

## Los terremotos de 1748 de Montesa (Valencia) y de 1790 de Orán (Argelia)

E. Buforn<sup>1</sup>, P. Coca<sup>1,2</sup>, A. Udías<sup>1</sup>

Recibido: 18/07/2017 / Aceptado: 11/10/2017

**Resumen.** Los terremotos de Montesa (Valencia) de 23 de marzo de 1748 y de Orán (Argelia) de 9 de octubre de 1790 causaron grandes daños y se sintieron en una amplia zona. La abundante documentación contemporánea que existe ha permitido una re-evaluación en la escala EMS-98 de la intensidad sísmica, obteniéndose valores en la región epicentral de IX para Montesa y IX-X para Orán. De la distribución de intensidades es posible correlacionar las rupturas con las fallas existentes en la zona. Para el terremoto de Orán de 1790 se propone un foco submarino en base al tsunami que originó. En ambos casos, los terremotos ocurren en zonas de baja sismicidad, lo que lleva a infra-estimar la peligrosidad sísmica de estas zonas.

**Palabras clave:** Sismicidad histórica; Montesa (Valencia); Orán (Argelia); daños; intensidad

### [en] The 1748 Montesa (Valencia) and 1790 Orán (Algeria) earthquakes

**Abstract.** The Montesa (Valencia) earthquake of 23 March 1748 and the Orán (Algeria) earthquake of 9 October 1790 caused heavy damage and were felt over a wide area. The abundant contemporary documentation about the damage caused by these earthquakes, allows a re-evaluation of the seismic intensity distribution giving a maximum intensity  $I = IX$  (EMS-1998) for Montesa and IX-X for Oran. From intensities distribution it is possible to correlate the seismic ruptures with the geological faults in the epicentral area. For the Oran earthquake we propose an off-shore focus due to the occurrence of a tsunami. The Montesa and Oran earthquakes have occurred in a region considered of low seismic hazard where few large earthquakes have happened.

**Key-words:** Historical seismicity; Montesa (Valencia); Oran (Algeria); damages, intensity.

**Sumario.** 1. Introducción. 2. Terremoto de Montesa de 1748. 2.1. Fuentes documentales. 2.2. Distribución de intensidades. 2.3. Parámetros focales. 3. El terremoto de Orán de 1790. 3.1. Fuentes documentales. 3.2. Distribución de intensidades. 3.3. Parámetros focales. 4. Conclusiones. 5. Agradecimientos. Referencias

**Cómo citar:** Buforn, E., Coca, P., Udías, A. (2017). Los terremotos de 1748 de Montesa (Valencia) y de 1790 de Orán (Argelia). *Física de la Tierra*, 29 (2017), 101-119.

## 1. Introducción

El siglo XVIII fue un periodo sísmicamente muy activo en la región Ibero-Mogrebí (RIM), con la ocurrencia del gran terremoto de Lisboa de 1755 que generó importantes daños en la Península Ibérica y norte de África. Sin embargo, éste no fue el único

<sup>1</sup> Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica, Universidad Complutense, Madrid.

<sup>2</sup> Departamento de Investigación Básica, CIEMAT, Madrid.  
ebufornp@ucm.es

terremoto destructor que ocurrió en RIM en este siglo. En el este de la Península Ibérica y norte de África, ocurren dos grandes terremotos en 1748 en Montesa (Valencia) y en 1790 en Orán (Argelia), esto es 5 años antes del terremoto de Lisboa y 39 años después (Figura 1a). Los terremotos de Montesa y Orán presentan características similares, ya que ambos suceden en zonas de baja sismicidad, causan grandes daños ( $I_{\max} = IX-X$ ) y tras su ocurrencia no ha vuelto a suceder un terremoto grande en estas zonas. Otro hecho común, es que para los dos sismos existe abundante documentación contemporánea lo que ha permitido realizar estudios detallados de los daños causados por estos terremotos, evaluar intensidades y asignar con bastante exactitud un epicentro macrosísmico. Sin embargo estos terremotos también presentan diferencias significativas. Para el de 1748 de Montesa se dispone de información en un área geográfica muy extensa lo que ha permitido correlacionarlo con las fallas de la zona, proponer un modelo de fuente sísmica y generar valores teóricos de aceleración (Buform *et al.*, 2015a). Para el terremoto de 1790 de Orán, la documentación muy detallada de que se dispone corresponde a la ciudad de Orán y fuertes que la circundaban, existe algo de información sobre los efectos y cómo se sintió el terremoto en SE de España, pero se carece de información sobre daños del terremoto en Argelia (López Marinas y Salord, 1990, 1991; Coca *et al.*, 2018, en preparación).

La ocurrencia de los terremotos de Montesa (1748) y Orán (1790) en zonas de baja sismicidad, en las que solo han ocurrido estos grandes sismos en los últimos 500 años, lleva a considerar estas zonas como de baja importancia en los estudios de peligrosidad sísmica y en consecuencia a infra-estimar el riesgo sísmico en las mismas. Los terremotos de l'Aquila (2009) o Haití (2010), en regiones consideradas de bajo riesgo sísmico han puesto de manifiesto la importancia del estudio de la sismicidad histórica en este tipo de zonas. En este trabajo se presenta una re-evaluación de los daños generados por los sismos de Montesa y Orán, calculando los parámetros focales a partir de los mapas de intensidad. En el estudio de los dos sismos la evaluación de intensidades se ha hecho a partir de las fuentes originales contemporáneas.

En la figura 1a se muestra la sismicidad histórica ( $I_{\max} \geq IX$ , periodo 1500-1900) e instrumental ( $M \geq 6.0$ , 1900-2017) de la zona de RIM (<http://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>). En la Figura 1b se muestra en detalle la sismicidad de la zona señalada con un recuadro en la Figura 1a y donde se localizan los terremotos de Montesa y Orán. De la Figura 1b, se observa que en el sureste de España, la mayor actividad sísmica se localiza por debajo de la latitud  $38^{\circ}N$ , en la región que se extiende desde el sur de Alicante hasta Almería. En esta zona han ocurrido grandes terremotos, el mayor de ellos es el de Torrevecija de 1829 ( $I_{\max}=X$ , Muñoz y Udías, 1991) y más recientemente, el de menor magnitud de Lorca de 2011 ( $M_w=5.1$ ) que causó 9 víctimas. Por encima de  $38^{\circ}N$ , en el periodo instrumental no ha habido terremotos de magnitud superior a 4.8, si bien en el periodo histórico, además del terremoto de Montesa de 1748, se localizan en esta zona dos terremotos con intensidad igual o superior a IX: el sismo del 348 aC, que destruyó la ciudad de Sagunto y el de 1396 de Tavernes de Valldigna (Udías, 2015).

En el norte de África, el mayor foco de terremotos se concentra en la zona de El Asnam, donde ocurrieron terremotos de intensidad igual o mayor que X en 1891, 1934, 1954 y 1980 (Bezzeghoud *et al.*, 1996; Buform *et al.*, 2015b). Un segundo núcleo muy activo se localiza cerca de Argel (entre las longitudes  $3^{\circ}E$  y  $3.5^{\circ}E$ ), con grandes terremotos como el de Boumerdes de 2003 ( $M_w=6.8$ ). La zona de menor actividad sísmica se localiza hacia el oeste, en la región de Orán donde ocurrió el terremoto de 1790 y donde desde esta fecha no ha ocurrido otro gran terremoto. Los mayores terremotos ocurridos en periodo instrumental en esta zona tienen magnitudes que oscilan entre 5.5 y 5.7: Mascara 1994 ( $M_w=5.7$ ), Ain Temouchent 1999 ( $M_w=5.6$ ) y Orán 2008 ( $M_w=5.5$ ) (Figura 1b)

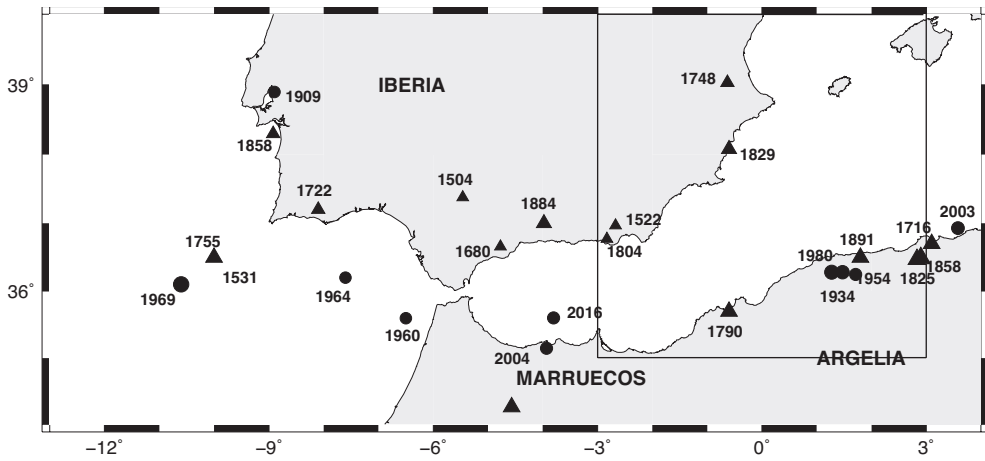


Figura 1a. Grandes terremotos en la región Ibero-Mogrebí en el periodo 1500-2017 (<http://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>). Los triángulos representan los terremotos con  $I_{max} \geq IX$ , los círculos magnitud igual o superior a 6.0. El recuadro corresponde a la zona representada en la figura 1b

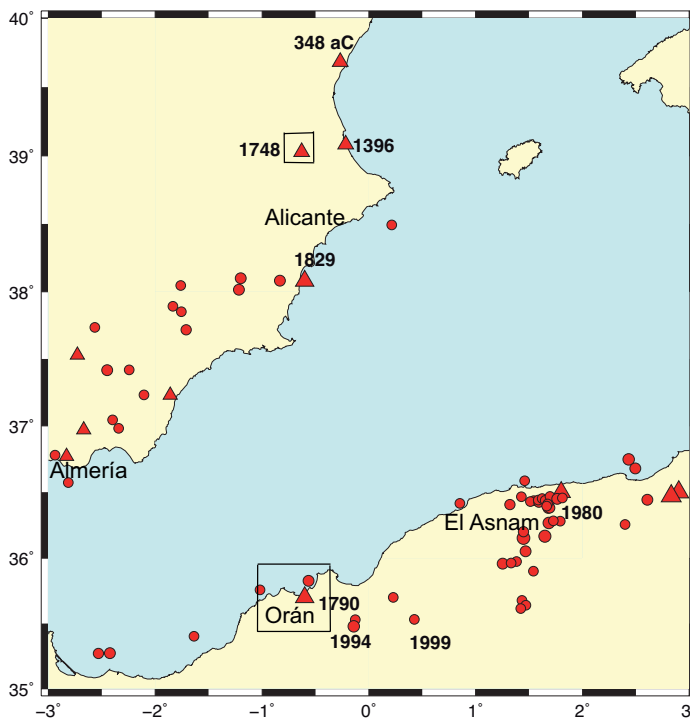


Figura 1b. Sismicidad de la zona de Montesa-Orán (marcada con un recuadro en la figura 1a) para el periodo 1990-2017 y magnitud igual o superior a 4.8. (<http://www.ign.es/web/ign/portal/sis-catalogo-terremotos>) Los triángulos corresponden a la sismicidad histórica ( $I_{max} \geq IX$ ). Los recuadros muestran las zonas de las figuras 2 y 8.

## 2. Terremoto de Montesa de 1748

Existen dos estudios muy detallados de este sismo. El de Bisbal Cervello (1984) que analiza los daños causados por el terremoto y el de Buform *et al* (2015a), en el que se re-evalúan las intensidades sísmicas utilizando la escala EMS98, se calculan los parámetros focales, se obtiene valores del pico de aceleración máxima del suelo (PGA) y se propone un modelo de fuente sísmica para la ruptura. Los dos trabajos mencionados, tienen en común que utilizan gran cantidad de documentos contemporáneos al terremoto, lo que garantiza la veracidad de las descripciones de los daños del terremoto.

El terremoto de Montesa se localiza cerca del Dominio Pre-Bético en una zona con falla inversas de dirección NE-SW y otros dos grupos de fallas normales de dirección NNW-SSE y ESE-WNW, aunque en algunos casos pueden tener una cierta componente de movimiento lateral (Figura 2). El relieve en esta zona está formado por montañas de dirección NE-SW: las sierras de Tres Mojones-La Plana y la Sierra Gorda, encajonado entre ellas está el río Cañoles, donde se localizan las ciudades de Játiva y Montesa entre otras (De Ruig, 1992; García Mayordomo, 2005; Buform *et al.*, 2015a). Al norte de la sierra de Tres Mojones- la Plana, hay otro valle donde se encuentran Enguera, Estubeny, Anna y Sellent, en las que el terremoto causó los mayores daños.

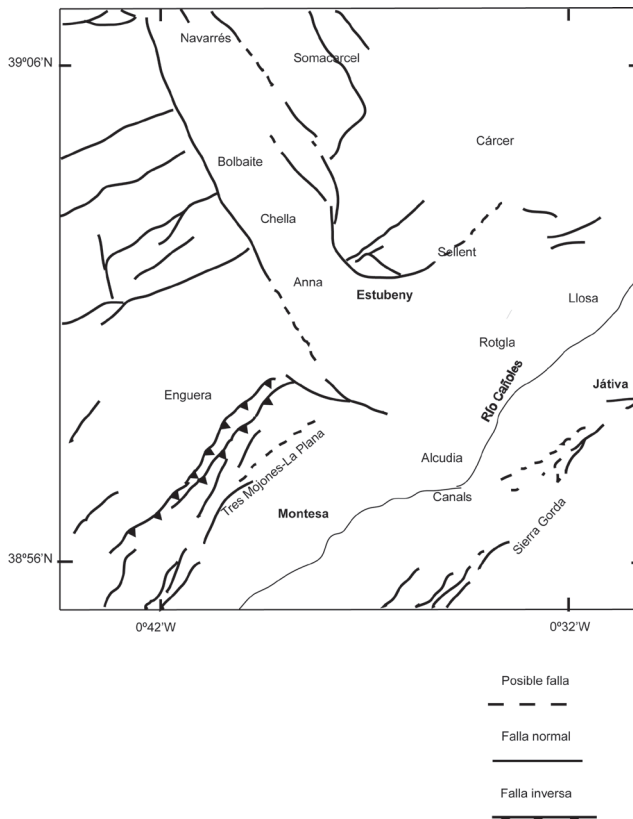


Figura 2. Principales fallas de la zona de Montesa (recuadro en la figura 1a) (modificado de Buform *et al.*, 2015)

✠

117

**RELACION VERDADERA DE LOS TERREMOTOS** padecidos en el Reyno de Valencia desde el dia 23. de Marzo del año 1748. y de las Rogativas que se hacen en la Ciudad de Valencia, y en otras partes del Reyno, à Dios Nuestro Señor, para que aplaque su ira, y cesse este castigo.



o solamente es en los dilatados Dominios de España la Ciudad de Lima la que experimenta el azote de la Divina indignacion; mas de cerca nos hiere, y afflige por nuestros pecados. Aquella rica, y hermosísima Ciudad, Capital, y Emporio del vastísimo Reyno del Perú, en el corto espacio de quatro minutos llegó à una extrema ruina, y su Presidio, y Puerto del Callào quedó improvisamente assolado, y sumergido la noche del dia 28. de Octubre del año pasado 1746. à la furiosa violencia de un terremoto, que estremeció la tierra, embraveció el mar, y acabó con muchos millares de vivientes. Y el deliciosísimo Reyno de Valencia, en la parte que se considerava menos expuesta à padecer estragos semejantes, por ser la menos montuosa, y mas cercana à la dilatadísima llanura donde està situada su insigne Capital, està experimentando el mismo castigo, aunque acompañado de tantas misericordias de Dios, que nunca podremos bastantemente agradecerlas.

Viernes, pues, à 22. de Marzo del corriente año 1748. se advirtió el Cielo cubierto de nubes negras, y en la noche de este dia sobrevino en algunos lugares no muy distantes del mar, algun temblor de tierra. Pero esto que solo fue como preludio de lo que avia de suceder, y que pocos advirtieron, se explicó para nuestro daño el dia siguiente, Sabado à 23. de los mismos desde las seis de la mañana porque repentinamente sobrevino un fiero, y espantoso terremoto, que hizo tan lamentables estragos en muchos Lu-

A

ga-

Figura 3. Ejemplo de documento contemporáneo utilizado para la evaluación de la intensidad del terremoto de Montesa.

## 2.1. Fuentes documentales

La documentación contemporánea al terremoto describiendo los daños ocasionados por el mismo es muy abundante y se pueden clasificar en tres tipos: publicaciones con autor, publicaciones anónimas y manuscritos. Entre los primeros se encuentran el informe de Félix Carrasco (Carrasco, 1748a), encargado por el Capitán General de Valencia de evaluar los daños, que fue traducido al portugués y publicado en Lisboa (Carrasco, 1748b). Otros documentos contemporáneos son los de Lombart, (1748) Sarrió (1746) médico de Montesa, Rausell Mompó (1749) y Ximeno (1748) eclesiásticos. Existen 6 publicaciones anónimas con información sobre los daños del terremoto: “*Relación verdadera*” (1748) (Figura 3), “*Verdadera relación*” (1748), “*Relación de estragos*” (1748), “*Segunda relación*” (1748), “*Relación del terremoto*” (1748) y “*Relação do formidavel*” (1748). Por último existen manuscritos con información del terremoto. El más importante es el informe del Intendente de Valencia, Francisco Driget al Secretario de Hacienda (Extracto, 1748). Fuentes de información secundarias son los trabajos de historiadores locales: Sucas Aparicio (1876), Vilanova (1883), Sarthou Carreres (1928, 1936), Faus Prieto (1989), Alberola (1995, 2012). Una relación detallada de toda la documentación y referencias completas puede consultarse en Buforn *et al.*, (2015a).

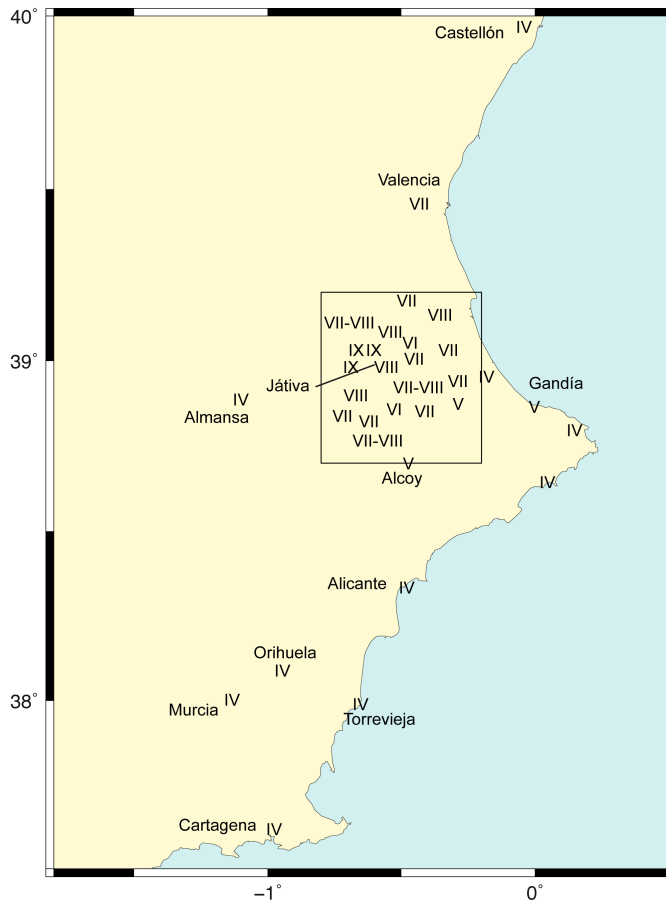


Figura 4. Mapa de intensidades del terremoto de Montesa

El terremoto de Montesa de 1748 se cita en los primeros catálogos sísmicos: Moreira de Mendoza (1758), Perrey (1847), Sánchez Navarro-Neumann (1921), Galbis (1932), Fontseré y Iglesias (1971). El estudio más exhaustivo de los daños del terremoto se debe a Bisbal Cervelló (1984). En el catálogo de Martínez Solares y Mézcua (2002) se presenta una re-evaluación de las intensidades. Giner-Robles *et al.*, (2014), Silva y Rodríguez Pascua (2014) han estudiado los efectos geológicos del terremoto. El último trabajo publicado que recoge toda esta información es el de Buform *et al.*, (2015a).

## 2.2. Distribución de intensidades

En la figura 4 se muestra el mapa de intensidades, evaluadas en la escala EMS-98 (Buform *et al.*, 2015a) y que corresponden a 76 localidades de la zona. Todos los valores se obtuvieron a partir de fuentes contemporáneas y de los documentos originales. En ellos, la descripción que se hace de los daños en edificios y casas, clasificada de mayor a menos es “asoladas”, “desplomadas”, “arruinadas”, “quebrantadas”, “maltratadas”, “inhabitables”, “amenazar ruina” y “consentidas”. En la Figura 4 puede observarse que el terremoto de Montesa, se sintió en una amplia zona que se abarca desde Castellón, al norte, hasta Cartagena al Sur y desde Gandía al este hasta Almansa al oeste con valores de intensidad IV (EMS-98) en estas localidades limítrofes. Los mayores valores de intensidad, IX, corresponden a Estubeny, Sellent, Anna, Chella y Enguera. Enguera era la población mayor (1683 habitantes, frente a los 50 de Estubeny) y tanto ella como Sellent, Estubeny y Canals quedaron totalmente arruinadas. La zona de mayor daño se extiende siguiendo una línea de 10 km de dirección NE-SW desde Sellent a Enguera (Figura 2).

Una de los lugares que sufrió mayores daños fue el Castillo de Montesa que quedó totalmente arruinado (Figura 5) y en el que se produjeron 22 víctimas mortales del total de 38 que causó el terremoto. Carrasco (1748a, 1748b) atribuye la gran ruina de esta plaza a un defecto de construcción, es por esta razón por lo que se ha asignado una intensidad de VIII-IX. Otra población que sufrió grandes daños fue Játiva, la mayor ciudad en el área epicentral, con gran destrucción de iglesias, conventos y edificios público, con una intensidad asignada de VIII. La distribución de intensidades obtenida por Buform *et al.*, (2015a), reproducida en la figura 4 no es muy diferente a la de Martínez Solares y Mézcua (2002) que revisaron la evaluación de intensidades utilizando la escala EMS-98. De la figura 4, puede observarse que el mapa de intensidades está mejor definido hacia el este y peor hacia el oeste, debido a la ausencia de población en esa zona. Las principales diferencias entre el mapa de intensidades de la figura 4 y los de otros autores son: Bisbal Cervelló asignó una intensidad de X a Enguera en base a unas rupturas del terreno, pero éste es un efecto secundario que no se contempla en la escala EMS-98. En relación con Martínez Solares y Mézcua (2002), estos autores asignan una intensidad de VIII a Anna, Chella y Enguera, pero de la documentación contemporánea se deduce que existió el mismo daño en estas poblaciones que en Estubeny y Sellent, por lo que se ha asignado a estas 5 localidades un valor de IX.



Figura 5. Vista actual de las ruinas del castillo de Montesa

### 2.3.- Parámetros focales

Toda la documentación existente coincide en la fecha del terremoto, el 23 de marzo de 1748 a las 6h 30m hora local, con una duración de unos 2 minutos en



Valencia (Carrasco 1748a, 1748b). No se mencionan la ocurrencia de sismos premonitores pero si la de réplicas que la Segunda Relación (1748) cuantifica en más de 80. La mayor de ellas ocurrió el 2 de abril entre las 21:00h y las 21:30h, seguida por otra gran réplica el 3 de abril a las 03:00. Estas réplicas contribuyeron a aumentar los daños causados por el sismo principal y en algunos casos dificulta la separación de los daños generados por el terremoto principal de los de las réplicas. Las réplicas continuaron hasta el 8 de abril, en el que entre las 21:00h y las 22:00h se sintió otro intenso terremoto. En base a la distribución de intensidades se puede estimar en unos 10 km la longitud de la ruptura, con una dirección NE-SW en una zona que se extiende desde Sellent hasta Enguera y corresponde a los valores de intensidad IX. El epicentro macrosísmico se localiza en un punto al SW de Estubeny de coordenadas 39.00°N, 0.64°W (Bufo *et al.*, 2015a). Este epicentro difiere ligeramente de los calculados por Martínez Solares y Mézcua (2002) y Mézcua *et al.*, (2013). La diferencia puede explicarse porque Bufo *et al.*, (2015a) tuvieron en cuenta no solo la distribución de intensidades sino también la topografía y geología de la zona. En cuanto a la magnitud Martínez Solares y Mézcua (2002) le asignan un valor de 6.2 frente a 5.9 de Mézcua *et al.*, (2013). Bufo *et al.*, (2015a) concluyen que debido a la incertidumbre por el tipo de datos disponible, solo es posible asignar un valor de 6. A partir de estos datos se propone que el área epicentral está situada en la zona de dirección NE-SW que va desde Sellent a Enguera con unos 13 km de longitud en esta dirección. En la figura 2, se observa que la topografía entre Sierra Tres Mojones —La Plana, muestra fallas en su borde norte que se extienden desde Enguera hasta Estubeny y Sellent. La ruptura principal en este terremoto se produciría en esta falla y podría haber activado otra estructura menor ya que desde Estubeny en dirección NNW-SSE hay otro sistema de fallas que también pudo activarse con el terremoto, lo que explicaría los daños de Anna y Chella.

A partir de los valores de intensidad observados se ha calculado un valor aproximado del pico de aceleración horizontal del suelo (PGA) utilizando una correlación empírica. La utilizada es la de Murphy y O'Brien (1977), aunque existen varias para el sur de Europa, y a partir de ella se ha obtenido el mapa de aceleraciones de la figura 6. En la zona epicentral, para una intensidad de IX se obtiene una aceleración de 0.55g. Este valor no es muy diferente al que se obtiene si se utiliza la relación para terremotos de Italia de Faenza y Michelini (2010) y concuerda con los valores de aceleración observados para el sismo de l'Aquila (M=6.3) a una distancia epicentral inferior a 5 km (Celebi *et al.*, 2010). En la figura 6 se observa que las aceleraciones mayores a 3m/s<sup>2</sup> (0.30g) se concentran en un área de unos 25 km de largo por 11 km de ancho y corresponde a la zona de Sellent, Estubeny, Anna, Chella y Montesa. Si se compara la figura 6 con los valores del estudio de PSHA (Martínez Solares *et al.*, 2013) (Figura 7) se observa que para la zona de Montesa se asigna un valor de 0.16g muy inferior al obtenido a partir de las intensidades (0.30g). Estas diferencias son considerables por lo que deberían ser tomadas en consideración en la evaluación de la peligrosidad sísmica de esta zona.

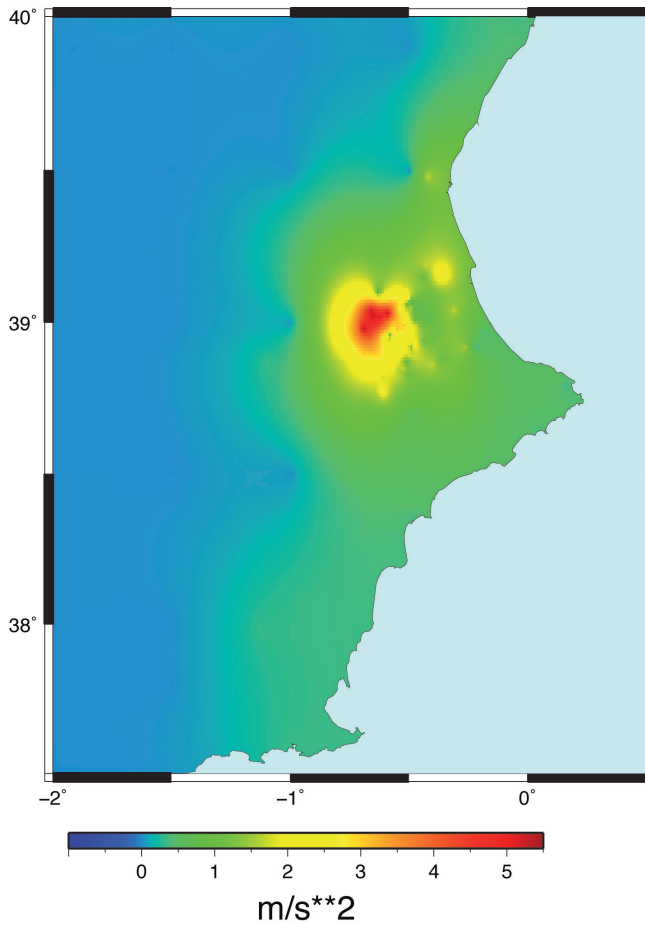


Figura 6. Valores teóricos de PGA obtenidos a partir de la intensidad observada (modificado de Buform *et al.*, 2015)

### 3. El terremoto de Orán de 1790

El 9 de octubre de 1790, Orán que pertenecía a la corona de España desde 1509 y abarcaba en su territorio la ciudad rodeada de un perímetro de fortificaciones y el puerto sufrió un devastador terremoto. Tal fue la ruina de la ciudad que ocasionó el sismo que en febrero de 1792 España abandonó esta posesión. El primer y hasta la fecha, único estudio detallado sobre el terremoto de Orán de 1790 es la monografía y artículo posterior de López Marinas y Salord (1990, 1991), que utilizan documentación contemporánea al sismo, si bien la mayoría de la información corresponde a los efectos del terremoto en la zona de Orán y el sur de España, siendo mínima la información sobre los efectos en otras partes de Argelia, ya que Orán actualmente forma parte de Argelia. Estos autores identifican con detalle los daños causados por

el terremoto en Orán, asignando una intensidad máxima de X, pero sin realizar un estudio detallado de la evaluación de intensidades y situan correctamente el epicentro en el mar, muy cerca de Orán.

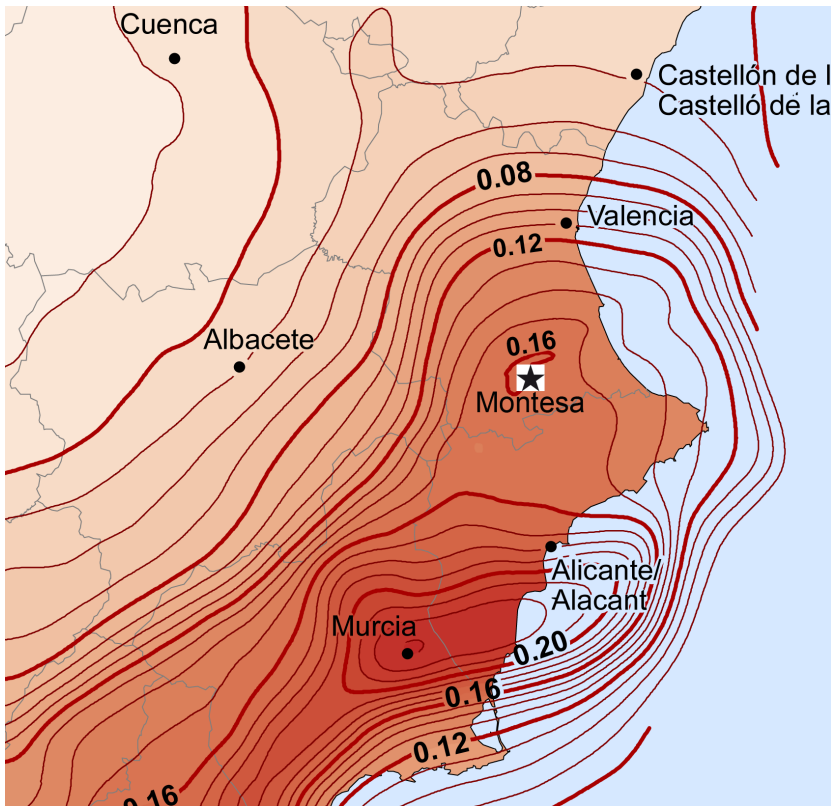


Figura 7. Valores de PGA para un periodo de retorno de 475 años en la zona de Montesa. La estrella indica el epicentro del terremoto de 1748 (modificado de Martínez Solares *et al.*, 2013).

El terremoto de Orán se localiza en el NW de Argelia, en la región de la Oranerie, en una zona con fallas inversas en dirección NE (Figura 8), siendo la falla de Orán la de mayor longitud en la zona y con alguna posible falla de similar dirección en mar (Bouhadad y Laouami, 2002).

### 3.1. Fuentes documentales

La documentación contemporánea utilizada son informes, algunos de ellos utilizados por López Marinas y Salord (1990) y otros inéditos, y Actas de Cabildo y Ayuntamientos. La mayoría de ella se encuentra hoy en archivos militares españoles ya que

en esa fecha Orán era plaza fuerte española. Los principales documentos en orden cronológico son los informes de CumbreHermosa (1790a), brigadier en la guarnición de Orán, de fecha 9 de octubre, el mismo día del terremoto, documento anónimo de 17 de octubre de 1790 (Anónimo 1790a), Grimarest (1790) también oficial de la guarnición de Orán, un segundo informe de CumbreHermosa (1790b) de fecha 2 de noviembre de 1790 y tres diarios escritos por Antoñano (1790), Adorno (1790), estos dos últimos testigos directos que estaban en Orán o de viaje en sus proximidades, y un informe anónimo (Anónimo 1790b, Figura 9) y que no fue consultado por López Marinas y Salord (1990). Se han consultado 16 Actas Capitulares o de Cabildo del mes de octubre de 1790 de poblaciones desde Yecla (Murcia) hasta Málaga encontrándose información sobre el terremoto en las de Almería, Vera y Cartagena.

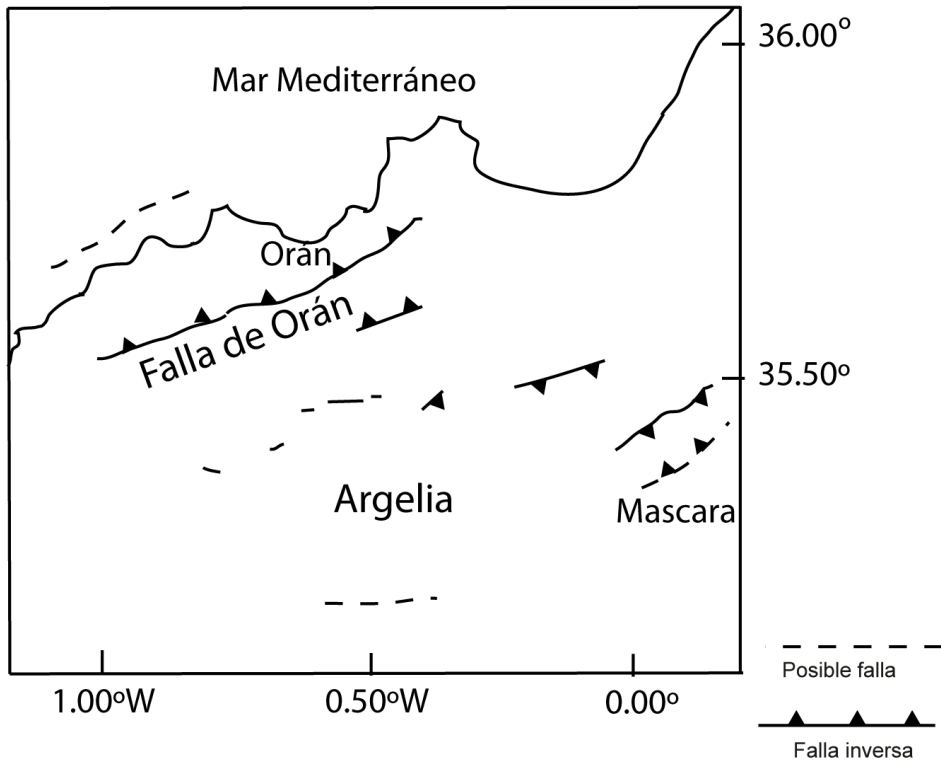


Figura 8. Principales fallas de la región de Orán (modificado de Bouhadad y Laouami, 2002).

También se ha consultado la prensa de la época, encontrando información sobre el terremoto en La Gazeta de Madrid (La Gazeta de Madrid, 1790), El Mercurio de España y el Memorial Literario, si bien en algunos casos lo que hacen es recoger el informe de Cumbre Hermosa. Una fuente importante de información ha sido los mapas militares de la época (Figura 10) del Archivo General Militar de Madrid (Hurtado 1791a y b), Museo Naval de Madrid (Hurtado 1791c) y Centro Geográfico del ejército (Anónimo, s.f.). Una relación detallada de toda la

documentación y las referencias completas se pueden consultar en Coca *et al.*, (2018 en preparación)

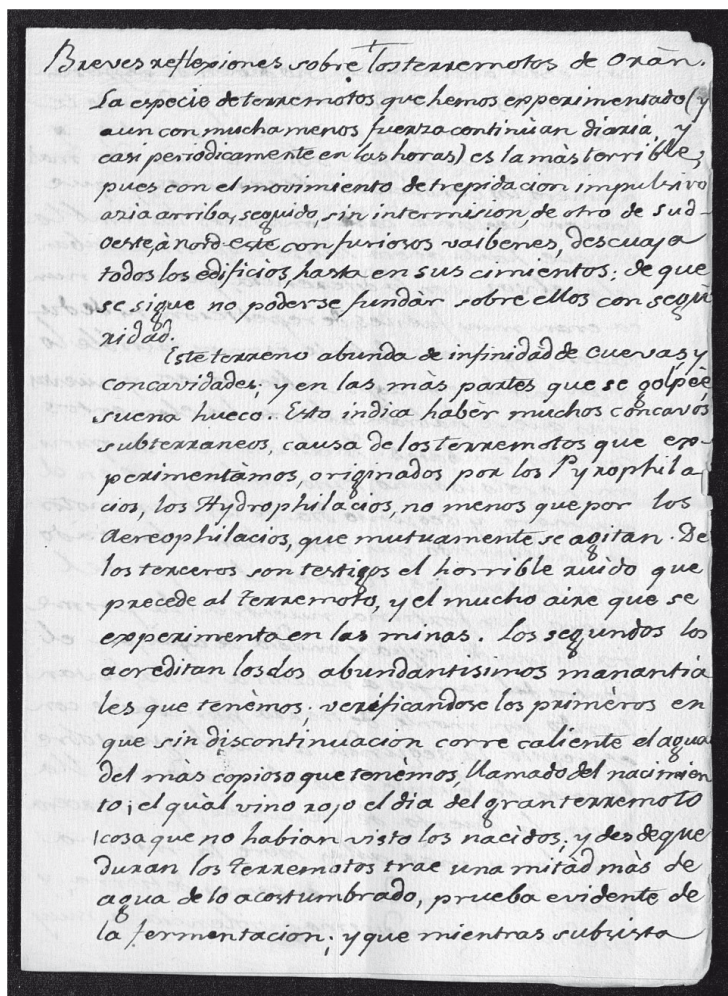


Figura 9. Ejemplo de documento contemporáneo utilizado para la evaluación de la intensidad del terremoto de Orán.

El terremoto de Orán de 1790 se cita por primera vez en el catálogo de Cotte (1807), posteriormente en los de Huot (1837) y von Hoff (1840). Perrey (1847), Mallet (1858), de Prado (1863) Taramelli y Mercalli (1886) y Milne (1911) lo recogen, incluyendo algunos de ellos información sobre poblaciones en que se sintió. Catálogos posteriores también lo recogen como los de Sánchez Navarro-Neumann (1917, 1921), Galbis (1932), Munuera (1963), Mokrane *et al.*, (1994), Mézcua y Martínez Solares (1983). En el catálogo de Martínez-Solares y Mézcua (2002) con esta fecha se recoge un terremoto de intensidad V en Melilla, aunque los autores indican que es falso.

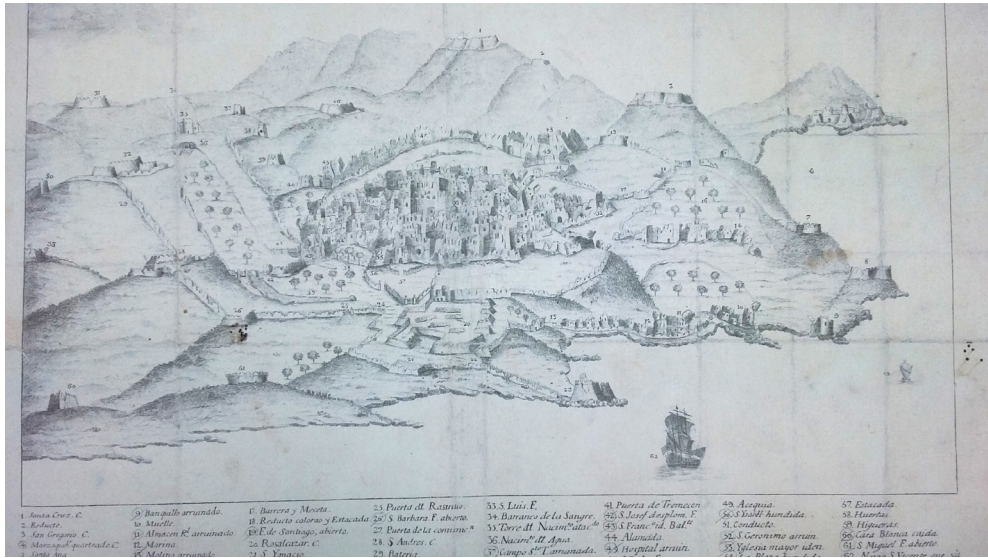


Figura 10. Grabado de los daños causados por el terremoto de 1790 en Orán (Archivo del Centro Geográfico del Ejército de Tierra)

### 3.2. Distribución de intensidades

Se han evaluado las intensidades utilizando los documentos originales antes descritos y utilizando la escala EMS-98. Los daños a edificios se describen en los documentos de la época de forma parecida a los del terremoto de Montesa, si bien no se emplea los mismos términos, que ordenados de mayor a menor grado son: “*desplomado, arruinado, destruido, hundido y dañado*”. En la Figura 11 se muestra los valores de intensidad asignados a Orán, incluido el perímetro fortificado. Según las descripciones (Anónimo 1790a) el terremoto arruinó la mayor parte de los edificios más sólidos de la ciudad como el Palacio del gobernador, Casa del Ministro de Hacienda, Contaduría, Tesorería. El mismo efecto sufrieron las iglesias y cuarteles, y también cayeron pedazos de muralla. El terremoto fue acompañado de mucho ruido. El número de víctimas fue elevado y se estimó en más de 2.000 (Anónimo 1790b, Cumbre Hermosa 1790b; La Gazeta de Madrid, 1790) lo que supone el 22% de la población que había en esa fecha (Roel, 1790). En función de estos daños se le ha asignado una intensidad de IX-X al conjunto de la ciudad de Orán.

Las fortificaciones exteriores situadas a unas distancias del centro de la ciudad entre 0.7 y 1.5 km, sufrieron también grandes daños (Cumbre Hermosa 1790b; Adorno 1790; Anónimo 1790a; Sánchez Cisneros 1799), abriéndose la torre de S. Miguel y la de Santa Bárbara, se cuarteó el de S. Andrés y el de S. Felipe (Figura 11), asignándoles una intensidad de VII-VIII. Los fuertes y torres situados al este de la ciudad sufrieron daños mayores ya que se describen como arruinadas las del campo Santo, Algarrobo, Yfre y S. Pedro por los que se les asigna una intensidad de VIII-IX. Los fuertes situados hacia el SE sufren un daño menor (Santiaguillo, Santa Cruz y S. Gregorio) similar a los situados hacia el oeste, por lo que se asigna una

intensidad de VII-VIII. Los mayores daños los sufren las defensas situadas al norte de la ciudad en la costa: el Banquillo, Almacén Real quedaron arruinados y el Barrio de la Marina sufrió mucha ruina por lo que se asigna la misma intensidad que a la ciudad de Orán IX-X.

De la figura 11, puede observarse que los mayores daños se localizan en la costa y el recinto amurallado de la ciudad de Orán, disminuyendo los valores de intensidad a medida que nos alejamos de la costa en dirección sur. Los valores de intensidad más elevados en las fortificaciones del oeste pueden explicarse debido al efecto de la topografía.

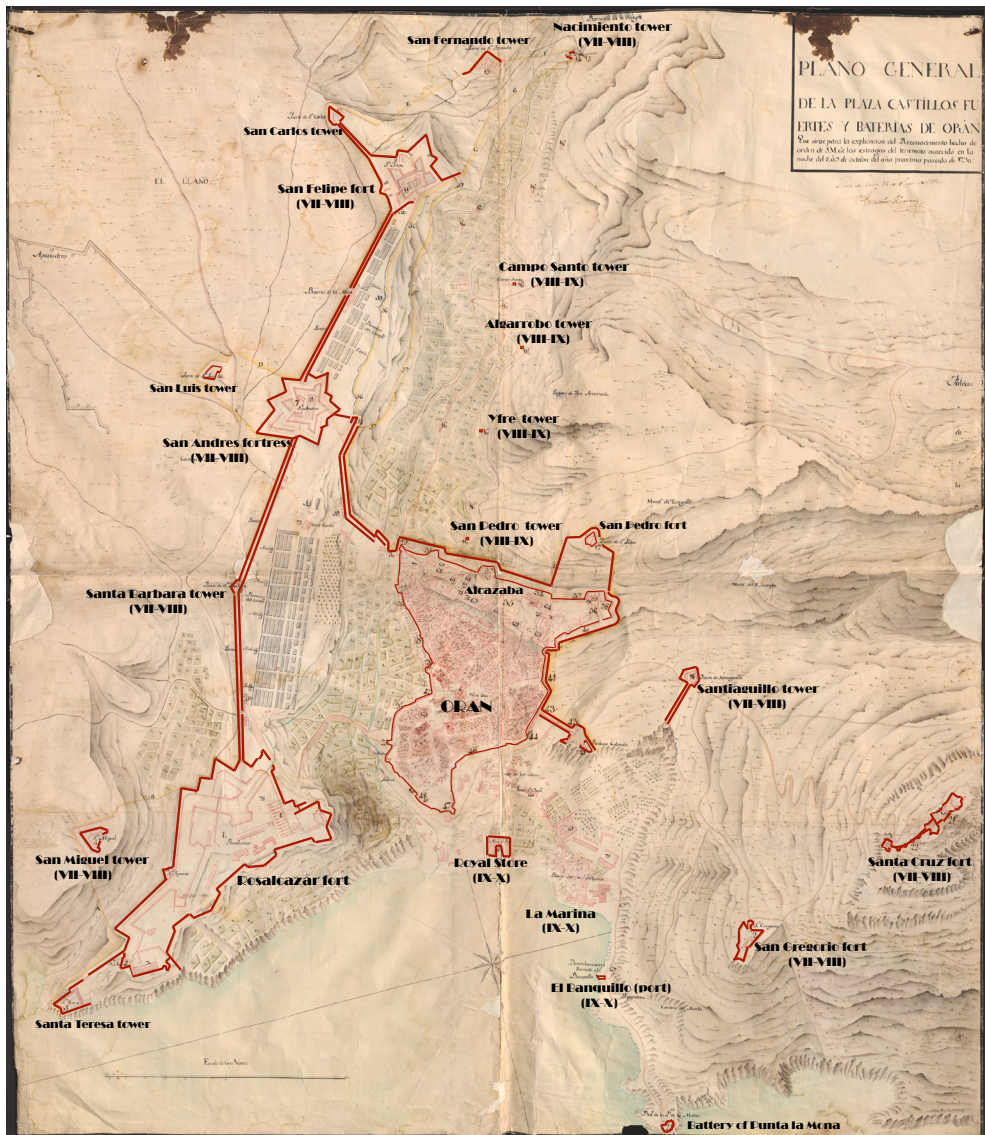


Figura 11. Mapa de intensidades en la ciudad de Orán y fuertes circundantes

En la figura 12 se muestra el mapa de intensidades en la región Ibero-Mogrebí. El terremoto produjo daños en el Castillo de Mazalquivir, (puerto de Orán) que se cuarteó aunque no hubo víctimas, (Anónimo 1790b, Cumbre Hermosa 1790a; Sánchez Cisneros 1799). En Cartagena se sintió el terremoto, y aunque no produjo víctimas si se produjeron daños en casas de la ciudad (Ayuntamiento de Cartagena, 1790) por lo que se asigna una intensidad de V-VI. El terremoto se sintió muy fuerte en Almería (Memorial Literario 1790b), muchos vecinos dejaron sus casas, muchas de las cuales quedaron resentidas (intensidad V) y también se sintió en Rioja y Baños de Sierra Alhamilla (intensidad IV). En Argelia solo se tiene información de que se sintió en Mostagem, Mascara y Tremecén (Grimarest 1790). Aunque algunos autores indican que se sintió en Santa Fé, Granada (Huot, 1837; Galbis 1932), Málaga (Perrey, 1847) y Melilla (Galbis 1932) no indican la fuente de esta información. Consultadas las Actas de Cabildos y Ayuntamiento de estas poblaciones, no se ha encontrado información sobre el terremoto por lo que no parece verosímil que se sintiera en estos puntos. Por último, hay que mencionar que Perrey (1847) indica que se sintió en Malta, pero no parece probable debido a lo distante que está de Orán.



Figura 12. Mapa de intensidades del terremoto de Orán en el sur de España y norte de África. Los interrogantes indican los lugares en los que se sintió el terremoto pero no hay descripción de daños y a los que se ha asignado una intensidad de IV.

### 3.3. Parámetros focales

Todas las fuentes contemporáneas fechan el terremoto el 9 de octubre de 1790, entre la 1h 15 minutos o 1h 30 minutos (hora local) con una duración entre 1 y 3 minutos. El sismo principal fue seguido de gran número de réplicas, entre 20 y 34 el primer día. La serie sísmica duró hasta el 10 de noviembre, con una fuerte réplica el 25 de octubre que se sintió en Cartagena y Almería.



Existen informaciones sobre efectos causados por el terremoto en el mar. Grimarest (1790) cita que se sintió con gran fuerza en las embarcaciones en Orán, el mar retrocedió, volviendo en breve a ocupar la playa con grandes olas. En Cartagena hubo movimientos en la aguas del puerto que subieron hasta 6 pies (Óbanos, 1912, que reproduce una carta datada en Cartagena el 9 de octubre del Marqués de Casa Tilly). En Almería el mar penetró tierra adentro (Memorial Literario, 1790). A partir de estas informaciones puede concluirse que el terremoto tuvo su epicentro en mar. Además en la figura 10 se observa las mayores intensidades en la costa (Almacén Real, Barrio de la Marina y El Banquillo) y en la ciudad de Orán. La intensidad disminuye a medida que nos movemos tierra adentro a lo largo de los fuertes que rodean la ciudad. En base a estas observaciones se propone un epicentro macrosísmico situado en el mar al norte de la ciudad de Orán: y con foco superficial. Este epicentro es diferente al que proponen los catálogos de Munuera (1963; Mokrane *et al.*, 1994; Mézcua y Martínez Solares, 1983) que lo sitúan en tierra, en las coordenadas de la ciudad de Orán y con el que López Marinas y Salord (1990) discrepan. De las observaciones en el mar se concluye que el terremoto generó un tsunami que alcanzó las costas de Cartagena y Almería. La falla que generó el terremoto de Orán podría ser una falla inversa submarina de dirección NE-SW (figura 8) y no como propone Bouhadad y Laouami, (2002) la falla de Orán, que por su localización en tierra no podría explicar la ocurrencia del tsunami. Sin embargo, la posible falla submarina localizada al norte de Orán, y que este autor muestra en su trabajo, si que podría generar un terremoto de magnitud 6.0-6.5 lo que es más coherente con las observaciones del terremoto de 1790. Como en el caso de Montesa, si utilizamos la relación de Murphy y O'Brien (1977), para calcular el máximo de PGA a partir de la intensidad se obtiene 0.9g, claramente superior al obtenido por (Bougadah y Laouami, 2002) que obtienen un valor de 0.4g para un periodo de retorno de 500 años en Orán. Como en el terremoto de Montesa, el valor de PGA obtenido a partir de la  $I_{\max}$  es una aproximación y puede estar sobreestimado, pero indica es que se trata de una zona de alto riesgo sísmico, en el que la sismicidad histórica debe ser tenida en cuenta.

#### 4. Conclusiones

Los terremotos de Montesa (1748) y Orán (1790) presentan características similares, ya que ocurren en zonas que en los últimos 200 años han tenido un bajo nivel de actividad sísmica, se dispone de abundante información contemporánea, lo que permite evaluar con detalle los daños generados por los sismos y en consecuencia su intensidad y ocurren en la parte este de la Península Ibérica y norte de África, prácticamente en la misma longitud (entre 1°W y 0°) en un siglo en el que la sismicidad de RIM está dominada por el gran sismo de Lisboa de 1755. En ambos casos la intensidad máxima de los sismos es de IX-X. Para las regiones epicentrales de los terremotos de Montesa y Orán, los estudios y mapas de peligrosidad sísmica proponen menores valores de PGA que los que pueden deducirse de forma empírica utilizando valores de intensidad observados. En el caso del sismo de Orán de 1790, existe el riesgo añadido de la generación de un tsunami que llegó a afectar las costas de España.

Todos estos elementos, deben de ser tenidos en cuenta en los estudios de riesgo sísmico de estas zonas.

## 5. Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el MINECO, proyecto CGL2013-45724-C3-1-R.

## Referencias

- Bezzeghoud, M., Ayadi, A., Sebaï, A., Aït Messaoud, A., Mokrane, A. y Benhallou, H., (1996). Seismicity of Algeria between 1365 and 1989: Map of Maximum Observed Intensities (MOI), *Avances en Geofísica y Geodesia*, I (1), Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Instituto Geografico Nacional, 107-114.
- Bisbal Cervelló, L. (1984). *Estudio de las distribuciones de intensidades sísmicas en el ámbito Valenciano su incidencia en las obras públicas. Tomo V. Estudio monográfico de la serie sísmica del 23-3-1748 al 8-4-1748 con epicentro en Estubeny (tradicionalmente llamado "Terremoto de Montesa)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. 592 pp
- Bouhadad, Y. y Laouami, N. (2002). Earthquake Hazard Assessment in the Oran Region (Northwest Algeria). *Natural Hazards* 26: 227-243.
- Buforn, E., A. Udías, C. Sanz de Galdeano and S. Cesca (2015a). The 1748 Montesa (southeast Spain) earthquake. A singular event. *Tectonophysics* 664, 139-153.
- Buforn, E., A. Udías y C. Pro (2015b). Large Earthquakes at the Ibero-Maghrebian Region: Basis for an EEWS. *Pure Appl. Geophys.* 172, 2387-2396
- Çelebi, M, P. Bazzurro, L.Chiaraluca, P. Clemente, L. Adriano Desortis, W. Ellsworth, A. Gorini, E.L Kalkan, S. Marcucci, G. Milana, F. Mollaioli, M. Olivieri, R. Paolucci, D. Rinaldis, A. Rovelli, F. Sabetta, y C. Stephens (2010). Recorded Motions of the 6 April 2009 Mw 6.3 L'Aquila, Italy, earthquake and implications for building structural damage: overview. *Earthquake Spectra*, 26, 651-684
- Coca, P., Buforn, E., Udías A. y Bezzeghoud, M. (2018) The 1790 Oran (Algeria) earthquake (en preparación)
- Cotte, M. (1807). Tableau cronologique de phenomenes meteorologies eloignes. *Journal de Physique de Chimie et d'Histoire Naturelle*, Novembre, pg 355
- De Ruig M.J. (1992). *Tectono-sedimentary evolution of the Prebetic fold belt of Alicante (SE Spain): a study of stress fluctuations and foreland basin deformation*. Tesis Doctoral., Universidad deVrije, Amsterdam, 207 pp.
- Faenza, L. y M. Michellini (2010). Regression analysis of MCS intensity and ground motion parameters in Italy and its application in ShakeMap. *Geophys. J. Int.* 180, 1138-1152, doi 10.1111/j.1365-246X.2009.04467.x
- Fontserè, E. y J. Iglésies (1971). *Recopilació de dades sísmiques de les terres catalanes entre 1100 i 1906*. Barcelona: Fundació Salvador Vives Casajuana.
- Galbis Rodríguez, J. (1932). *Catálogo Sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5° E y 20° W de Greenwich y los paralelos 45° y 25° N*. Madrid: Dirección General del Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística.
- García Mayordomo, J. 2005. *Caracterización y Análisis de la peligrosidad sísmica en el sureste de España*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 373 pp.
- Giner-Robles, J. L., P.G. Silva, M.A. Rodríguez-Pascua, R. Pérez-López y A. Alberola ROMÁ (2014). Efectos geológicos y arqueológicos producidos por el terremoto de Estubeny de 1748 AD (SE de España). *Resúmenes de la 2º Reunión Ibérica sobre Fallas Activas y Paleosismología, Lorca España*, 155-158.

- Huot, J. J. N. (1837). J. J. N., *Nouveau cours élémentaire de géologie*. Roret, 135 pp.
- López Marinas, J. M. y R. Salord (1990). *El periodo sísmico Oranés de 1790 a la luz de la documentación de los archivos españoles*. Monografía 6, Instituto Geográfico Nacional, Madrid.
- López Marinas, J. M. y R. Salord (1991). Problems regarding the investigation of the 1790 Orán seismic period. *Tectonophysics* 193, 237-239.
- Mallet, R. y J. W. Mallet (1858). *Earthquake catalogue of the British Association with the discussion, curves and maps*. London: Taylor and Francis.
- Martínez-Solares, J. M., y J. Mézcua (2002). *Catálogo sísmico de la península Ibérica (880 a.C.-1900)*, Monografía 18, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, Spain.
- Martínez Solares, J.M., L. Cabañas, L. Rodríguez, M.B. Benito Oterino, A. Rivas Medina, J. M. Gaspar Escribano, S. Ruíz Barajas y O. Rodríguez Zaloña (2013). *Actualización de Mapas de peligrosidad sísmica de España 2012*. Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- Mezcua, J. y J. M. Martínez-Solares, (1983). *Sismicidad del área Ibero-Mogrebí*. Publicación 203. Madrid: Instituto Geográfico Nacional.
- Mezcua, J, J. Rueda y R. M García Blanco (2013). Iberian Peninsula Historical Seismicity revisited: An Intensity Data bank. *Seis. Res. Lett.* 84, 9-18.
- Milne, J. (1911). *A Catalogue of destructive earthquakes AD 7 to AD 1899*. London: Burlington House.
- Mokrane, A., Ait Messaoud, A., Sebai, A., Menia, N., Ayadi, A. y M. Bezzeghoud (1994). Les séismes en Algérie de 1365 à 1992, Publicacion CRAAG, Argel.
- Moreira de Mendonça, J. J. (1758). *Historia universal dos terremotos*. Lisbon: Antonio Vicenta da Silva.
- Munuera, J. M. (1963). *Datos básicos para un estudio de sismicidad en el área de la península Ibérica*. Memorias del Instituto Geográfico y Catastral. Tomo XXXII. Madrid: Instituto Geográfico y Catastral.
- Muñoz, D. y A. Udías, 1991. Three large historical earthquakes in Southern Spain. In. J. Mezcua and A. Udías (eds.) *Seismology, Seismotectonic and Seismic risk of the Ibero-Magrebian region*. Inst. Geo. Nac. Monografía 8. Madrid, 175-182.
- Murphy, J. R. y I. J. O'Brien (1977). The correlation of peak ground acceleration amplitude with seismic intensity and other physical parameters. *Bull. Seis. Soc. Am.*, 67, 877-915.
- Óbanos, F. (1912). *Oran y Mazalquivir*. Levantina de Artes Gráficas, Cartagena, 312 pp.
- De Prado, C. (1863). Terremotos en la provincia de Almería. *Revista Minera*, Tomo XIV.
- Perrey, A. (1847). Sur le tremblement de terre de la péninsule Ibérique. *Annales des Sciences physiques et Naturelles d'Agriculture et d'Industrie*, Tome X. Lyon: Barret.
- Sánchez Navarro-Neumann, M. M. (1917). Ensayo sobre la sismicidad del suelo español. *Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural*. (Enero) 83-108.
- Sánchez Navarro-Neumann, M. M. (1921). Bosquejo sísmico de la península Ibérica. *La estación sismológica y el observatorio astronómico y meteorológico de Cartuja, Granada*. Granada, 3-68.
- Silva, P.G. y M. A. Rodríguez Pascua (2014). *Catálogo de los efectos geológicos de los terremotos en España*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y Asociación Española para el Estudio del Cuaternario (AEQUA), Madrid.
- Taramelli, T. y Mercalli, G. (1886). *I terremoti andalusi cominciati el 25 dicembre 1884*. R. Accademia dei Lincei, 110 pp.
- Udías, A. (2015). Historical earthquakes (before 1755) of the Iberian Peninsula in early catalogs. *Seis. Res. Letters*, 86, 3, doi: 10.1785/0220140200.
- Von Hoff, K. A. (1840). *Chronik der Erdbeben und Vulkan-Ausbrüche*. Gotha: Justus Perthes.