minero de España (IGME) (2011), *Informe Geológico Preliminar del Terremoto de Lorca del 11 de Mayo del año 2011, 5.1 Mw, Madrid.* [Descargable en <http://www.igme.es>.]