

FUENTES MEDIEVALES Y POSIBLES EVIDENCIAS ARQUEOLÓGICAS DEL TERREMOTO DE ANDÚJAR DE 1170

Por José A. Peláez¹

Juan C. Castillo²

Mario Sánchez Gómez³

José M. Martínez Solares⁴

Carlos López Casado⁵

RESUMEN

En este trabajo mostramos y analizamos la documentación disponible del terremoto que sacudió Andújar en el año 1170. Este terremoto, de magnitud aproximada 6.0, dejó sentir sus efectos no sólo en esta ciudad, sino en gran parte de al-Andalus.

Primero, presentamos los textos árabes medievales que hicieron referencia a este suceso. También, hacemos un bosquejo del entorno sísmico y geológico de la región cercana a Andújar. Esto nos permitirá entender la singularidad de este terremoto y su importancia, además de tratar de explicar su origen.

Abstract

In this work we show and analyze the available documentation about the earthquake that struck Andújar in 1170. This earthquake, with an approximate magnitude of 6.0, was felt not only in this city, but in most al-Andalus.

Firstly, we show the medieval Arabic texts that refer to this event. Besides, we outline the seismic and geological context of the region nearby Andújar. Therefore, this information will help us to understand its singularity and significance,

¹ Departamento de Física. Universidad de Jaén.

² Departamento de Territorio y Patrimonio Histórico. Universidad de Jaén.

³ Departamento de Geología. Universidad de Jaén.

⁴ Instituto Geográfico Nacional. Madrid.

⁵ Departamento de Física Teórica y del Cosmos. Universidad de Granada.

Por el momento, no existen evidencias arqueológicas directas de este terremoto. Sin embargo, planteamos como hipótesis que éste fue desencadenante, junto con otros factores, de las importantes remodelaciones llevadas a cabo en la muralla de la ciudad en época almohade. Para comprender mejor esta hipótesis, estudiamos también las características de la ciudad de Andújar en la época islámica.

and to try to explain its cause as well.

At the moment there are not direct archaeological evidences of this earthquake. However, we propose as a hypothesis that this earthquake was the origin, together with other factors, of the significant redesigns in the wall system of the city in the Almohade epoch. To better understand such idea, we examine on the characteristics of Andújar during the Islamic period as well.

INTRODUCCIÓN

CUALQUIER evaluación de la peligrosidad sísmica de una región, independientemente de la metodología que se utilice, parte de conocer los terremotos que se produjeron en el pasado. Las localizaciones y características de éstos, es decir, su tamaño y efectos que generaron, especialmente en las edificaciones, son una información muy valiosa a la hora de conocer lo que es probable esperar en el futuro en dicha región. Los datos obtenidos nos proporcionan información de los procesos tectónicos de la zona, e incluso de los intervalos de recurrencia de estos eventos. Si se ha producido un terremoto importante es debido a que existe una estructura geológica capaz de generarlo, y por lo tanto, capaz de activarse de nuevo en el futuro.

Los estudios de sismicidad histórica se enfrentan con multitud de problemas, comunes a cualquier investigación de tipo histórico, lo que pone muchas veces en entredicho la fiabilidad de la información obtenida, en general, tanto menos completa y fiable cuanto más tiempo ha transcurrido desde el suceso. Entre otras cuestiones se nos plantea el conocer la fecha exacta del terremoto, su tamaño o las poblaciones que sintieron su efecto. También, los efectos en sí, y repercusiones desde otros puntos de vista, que produjo en

cada ciudad. El estimar correctamente los daños que produjo es fundamental, por lo que se ha de ser muy crítico en el estudio de los textos de que se disponga. Es muy normal encontrarnos con exageraciones en lo referente al número de víctimas o de casas destruidas, e incluso descripciones de tipo apocalíptico. El determinar el alcance real de lo narrado en dichos textos, es un trabajo conjunto de historiadores, arqueólogos y geofísicos. Es por esto que, cuando sea posible, es conveniente contrastar las descripciones documentales con observaciones arqueológicas y geológicas que las confirmen o maten.

En el presente trabajo exponemos y comentamos la información conocida hasta este momento del terremoto que se produjo en época almohade, concretamente en el año 1170, afectando al entorno cercano de la ciudad de Andújar. Como se verá, la información de la que disponemos no es todo lo extensa que sería deseable, y se restringe, en principio, a dos únicos textos árabes contemporáneos del suceso. El hecho de que se identifique este terremoto como el de Andújar, se debe a que esta ciudad fue la que según ambos textos sufrió los daños más importantes. No tenemos constancia de que el epicentro se situara justamente en esta población. Con la información disponible, los daños son difíciles de clarificar, aunque como se verá, debieron ser notables.

El hecho de que este terremoto afectara significativamente a Andújar, es muy importante dentro del contexto de nuestra provincia. Éste podemos considerarlo un suceso singular, hasta tal punto, que es el movimiento sísmico del que tenemos constancia que más ha afectado a Jaén. Los terremotos de Linares y Alcaudete de 1951, con magnitud 4.8 y 5.1 (MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES, 1983), los de mayor tamaño registrados en época instrumental en nuestra provincia, y que citaremos posteriormente en este trabajo, no llegaron en absoluto a producir los daños que se le suponen al terremoto de Andújar de 1170.

Disponer en el futuro de más información histórica o arqueológica de este terremoto permitirá cuantificar mejor su tamaño e incluso delimitar mejor su localización. Estos son aspectos que resultan cruciales a la hora de incluirlo en estudios de peligrosidad sísmica en nuestra provincia y región, lo que no se ha realizado hasta el momento. Nuevos y detallados estudios geológicos en la zona también podrían ayudarnos a esclarecer e identificar la estructura tectónica que lo generó.

EL TERREMOTO DE ANDÚJAR DE ENERO-FEBRERO DE 1170. FUENTES MEDIEVALES

Las evidencias directas de tipo documental que narran las consecuencias de este terremoto las constituyen básicamente dos manuscritos árabes de la época.

El primero de ellos fue escrito por 'Abd al-Malik b. Muhammad b. Ibn Šāḥib al-Salā, un historiador natural de Beja (1). La importancia de este texto, en lo que se refiere a la información sobre el terremoto que nos ocupa, se constata en el hecho de que el autor es contemporáneo de los sucesos que narra, y creemos que es muy probable que llegara a sentir directamente éste o alguna de sus réplicas (2), (3). *Ibn Šāḥib al-Salā* está reconocido por sus traductores como un ejemplo de claridad, exactitud y fluidez en sus textos, en lo referente a descripciones históricas.

El texto de *Ibn Šāḥib al-Salā* que hace referencia a este terremoto ha sido traducido por HUICI (1969). En el mismo, se describen los sucesos acaecidos en el año 565 (4) del calendario islámico:

«En el mismo año se retrasó la lluvia para los sembrados en al-Andalus hasta el mes de diciembre cristiano del 1169, y cayó [entonces] y sembró la gente. En él ocurrieron grandes terremotos al salir el sol y al declinar el mediodía en la fecha del mes de Ýumadā al-ūlā del año que historiamos (5), y duró en la ciudad de Andújar por espacio de días, hasta que casi de-

(1) Dos son las obras de las que se tiene constancia que escribió, de las cuales tan sólo se conserva la segunda, *Historia del califato almohade*, y más concretamente, el segundo de los tres volúmenes de que constaba. Éste abarca desde el año 554 del calendario islámico hasta finales del 568, equivalentes al intervalo que va de 1159 a 1173 en el calendario cristiano. Este segundo volumen de su *Historia del califato almohade* se encuentra en la Biblioteca Bodleyana (Bodleian Library), biblioteca principal de la Universidad de Oxford. Está catalogado como el manuscrito número 433. De la vida de *Ibn Šāḥib al-Salā* sólo se conoce lo que él cuenta de sí mismo en dicho manuscrito.

(2) Las réplicas son terremotos que siguen al más importante en una secuencia de sacudidas. Son más pequeños que el principal y, pueden continuar durante semanas, meses, e incluso años. En general, cuanto mayor es el terremoto principal, más numerosas, más importantes y durante más tiempo se estarán produciendo dichas réplicas.

(3) No está claro, pero parece ser que en esta época *Ibn Šāḥib al-Salā* se encontraba acompañando en sus viajes por el al-Andalus al califa *Yūsuf I* y a su hermano el *sayyid* (príncipe y caudillo) *Abū Sa'īd*.

(4) 25 de septiembre de 1169 a 13 de septiembre de 1170. En todo este trabajo se sigue la equivalencia entre los calendarios islámico y cristiano establecida por UBIETO (1984).

(5) 21 de enero a 19 de febrero de 1170.

sapareció, y se la tragó la tierra; y continuó, después de esto, en la ciudad de Córdoba y Granada y Sevilla y todo el al-Andalus, y el testigo ocular veía que los muros de las casas se estremecían y se inclinaban hacia la tierra, luego se enderezaban y volvían a su estado por la bondad de Dios, y se arruinaron por esto los emplazamientos de muchas casas en las regiones citadas, y los alminares de las mezquitas».

Avala la importancia de este texto el hecho de que el escritor *Ibn 'Idārī*, en su *Al-Bayān al-Mugrib* (6), copie y extraiga literalmente a *Ibn Šāhib al-Salā* (7).

El segundo texto directo que hace referencia a este terremoto es de *Abū l-Walīd Muḥammad Ibn Aḥmad* (8), el cual aparece en el tratado llamado *De Meteoris* (9):

«Quien presencié el terremoto que hubo en Córdoba y alrededores el año 566 (10) se puede convencer de esto por los muchos ruidos fuertes y atronadores que hubo. No estaba yo entonces en Córdoba, pero cuando fui, escuché unos ruidos que preceden al terremoto, y la gente sentía que este ruido venía del oeste, y vi que el terremoto se generaba a la vez que se levantaba un fuerte viento del oeste. Estos terremotos en Córdoba duraron cerca de un año con fuerza, y no cesaron hasta al cabo de unos tres años. El primer terremoto mató a muchas personas al hundirse las casas. Dijeron

(6) Se trata de unos manuscritos encontrados en la *zawiya* (escuela coránica) de Tamagrūt, cerca de Zagora, en el Valle del Draa, Marruecos.

(7) La traducción que HUICI (1963) realiza de este manuscrito en concreto, se hace eco del alcance que tuvo este terremoto: «Este año ocurrió un terremoto grande, al salir el sol y al declinar Yumada primera, en parte del país del Andalus; el espectador veía que los muros se movían y se inclinaban hacia el suelo, pero luego se enderezaban y volvían a su estado por la benevolencia de Allāh. Se derrumbaron con ello muchas casas y los alminares de las ciudades de Córdoba, Granada y Sevilla». En el mismo podemos observar, tal y como hemos señalado, que se trata de un extracto del anterior. Sin embargo, su autor no menciona la ciudad de Andújar, y sólo cita las ciudades de Córdoba, Granada y Sevilla, mucho más importantes que la primera. Evidentemente, al ser un resumen, no nos proporciona información adicional. Este texto aparece bajo el epígrafe *Noticia de la marcha del jeque Abū Hafṣ 'Umar B. Yahyā desde Sevilla a Córdoba, después del episodio de Badajoz, con lo que se le allegó al llamar en su auxilio al sayyid Abū Ishāq, hijo del califa, para hacer la guerra santa a los que hacían la guerra.*

(8) Fue conocido en su época como *Ibn Rushd* «el nieto», y más tarde por Averroes.

(9) El códice se encuentra en la Biblioteca Nacional de El Cairo, comprende seis tratados, y aparece bajo la signatura, en segunda catalogación, *Fihris al-kutub al-'arabīya al-mauṣūda fīd-Dār* (PUIG, 1987). El título reseñado en el manuscrito es *Taljīs kutub Aristātālīs fīl-Hikma*. Fue transcrito por ALLAH y RAZIK (1994) y traducido por PUIG (1998).

(10) 14 de septiembre de 1170 a 3 de septiembre de 1171.

que la tierra se había abierto, cerca de Córdoba, en un lugar llamado Andújar, esparciendo algo así como cenizas y arena, y el que lo vio, está convencido de la veracidad. El terremoto fue general a toda la parte oeste de la península, pero más intenso en Córdoba y alrededores, y al este de Córdoba fue más fuerte que en Córdoba misma, mientras que al oeste fue más débil que en ésta.

Esto lo prueban también las señales que vemos en el aire premonitoras de los terremotos, tales como las neblinas y nubes que dijeron que aparecen alargadas en el cielo, antes de estos».

En una traducción anterior de este manuscrito realizada por TAHER (1979), se señala (BRAVO y LÓPEZ ARROYO, 1990):

«Para quien ha visto el temblor de tierra ocurrido en Córdoba en el año 566, esta teoría no admite dudas, pues provocó gran alboroto en aquel momento. Yo no estaba en Córdoba en esa época, pero llegué a la ciudad un poco después y oí ruido antes del temblor. La gente comprobaba que el ruido venía del occidente y ví que las sacudidas llegaban al mismo tiempo que el viento del Oeste. Este sismo duró en Córdoba casi un año con una intensidad apreciable y no se calmó definitivamente hasta tres años más tarde. La primera sacudida mató a muchos habitantes y parece que la tierra se hundió en un lugar cercano a Córdoba llamado Andújar, saliendo de la grieta algo parecido a cenizas y arena. Los que lo vieron no lo ponen en duda. Al Este de Córdoba el temblor fue más violento que en la ciudad misma, mientras que al Oeste fue más ligero. Se vio en la atmósfera una especie de aviso: niebla y nubes rectangulares aparecieron».

Como vemos, el conocido filósofo y juez Averroes no se encontraba en el momento de la sacudida principal en la ciudad de Córdoba, sino en Sevilla. Siendo así, en principio puede parecer extraño que no cite los efectos en dicha ciudad, teniendo en cuenta lo descrito por *Ibn Šāḥib al-Salā*. Nosotros creemos que no es así, ya que el anterior texto forma parte de un tratado (*De Meteoris*) en el que se comenta y explica la causa y clases de terremotos (ver Apéndice). No se trata, por tanto, de un texto descriptivo de acontecimientos históricos, como ocurre en las obras de *Ibn Šāḥib al-Salā* e *Ibn 'Idārī*. En cualquier caso, nos describe cómo llega a sentir en Córdoba réplicas del terremoto principal, indicándonos incluso que éstas duraron hasta tres años. Sin embargo, nos encontramos con una discrepancia en relación con la fecha del suceso, y aunque ambos autores tienen bastante credibilidad, nos inclinamos por *Ibn Šāḥib al-Salā*, que lo fecha entre enero y febrero del año 1170. Hay que tener en cuenta que el manuscrito de éste nos

hace una detallada descripción, año a año, de los sucesos más importantes acaecidos en al-Andalus. Esta sistematización de la secuencia temporal de los acontecimientos narrados en su manuscrito es lo que nos lleva a inclinarnos por su datación. Este criterio es también compartido por el investigador de este terremoto LÓPEZ MARINAS (1986).

Al margen de estos dos textos de *Ibn Šāḥib al-Salā* e *Ibn Rushd* (el texto de *Ibn 'Idārī*, como hemos visto, no es más que un resumen del primero), no tenemos constancia fehaciente de más crónicas que narren directamente el suceso. Aún así, destacaremos otras dos que han sido aludidas y consideradas por la historiografía que analiza este suceso.

La primera de las crónicas la encontramos en los llamados *Anales Toledanos* (PORRES, 1993). Responden al modelo de las crónicas medievales, caracterizadas por una excesiva brevedad y concisión. En estos textos, se narran de forma muy escueta los sucesos más significativos acaecidos cada año. Según los Anales de este año (11) (PORRES, 1993):

«Estremeciose Toledo en XVIII dias de Febrero, Era MCCVII».

El año que se cita, 1207, se corresponde con el calendario llamado era Hispánica (12) (ROMERO TALLAFIGO *et al.*, 1995; GARCÍA LARRAGUETA, 1998) o era de los Césares, que equivale al año 1169 del calendario cristiano.

Este único y breve texto, sin embargo, ha sido definitivo para que algunos investigadores (GALBIS, 1932; BRAVO y LÓPEZ ARROYO, 1990) consideren éste como una clara referencia al terremoto de Andújar que nos ocupa, además de estimar que la fecha que se menciona, 18 de febrero de 1169, es justamente la fecha de los acontecimientos. Aunque es muy posible que el terremoto de Andújar se sintiera en el centro de la Península Ibérica, tal y como ha ocurrido con otros terremotos posteriores que han sucedido en el

(11) Aparece en los Anales Toledanos Primeros, que comprenden desde el año 714 al 1229 del calendario cristiano. La cita puede leerse en la página 391 del libro de referencia (FLÓREZ, 1767).

(12) Está acreditado que el comienzo de este calendario se sitúa en el año 716 *Ab Urbe Condita* o de la fundación de Roma (año 38 a.C.), y que tiene su comienzo, al igual que el calendario cristiano, el día 1 de enero. En donde no hay unanimidad en el criterio de los investigadores es en explicar el hecho que da comienzo a esta era. Mientras que muchos aceptan el criterio de que éste fue el año de la conquista de Hispania por Augusto, otros opinan que en este año no se destaca ningún suceso militar importante en Hispania. El origen de esta era podría tener un origen criptocristiano (D'ORS, 1962), es decir, por señalar Augusto el momento del nacimiento de Jesucristo.

entorno del anterior (13), no creemos que esta única referencia pueda ser definitiva para considerar que estamos hablando del mismo suceso.

Un segundo texto se encuentra también recogido en el manuscrito de *Ibn Ṣāhib al-Salā* (14). Según éste:

«Es el que hizo una capital de Sevilla (15), y el que mandó reconstruir las murallas por el lado del río, a su costa, después que las derribó la inundación grande, que salió por sus costados y por su región el año 564 (16). Las construyó de piedra y cal, desde ras de tierra hasta la altura que tienen hoy, por mano de sus encargados más fieles».

Este segundo texto lleva a pensar a BRETÓN (1997) que muy probablemente este suceso guarda relación con el terremoto de Andújar. Nuestra opinión es claramente contraria, por diferentes motivos. En primer lugar, por la no concordancia de fechas. En segundo lugar, aunque se tiene constancia de desbordamientos de ríos asociados a terremotos, éste no es un suceso usual, además de estar intrínsecamente relacionado normalmente con la rotura de presas o diques construidos en la parte alta del cauce, el cual no parece ser el motivo en este caso (17). Un dato más que avala nuestra opinión es el hecho reseñado por TORRES (1960), al señalar que este tipo de crecidas eran más que usuales en el Guadalquivir (18).

Curiosamente, en los Anales Toledanos Primeros se describe (PORRES, 1993) también lo siguiente:

«Avenida en el Rio Tajo, que llegó hasta S. Isidro en Toledo en XX dias de Decembre, Era MCCVI».

(13) Terremoto de Linares de 10 de marzo de 1951, posteriormente comentado en este trabajo.

(14) Aparece bajo el epígrafe *Elogio del emir Abū Ya'qūb en sus nobles y grandes cualidades, durante su emirato y durante su califato, en resumen, hasta que lo exponga en su califato efectivo*, según la traducción de HUICI (1969).

(15) Refiriéndose al emir *Abū Ya'qūb Yūsuf*.

(16) 5 de octubre de 1168 a 24 de septiembre de 1169.

(17) Sin ir más lejos, las murallas de Sevilla tuvieron que ser reconstruidas, por ejemplo, después de la gran inundación de 1201 (VALOR y TABALES, 2002).

(18) «Mas que de las operaciones militares sufrieron siempre las murallas sevillanas de la proximidad del Guadalquivir, foso suyo a poniente, cuyas periódicas crecidas eran causa de grandes daños, obligando en ocasiones a los habitantes de la ciudad a cerrar y calafatear las puertas y a vivir en tejados, torres y adarves», TORRES (1960).

Vemos que hay coincidencia entre la crecida del Tajo (20 de diciembre de 1168) con la crecida del Guadalquivir (de octubre de 1168 a septiembre de 1169). Creemos que éste es un indicativo más de que fue un fenómeno asociado a la climatología y no al terremoto.

Evidentemente, la escasez de fuentes documentales sobre el terremoto de Andújar es un lastre a la hora de datarlo con mayor precisión. Pero sobre todo impide aquilatar los efectos que produjo tanto en las edificaciones como en las personas, así como establecer el área pleistosista (19) y, conocer su influencia en la sociedad de la época.

Las conclusiones que se infieren a raíz de las descripciones de los dos manuscritos que hemos considerado básicos son las que pasamos a comentar a continuación. En primer lugar, es clara la importancia del evento, aunque se observan exageraciones, fruto en muchos casos del carácter que se le atribuía a estos sucesos, como por ejemplo, «... hasta que casi desapareció, y se la tragó la tierra...» o «... los muros de las casas se estremecían y se inclinaban hacia la tierra, luego se enderezaban y volvían a su estado...». Junto a esto, observamos descripciones consecuencia de tratar de explicar la causa origen de estos sucesos, como «... el terremoto se generaba a la vez que se levantaba un fuerte viento de oeste...», y «... las neblinas y nubes que dijeron que aparecen alargadas en el cielo, antes de estos...».

Aun así, los efectos descritos no dejan lugar a dudas de la magnitud de este suceso. Se habla claramente en el manuscrito de *Ibn Šāḥib al-Salā* que «... se arruinaron por esto los emplazamientos de muchas casas en las regiones citadas, y los alminares de las mezquitas...», y en el de Averroes que «... El primer terremoto mató a muchas personas al hundirse las casas. Dijeron que la tierra se había abierto, cerca de Córdoba, en un lugar llamado Andújar...».

En ambos manuscritos también queda de manifiesto, sin ambigüedades, que el terremoto vino acompañado de una importante crisis sísmica, y que los efectos fueron producidos no sólo por el terremoto principal sino también por sus réplicas. En el manuscrito de *Ibn Šāḥib al-Salā* se nos narra «... ocurrieron grandes terremotos al salir el sol y al declinar el mediodía...», «...duró en la ciudad de Andújar por espacio de días...», «...y continuó, después de esto, en la ciudad de Córdoba y Granada y Sevilla y todo

(19) Área o región en la que se producen los mayores daños o efectos, que en el caso de terremotos históricos ayuda a establecer la localización epicentral del terremoto.

el al-Andalus...», y en el de Averroes, «... Estos terremotos en Córdoba duraron cerca de un año con fuerza, y no cesaron hasta al cabo de unos tres años...». Es muy significativo el hecho de que se cite que durante un año se estuvieron produciendo temblores de intensidad apreciable, y que hasta tres años más tarde no dejaron de producirse. Esto es típico de terremotos destructivos, en los que se están produciendo réplicas de mayor o menor intensidad incluso durante años.

Un interesante fenómeno que se describe es el hecho de que se escuchó ruido durante el terremoto. Averroes nos dice «... *por los muchos ruidos fuertes y atronadores que hubo...»*, y «... *escuché unos ruidos que preceden al terremoto, y la gente sentía que este ruido venía del oeste...»*. La percepción de ruido suele ser normal en muchos terremotos importantes, principalmente al inicio del temblor. Tal y como nos indica BOLT (1981), cuando las ondas primarias (ondas P), de naturaleza semejante a la del sonido, emergen desde el interior de la Tierra a la superficie, parte de ellas se transmiten a la atmósfera como ondas sonoras. Estas son audibles si sus frecuencias están contenidas en un cierto rango.

Otro fenómeno interesante y curioso nos lo describe también Averroes: «... *Dijeron que la tierra se había abierto, cerca de Córdoba, en un lugar llamado Andújar, esparciendo algo así como cenizas y arena...»*. Los hundimientos y grietas están íntimamente relacionados con las características del terreno. Están descritos en multitud de terremotos de cierta importancia, y aparecen asociados a compactaciones del terreno, colapsos de cavidades subterráneas, o al llamado fenómeno de licuefacción. Este último es un proceso por el que el terreno, al producirse la sacudida, pasa a comportarse como un fluido denso. Ocurre en terrenos formados por sedimentos saturados de agua, al superarse un determinado nivel de movimiento del terreno. Relacionado con este proceso, se producen los llamados volcanes de limo o barro (20), en donde barro o limo que se encuentran bajo la superficie terrestre salen afuera empujados por la presión del fluido intersticial de los sedimentos al compactarse.

Este terremoto ha sido incluido en múltiples estudios y publicaciones sobre sismicidad histórica, a la vez que citado en diversas publicaciones de

(20) Otras muchas veces están relacionados con fenómenos de tipo volcánico, en donde a través de respiraderos en el terreno se escapa una mezcla entre agua caliente o en ebullición, a veces gases volcánicos, y sedimentos (arena, limo o barro).

otra índole. En todos los casos se han utilizado o bien estos manuscritos que se transcriben aquí, o bien citas que han realizado otros autores a estos textos, en algunos casos, pensamos que no con mucho acierto.

En el reciente y detallado trabajo de MARTÍNEZ SOLARES y MEZCUA (2002), utilizado como catálogo sísmico histórico básico en estudios de sismicidad y peligrosidad sísmica en España, aparece catalogado con intensidad (21) máxima VIII-IX, asociándole como fecha al suceso el año 1169, y epicentro aproximado la ciudad de Andújar. Siguiendo las directrices de la escala macrosísmica EMS-98 (GRÜNTAL, 1998) a la hora de asignar intensidad a terremotos históricos, esto quiere decir que su intensidad está comprendida entre los grados VIII y IX (no menos de VIII y, con la información que tenemos actualmente, no más de IX). Como se indicó anteriormente, parece claro el hecho de que se produjo licuefacción, lo que indica al menos una intensidad de grado VIII; aún así, este valor debería ser confirmado de forma independiente por otros efectos. El asignar grado IX es consecuencia de los efectos que se le suponen sobre las construcciones. Es el resultado de considerar que *muchas* casas se *hundieron* o *arruinaron*, matando a *muchas* personas. Esto implica, utilizando la anterior escala macrosísmica, daños llamados de tipo 4 ó 5 en casas pertenecientes al denominado tipo A de vulnerabilidad. Los efectos que citan los textos históricos sobre los alminares de las mezquitas, comentados anteriormente, o los posibles efectos sobre la muralla almohade, que comentaremos a continuación, son difíciles de tener en cuenta a la hora de asignar intensidades, debido a su compleja estructura y peculiar comportamiento frente a un terremoto.

Haciendo uso de la relación empírica entre magnitud e intensidad de D'AMICO *et al.* (1999), establecida para el área mediterránea, podemos decir que un grado VIII-IX de intensidad es equivalente a una magnitud 6.0 Ms. La incertidumbre en esta asignación es de aproximadamente 0.6 grados.

(21) Como aclaración, mientras que la magnitud nos mide instrumentalmente la energía que se libera en un terremoto, la intensidad es una medida del grado en que un terremoto es sentido en una determinada localización, en términos del daño a las edificaciones y estructuras, efectos sobre el terreno y efectos sobre las personas. En este momento, en Europa se acostumbra a utilizar, a la hora de asignar intensidades, la escala EMS-98 (European Macroseismic Scale 1998) (GRÜNTAL, 1998), con doce grados de intensidad (de I a XII). Una muy somera definición de los grados de intensidad que citamos en este trabajo es la siguiente: III - terremoto débil, IV - ampliamente observado, V - fuerte, VI - ligeramente dañino, VII - dañino, VIII - fuertemente dañino, y IX - destructor.

aludir la noticia recogida por IBN ḤAYYĀN (1937), al señalar que en el año 888, el emir ‘*Abd Allāh* ordenó al gobernador de la cora (25), que ampliara urgentemente las fortificaciones de *Ḥiṣn Arḡūna* y del fuerte de Andújar (26) (GURAIEB, 1952; IBN ḤAYYĀN, 1937), con el objeto de ofrecer protección a los campesinos de la zona ante el cariz que estaba adquiriendo la rebelión que contra el gobierno de los Omeyas había estallado en al-Andalus.

En este texto, ambas poblaciones son definidas como *Huṣūn*, término que alude de forma genérica a un lugar con capacidad defensiva (ACIÉN, 1989), que bien podía estar dotado de sólidos elementos de fortificación, o bien, ocupaba un emplazamiento tan escarpado, que la propia orografía facilitaría su defensa, sin que necesitase otro tipo de estructuras. El emplazamiento de Andújar en la ribera del río Guadalquivir, le define como un asentamiento en llano carente de defensas naturales, con la sola excepción del sector que limita con el río. Por ello, podemos suponer que estuvo protegido por lienzos de muralla que fueron edificados en época romana, y que según el texto, fueron ampliados a finales del siglo IX. Es posible que sea a partir de este momento cuando se produce el desarrollo de este asentamiento, convirtiéndose en una de las principales poblaciones de la Campiña de Jaén, y por tanto, una vez erigido en el principal centro defensivo y estratégico de la zona, fue incrementando el número de sus moradores. De esta manera, junto a la población campesina y a la guarnición militar, se establecieron funcionarios estatales, encargados de recoger los impuestos que periódicamente pagaban los campesinos de la zona (SALVATIERRA, 1997). Esta función convierte a Andújar en uno de los distritos administrativos (*Iqlīms*) de la *kūra* de *Yayyān* (AGUIRRE, 1982; CASTILLO, 1998a).

Este primitivo recinto (figura 2) estuvo situado en el punto más estratégico y elevado del casco histórico de la ciudad de Andújar, ocupando una

(25) Una cora (*kūra*) era cada una de las circunscripciones político-administrativas en las que estaba dividido el territorio de al-Andalus.

(26) El texto que al que hacemos alusión señala que «*Durante este período de agitación ‘Ubayd Allāh b. Muḥammad b. al-Gumar b. Abū ‘Abdah, gobernador de Jaén contra Sa’id b. ‘Abd Allāh b. Janḡar, que a la sazón era adversario del califa y se había atrincherado en la fortaleza de Ȳarisa (provincia de Jaén) desde donde hacía sus incursiones contra los pobladores. Le sitió respaldado por fuerzas del gobierno central, y cuando le iba estrechando el cerco y estaba a punto de reducirlo, recibió una orden del emir ‘Abd Allāh de retirarse del lugar y dirigirse a la ciudadela de Arḡūna (Arjona), de mayor importancia estratégica. Simultáneamente le envió el emir refuerzos a fin de que fortificara dicha ciudadela y el fuerte de Andūṣar (¿Andújar?), próximo a ella. La orden real señalaba la urgencia de ampliar la fortificación de estos dos bastiones y de reunir a los campesinos en sus guarniciones.*».



Figura 2.—Recintos defensivos de Andújar (CASTILLO y PÉREZ, 2002). Extensión del núcleo Emiral-Califal y amurallado de época Almohade.

pequeña área urbana ubicada en su extremo norte (CASTILLO y PÉREZ ALVARADO, 2002), en torno a su primitivo alcázar (27). Definiría un área de ocupación que se extendería hipotéticamente entre las actuales calles Tiradores, San Francisco, Ollerías, Plaza de la Constitución, Plaza de España, calle Feria, Plaza de Santa María, calle Príncipe, y Fernando Quero (figura 2). Como hemos señalado, este primer núcleo islámico estuvo circundado por un recinto de murallas, compuesto por lienzos de tapial de argamasa jalonados de torres macizas. A éste pertenecen los restos de un gran foso de 7 m de anchura y 2 m de profundidad (28), y un gran torreón trapezoidal de argamasa, edi-

(27) Demolido en 1932 para la edificación del cine Tívoli, pero del que se conservan dos magníficos testimonios gráficos (fotografías 53 y 54 en *Cuadernos de Historia* (1986)). Alcázar, que según TORRES (1956), recogiendo el testimonio de D. Antonio Terrones y Robles, fue descrito como «fuerte castillo y grande, con cuatro torres, foso y contra foso».

(28) Este foso ha sido documentado en dos intervenciones arqueológicas (CHOCLÁN y CASTILLO, 1991; JIMÉNEZ MORILLAS y ZAFRA, 1993).

ficado encofrando con mortero de cal y arena parte de la base geológica que había quedado al descubierto con la excavación del foso. Este cubo se eleva con sucesivos bancales de mortero, dispuestos escalonadamente, y una vez rebasado el nivel de la base geológica, se levantó un gran bastión de tapial (29) (CHOCLÁN y CASTILLO, 1991) (figura 3 y lámina 1).

Sin embargo, este asentamiento inicial fue ampliamente transformado entre los siglos XI y XIII, como así lo confirman diversos estudios arqueológicos realizados en la ciudad de Andújar en los últimos años (SALVATIERRA *et al.*, 1991). Las causas que convergieron en su mutación son variadas. Entre ellas cabría destacar la inseguridad reinante en la zona, con las sucesivas incursiones de los ejércitos cristianos y los conflictos internos de al-Andalus (CASTILLO, 1998b), y los efectos que sobre la ciudad y su obsoleto recinto defensivo, muy probablemente causó el terremoto de 1170.

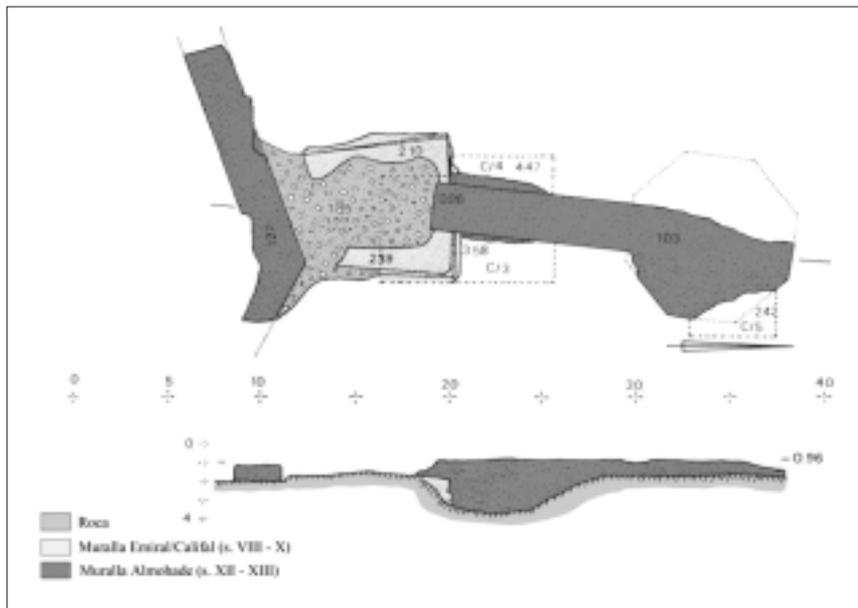


Figura 3.—Reestructuración del recinto amurallado de Andújar (CHOCLÁN y CASTILLO, 1991; SALVATIERRA *et al.*, 1991).

(29) Este torreón trapezoidal presenta unas dimensiones de 8 m por su cara oeste, 7.66 m por la norte, y 6.42 m por la este, conservándose hasta una altura que oscila entre 1.13 m en su esquina NE, y 1.40 m en la NW.



Lámina 1.—Reestructuración del recinto amurallado de Andújar (calles Ollerías y Juan Robledo) (CHOCLÁN y CASTILLO, 1991).

Las investigaciones arqueológicas están evidenciando algunas de las transformaciones desarrolladas en la estructura urbana y en el complejo sistema defensivo de Andújar. En primer lugar, en torno al antiguo centro amurallado surgen amplios arrabales, creados tanto por aquella población que, procedente de las zonas recientemente conquistadas por los cristianos, huye hacia lugares más seguros de al-Andalus, como por los campesinos del entorno, que dada la conflictividad política y militar de la época, optó por establecer sus residencias en las inmediaciones de aquellos núcleos con mayores posibilidades defensivas. Lógicamente, estas nuevas áreas residenciales extramuros carecerían de cualquier tipo de cerca o muralla, por lo que urgiría la construcción de un nuevo perímetro de murallas que las englobara. El nuevo recinto prácticamente duplicó el tamaño de la ciudad, alcanzando de esta manera la máxima extensión que logró tener a lo largo de toda la Edad Media (figuras 1 y 2).

En segundo lugar, los trabajos arqueológicos confirman incluso la inutilización de la antigua cerca, detectándose una serie de intervenciones, como el relleno del foso, que fue utilizado como basurero, depositándose en su interior gran cantidad de desechos, entre ellos materiales cerámicos datados entre los siglos XI y XII (CHOCLÁN y CASTILLO, 1991). Pero paralelamente, también se amortizó el antiguo recinto, que fue sustituido por otro de mayor complejidad y envergadura, tanto en extensión, como a nivel de los elementos defensivos que incorpora.

La nueva muralla fue construida con un tapial muy apisonado, obtenido a través de una consistente mezcla de cal y arena, bastante decantada, que recubría un armazón de vigas de madera (láminas 1, 2 y 3). Esta técnica fue empleada para la edificación de buena parte del nuevo recinto; sin embargo, se han documentado zonas del mismo donde se aprecian ligeros cambios, empleándose en esta ocasión un tapial calicastrado en el que predomina la cal y los cantos de pequeño calibre. Esta argamasa fue empleada para conformar las caras exteriores de los cajones, mientras que el interior se rellenó con una mezcla de materiales en los que predomina la tierra, piedras y fragmentos de cerámica (lámina 4). Estas diferencias podrían atribuirse a diversas razones, aunque pensamos que podrían corresponder a un momento con cronología ligeramente posterior, o incluso, que pudo ser empleado para la construcción de una estructura defensiva interna, cuya función era proteger la denominada Puerta del Alcázar, a modo de plaza fortificada, como nos muestra el plano (figura 4) dibujado por XIMENA (1639).



Lámina 2.—Murallas de la calle Silera (Andújar) (ss. XII-XIII).



Lámina 3.—Murallas de la calle Silera (Andújar) (ss. XII-XIII).

POSIBLES EVIDENCIAS ARQUEOLÓGICAS DEL TERREMOTO DE 1170

Hasta el momento no se han evidenciado pruebas arqueológicas directas de los efectos del terremoto dentro de los niveles arqueológicos de Andújar (30). No obstante, los efectos del sismo tuvieron que afectar seriamente

(30) Nos referimos a muros desplomados sobre niveles arqueológicos de la época, grandes fisuras en los lienzos de murallas o torres, o bien, cualquier otro tipo de indicio que pudiera relacionarse claramente con el terremoto.

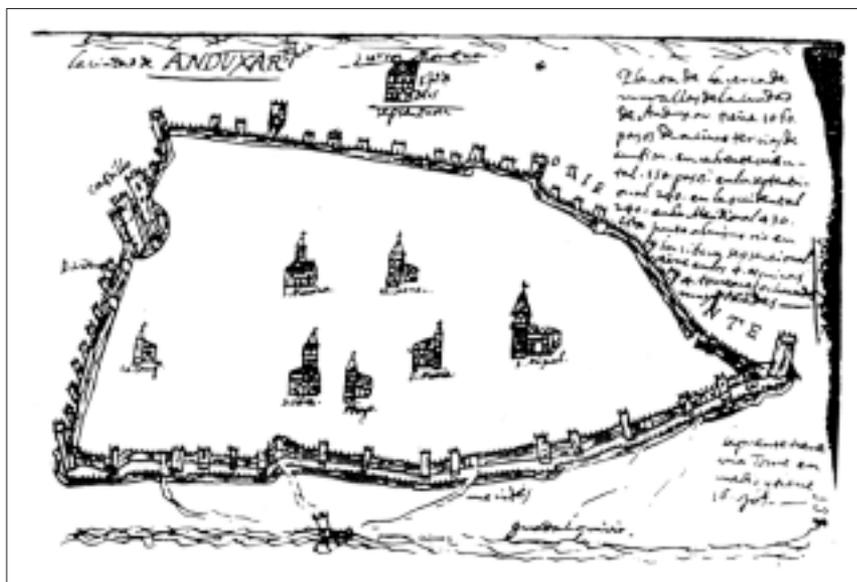


Figura 4.—Esquema del recinto amurallado de Andújar según XIMENA (1639).

a los elementos que componían su trama urbana, tal y como señalan los textos escritos (31), y también a su recinto amurallado, por otro lado, bastante maltrecho, si tenemos en cuenta los acontecimientos políticos y militares del momento. Entre ellos, podemos citar los diversos asedios e intentos de conquista, por parte de los diferentes bandos que se disputaron el control de la región durante la segunda mitad del siglo XII (32).

Las estructuras arqueológicas exhumadas en las excavaciones urbanas, podrían relacionar las remodelaciones efectuadas en el recinto amurallado, como una consecuencia directa de los factores antes descritos, y entre ellos, con los efectos destructivos del terremoto de 1170. Los elementos estudiados nos permitirían plantear dos hipótesis de trabajo, que futuras in-

(31) Este tipo de lecturas, las debemos interpretar con ciertas reservas, ya que algo usual, aunque no parece ser éste el caso, era el exagerar la realidad, con el fin de recibir mayores compensaciones económicas por parte, en este caso, del estado Almohade. No obstante, algunas de las descripciones del fenómeno, parecen mostrar claramente la realidad de su efecto destructivo.

(32) Andújar fue conquistado por el rey Alfonso VII en 1148, permaneciendo bajo su dominio hasta el año 1157. Posteriormente pasó a poder de *Ibn Hamušk* hasta el año 1165, en el que fue conquistada por los Almohades (SALVATIERRA, 1996).

vestigaciones podrían precisar. Son las que pasamos a describir a continuación.

En primer lugar, que las grandes transformaciones desarrolladas en el perímetro amurallado tuvieron como objetivo la construcción de una nueva cerca de la ciudad que paliara los efectos destructivos, que en la primitiva muralla, habían ocasionado el latente estado de guerra y los destrozos producidos por el terremoto de Andújar, hasta el punto que fue más conveniente edificar una nueva que reparar y acondicionar la antigua. Las evidencias más precisas de esta reforma se documentaron en el sector de muralla ubicado entre las calles San Francisco, Ollerías y Juan Robledo (33). Como hemos indicado, tan sólo en un punto del conjunto amurallado de Andújar las investigaciones han podido confirmar la superposición de estructuras defensivas, con la consiguiente amortización del antiguo recinto. La zona excavada se corresponde con un tramo donde el lienzo traza un ángulo (figura 3 y lámina 1), cuyo vértice se alineó de forma aproximada con el antiguo torreón emiral-califal. El elemento más interesante de esta fase constructiva, se corresponde con una gran torre albarrana de planta ochavada, que se unió con la torre de la fase anterior mediante un largo muro. La construcción de este último lienzo se realizó tras excavar en los sedimentos del foso una zanja de cimentación de 4 m de anchura, rompiendo incluso la parte frontal del antiguo torreón sobre el que cabalga. La torre ochavada se proyecta 18 m, aproximadamente, por delante de la muralla, y no enlaza directamente con la nueva cerca, sino que entre ambos elementos queda un espacio vacío. Esto nos sugiere que la unión entre ambos elementos se produce en altura, quizá mediante un arco por el que discurría el paso de ronda. De esta manera, el antiguo torreón pudo emplearse como base y zona de paso bajo este puente.

En segundo lugar, cabe la posibilidad de que los almohades, inmediatamente después de conquistar la plaza en 1165, y dado el carácter estratégico que había adquirido, optaran por llevar a cabo una exhaustiva transformación de su esquema defensivo. Esto tendría dos objetivos, incrementar la extensión del recinto para englobar en su interior a los arrabales surgidos al amparo de la antigua muralla emiral-califal, pero al mismo tiempo, ampliar sus posibilidades defensivas, amortizando estas maltrechas y obsoletas defensas construidas a finales del siglo IX. Sin embargo, aunque la obra fue nueva, la

(33) Ha sido el caso de la intervención arqueológica realizada en un amplio solar delimitado por estas calles por CHOCLÁN y CASTILLO (1991).

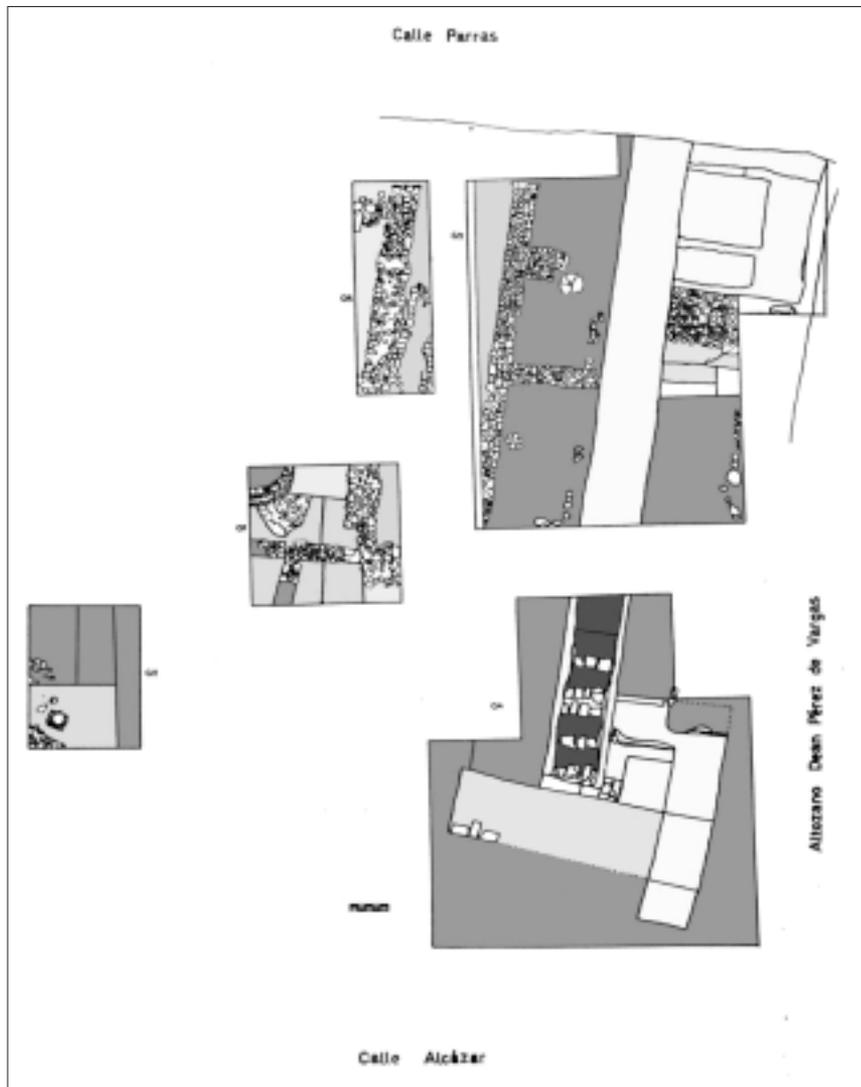


Figura 5.—Restos arqueológicos del Altozano Deán Pérez de Vargas (Andújar)
(CASTILLO, 1991).

intensidad del terremoto, ciertamente tuvo que ocasionar daños que obligaron a reforzar las cimentaciones de torres y murallas, tal y como han documentado las excavaciones del sector situado en la calle Altozano Deán Pérez de Vargas.

Esta intervención constató el reforzamiento de la base de una de las torres allí edificadas con un muro encofrado de tierra apisonada que bordeaba todas las caras de la misma, rellenándose la zona interior con cantos rodados dispuestos en capas regulares. De esta forma, la superficie de la torre se amplió de forma notable (34) (figura 5 y lámina 5). Además, se construyó un talud del mismo material, que facilitaba aún más la defensa del conjunto. Por otro lado, en la zona SE del solar, y rompiendo la muralla de tapial calicastro, se documentó otro muro de tierra de 1.80 m de grosor, construido con el mismo material que el refuerzo de la base de la torre.

CONTEXTO SÍSMICO

La sismicidad en el entorno de Andújar es escasa, y son pocos los terremotos que destacan, con la excepción del que nos ocupa en este trabajo. De hecho, éste es un aspecto que caracteriza prácticamente a toda la provincia de Jaén (PELÁEZ y LÓPEZ CASADO, 1995). Podemos señalar, a grandes rasgos, que la sismicidad es muy escasa al norte de la Depresión del Guadalquivir, en toda Sierra Morena. Al sur de la Depresión, sólo terremotos moderados han dejado sentir sus efectos en alguna ocasión.

En la figura 6 podemos ver los terremotos catalogados en el entorno de Andújar, con intensidad asignada o magnitud, por el Instituto Geográfico Nacional (MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES, 1983; MARTÍNEZ SOLARES y MEZCUA, 2002). En concreto, sólo mostramos los terremotos localizados con magnitud igual o superior a 3.0 mb o intensidad igual o superior a IV.

Todos los terremotos con indicación de magnitud que se muestran en la figura 6 son posteriores a 1943. De los terremotos anteriores a esta fecha sólo tenemos constancia de sus efectos, es decir, sólo disponemos de la intensidad macrosísmica que se les asignó. A continuación vamos a reseñar los más importantes.

Entre los terremotos históricos destaca el terremoto de Jaén de 27 de febrero de 1712. Tiene asignada una intensidad VI, lo que se corresponde aproximadamente con una magnitud 4.2 mb. Parece ser que hay constancia de que se produjeron en total cuatro terremotos, el primero de ellos el día 2 de febrero y el último el día 10 de marzo. Otros autores indican que fue una serie de 16 terremotos entre los días 2 de febrero y 21 de mayo (PERREY,

(34) El refuerzo de la base mide 2.60 m de anchura y una altura desde la base geológica de 1.28 m. El grosor del muro de tapial es de 60 cm (SALVATIERRA *et al.*, 1991).



Lámina 4.—Restos arqueológicos del Altozano Deán Pérez de Vargas (Andújar)
(CASTILLO, 1991).

1847). Sería necesario hacer una revisión de los datos que se poseen de este terremoto, así como nuevas investigaciones, para llegar a conocer mejor los efectos que produjo y su repercusión. Aunque diversos autores citan esta serie, parece ser que la referencia origen, tal y como indica PERREY (1847), se encuentra en el libro *Chronik der Erdbeben und Vulcanausbrüche* de K.E.A. von Hoff, editado en el año 1840 ó 1841 en la ciudad de Ghota, Alemania.

Al anterior terremoto le sigue en importancia el de Linares de 28 de noviembre de 1909, con intensidad asignada V (magnitud aproximada 3.8 mb). Trece años antes, el 15 de octubre de 1896, Linares sufrió otro terremoto, éste con intensidad asignada IV-V (magnitud aproximada 3.6 mb). La referencia a este último terremoto se encuentra en la Tesis doctoral del investigador RODRÍGUEZ DE LA TORRE (1990).

De los terremotos que aparecen en la figura 6 con magnitud calculada, el más importante fue el llamado terremoto de Linares de 10 de marzo de 1951. Su magnitud es 4.8 mb, y tiene asignada una intensidad VIII (MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES, 1983), aunque en estudios más recientes (BERNAL *et al.*, 1991; UDÍAS *et al.*, 2004) se apunta claramente a que sólo se alcanzó el grado VII, o incluso, que sólo se alcanzó el grado VI-VII (UDÍAS *et al.*, 2005). Se le llama así por el hecho de que fue ésta la población en las cercanías del epicentro donde inicialmente se asignaron los mayores daños, aunque podemos ver que el epicentro es más cercano, por ejemplo, al municipio de Bailén. Según BERNAL *et al.* (1991), se llegó a sentir claramente con intensidad VII en las poblaciones de Linares, Baena (Córdoba), e incluso en Montefrío (Granada). Hay constancia de que se llegó a sentir incluso en Ciudad Real y Toledo (intensidad IV), y Madrid (intensidad III-IV). A este sismo le siguieron algunos otros relacionados claramente con él. Por ejemplo, los del 15 de marzo (magnitud 3.3 mb e intensidad IV), 4 de mayo (magnitud 2.9 mb e intensidad III), y 1 de julio (magnitud 3.5 mb). Este terremoto, el terremoto de Linares, junto con el de Alcaudete de este mismo año (19/05/1951, magnitud 5.1 mb e intensidad VIII) (MEZCUA y MARTÍNEZ SOLARES, 1983), son los dos terremotos instrumentales más importantes registrados nunca en la provincia de Jaén.

Además del terremoto de Linares, a continuación detallamos los terremotos con magnitud igual o superior 4.0 mb registrados en este área y en este mismo período (ver figura 6).



Lámina 5.—Refuerzo de la base de una torre en los restos arqueológicos del Altozano Deán Pérez de Vargas (Andújar) (CASTILLO, 1991).

Primeramente hemos de citar el terremoto de Huelma de 21 de diciembre de 1944, el cual fue sentido con intensidad VI en esta localidad. Estuvo precedido, 10 días antes, por un terremoto de magnitud 3.5 mb e intensidad IV. Con posterioridad, y también en Huelma, se sintió un terremoto con intensidad IV el día 20 de abril de 1945, éste sin magnitud calculada. Un mes y medio más tarde, el 5 de junio, se produce otro terremoto, éste de magnitud 4.1 mb e intensidad V. Estos cuatro terremotos, por su distribución espacial y temporal, parecen claramente relacionados, y pertenecientes a lo que se da en llamar una serie o enjambre sísmico. Seguramente, y como es usual en estos casos, se produjo un número superior de terremotos de magnitud inferior que no pudieron ser localizados dada la instrumentación que había en esta época.

A éstos les sigue el terremoto de Nueva Carteya, de 23 de enero de 1962, con magnitud 4.0 mb, el de Cañete de las Torres, de 17 de mayo de 1967, con magnitud 4.1 mb, y el de Montilla, de 6 de febrero de 1968, con magnitud 4.0 mb, todos ellos en la provincia de Córdoba.

Posteriormente se producen los terremotos de Pegalajar de 18 de junio de 1971, de magnitud 4.3 mb, y el de Mancha Real de 28 de diciembre de 1978, con igual magnitud. Tras este último, ningún otro ha alcanzado la magnitud 4.0 mb.

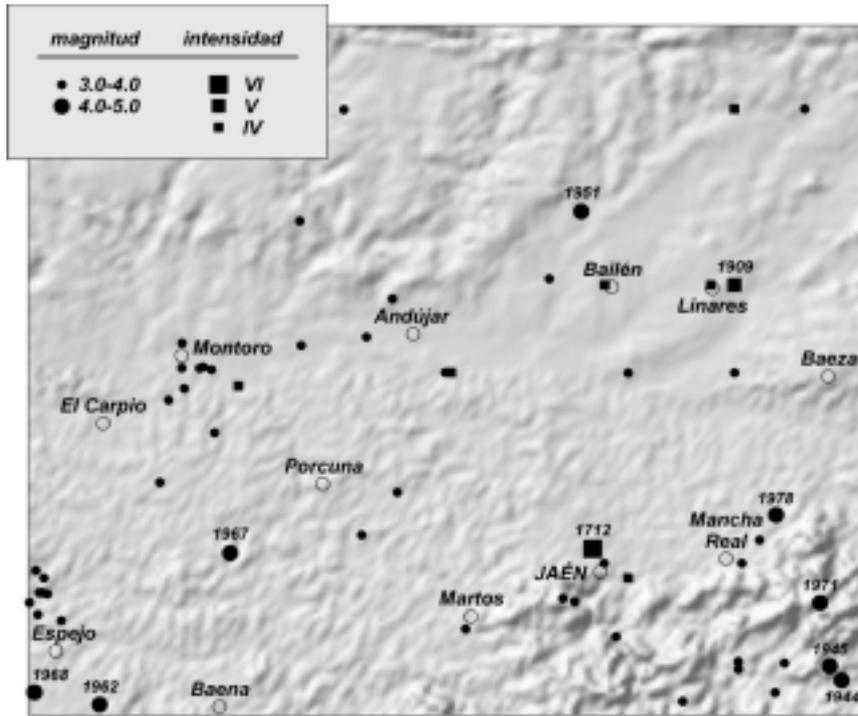


Figura 6.—Sismicidad en el entorno cercano de Andújar. Datos proporcionados por el Instituto Geográfico Nacional (MARTÍNEZ SOLARES y MEZCUA, 2002).

Para terminar, citaremos la serie sísmica que se produjo en Mancha Real el año 1993 (PELÁEZ *et al.*, 2005). Aunque no revistió especial importancia desde los puntos de vista de la sismicidad o peligrosidad sísmica, merece destacarse por la escasez de este tipo de sucesos en nuestra provincia. Entre los días 8 de julio y 2 de agosto de este año, se llegaron a registrar un total de 28 terremotos en el entorno próximo de la ciudad de Mancha Real. El de mayor tamaño fue el registrado el día 16 de julio, a las 09:52, con magnitud 3.0 mbLg. Ninguno de los terremotos de la serie fue sentido por la población, o al menos no se tiene constancia de ello. Desde el punto de vista tectónico, esta serie sísmica parece indicar que el límite norte del frente de cabalgamiento de las Cordilleras Béticas sobre la Depresión del Guadalquivir es activo actualmente (PELÁEZ *et al.*, 2005).

A la vista de la figura 6, nos puede dar la impresión de que el número de terremotos con magnitud entre 3.0 y 4.0 mb es ciertamente significativo.

Esto no es así. Si lo comparamos con otras zonas del sur o SE peninsular es netamente inferior. Esta escasa sismicidad hace que, a la luz de recientes estimaciones de la peligrosidad sísmica en España (PELÁEZ y LÓPEZ CASADO, 2002), podamos considerar la mitad NE de la provincia de Jaén una zona de baja peligrosidad sísmica, y la mitad SW una zona de peligrosidad sísmica moderada. En este último caso, además de por la sismicidad propia de la zona, ciertamente escasa, como se ha visto, por la influencia de la sismicidad que se genera en la mitad occidental de la provincia de Granada y el sur de la provincia de Córdoba.

CONTEXTO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO

El Valle del Guadalquivir constituye una típica cuenca de antepaís (GALINDO ZALDÍVAR *et al.*, 1997; GARCÍA CASTELLANOS, 2002), producida progresivamente por la colisión del Dominio de Alborán (BALANYÁ y GARCÍA DUEÑAS, 1988), identificado tradicionalmente con las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas, contra el Margen Sudibérico, correspondiente a las Zonas Externas. Andújar y sus alrededores (figura 7) se sitúan en el borde norte del valle, al pie de una flexura o bucle a escala litosférica que se corresponde con Sierra Morena, y que está producida por el sobrepeso de las Sierras Béticas sobre la corteza ibérica (GARCÍA CASTELLANOS *et al.*, 2002).

La colisión continental, y por tanto la mayor tasa de actividad tectónica (es de suponer que también sísmica), se produjo hace entre unos 20 y 7 millones de años (Burdigaliense-Tortonense) para el sector central de la cordillera (MOLINA, 1987; SANZ DE GALDEANO y VERA, 1992). Posteriormente, la mayoría de los autores suponen un período de relativa calma tectónica. No obstante, existen evidencias de una reactivación parcial en el Frente Montañoso Bético (SÁNCHEZ GÓMEZ y TORCAL, 2002; RUANO, 2003), que llevaría implícita una cierta sismicidad (PELÁEZ *et al.*, 2005). Esta actividad tectónica y sísmica podría estar provocada por la actual aproximación entre África y Europa, que en esta región tiene una velocidad de 5 mm/año en dirección NNW-SSE (DE METS *et al.*, 1994). Sin embargo, Andújar y el propio Frente Montañoso Bético, 40 km al sur de Andújar (figura 7), quedan muy lejos de lo que se supone el límite de placas actual, que se encontraría bajo el Mar de Alborán. En este contexto, explicar un terremoto de una magnitud importante, como el del año 1170, es difícil, más aún proponer como responsable del mismo a una estructura tectónica determinada. No se conocen fallas mayores activas cuyo funcionamiento pudiera producir

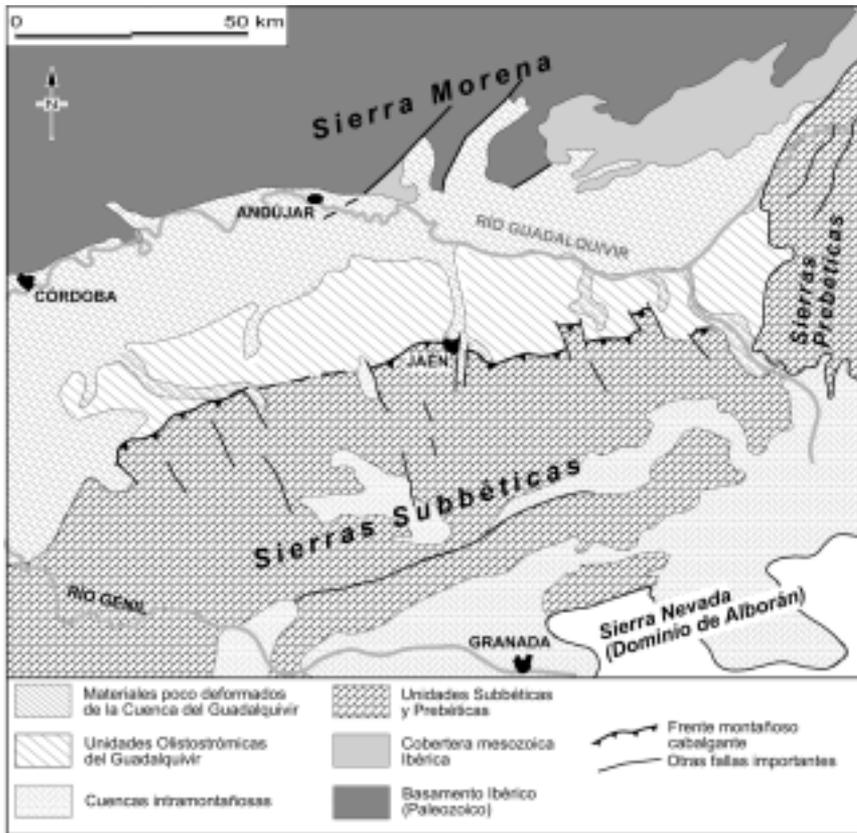


Figura 7.—Contexto geológico y tectónico en el entorno cercano de Andújar.

grandes terremotos. La mayor parte de la deformación debida a la colisión continental actual parece absorberse en el Mar de Alborán, Montes de Málaga, Sierra Nevada y cuencas adyacentes, los cuales poseen una tasa anual de terremotos mucho más elevada.

La región en donde, dados los efectos macrosísmicos, se localiza este terremoto, abarca tres dominios tectónicos y a su vez geográficos. El primero se encuentra al norte de Andújar, el denominado Macizo Hespérico, formado por una corteza estructurada esencialmente durante la orogenia Hercínica (370-240 Ma), que en este sector está representado por Sierra Morena. Esta sierra no es una cadena de montañas en sentido geológico, sino la corteza de la Meseta doblada, descendente hacia el sur con un desnivel total en

torno a 600 m, que vista desde el Valle del Guadalquivir, presenta una apariencia similar a la de una cordillera orogénica.

El segundo dominio lo constituye el propio Valle del Guadalquivir, colmatado por sedimentos recientes y materiales aluviales (figura 7), lo que impide observar directamente la disposición de materiales y estructuras más antiguas. No obstante, es comúnmente admitido que la corteza Hercínica continúa sin cambios sustanciales, tanto composicionales como de estructuras, por debajo de los sedimentos. Parte de estos sedimentos se encuentran en el margen sur del valle (figura 7) parcialmente intercalados con grandes deslizamientos (olistostromas), formando lo que se denominan las Unidades Olistostrómicas del Guadalquivir (ROLDÁN GARCÍA y GARCÍA CORTÉS (1988) y PÉREZ LÓPEZ y SANZ DE GALDEANO (1994)). Dentro de este subsector se observan sedimentos Miocenos (ca. 24-7 Ma) afectados por fallas y pliegues.

El dominio más meridional de la región lo constituyen las Sierras Subbéticas. Están formadas por potentes unidades de sedimentos Mesozoicos (230-60 Ma), generalmente carbonatados, que se superponen mediante cabalgamientos que terminan de forma relativamente abrupta a la altura de Martos, Jaén y Mancha Real, dando lugar a un verdadero frente montañoso. Las Sierras Subbéticas alcanzan alturas superiores a 2.000 m, sin embargo, siguen descansando sobre la misma litosfera de Sierra Morena y el Valle del Guadalquivir (BANDA y ANSORGE, 1980; GARCÍA CASTELLANOS *et al.*, 2002). Por ello, independientemente de la diferente fisiografía, existe una continuidad en profundidad casi total entre la Meseta y las Sierras Subbéticas, sin que se observe ninguna ruptura importante que pudiera individualizar dominios corticales o litosféricos en cuyos límites se produjeran terremotos significativos.

No habiendo ninguna división importante a escala de la litosfera que concentre los esfuerzos que existen en la región, pueden sugerirse a modo de meras hipótesis estructuras o conjuntos de estructuras que sean capaces de provocar terremotos de relativa importancia, o al menos que reflejen cierta tasa de desplazamiento de la superficie durante el Cuaternario como indicadora de actividad tectónica más profunda. Estas estructuras podrían ser las que se pasan a comentar a continuación.

Las estructuras más evidentes en la región, aunque no por ello las más probables causantes del terremoto de Andújar, son fallas inversas y/o ca-

balgamientos asociados al Frente Montañoso Bético (figura 7). Este frente muestra en la actualidad un perfil con segmentos rectilíneos, propios de frentes activos (KELLER y PINTER, 1996), bajo los cuales se concentran terremotos de baja magnitud (PELÁEZ *et al.*, 2005). Los mecanismos focales de los terremotos que han podido ser calculados, son congruentes con el funcionamiento de fallas inversas con la misma orientación que el frente (SÁNCHEZ GÓMEZ y TORCAL, 2002). Cortando perpendicularmente el frente montañoso se observan fallas normales de orientación NNW-SSE que pueden actuar simultáneamente a las fallas inversas, como también se ha registrado en algunos de los mecanismos focales. Pero para comportamientos ideales, es de esperar que estas fallas transversas estén sísmicamente subordinadas a los cabalgamientos.

En segundo lugar, otra de las fuentes sísmicas posibles estaría provocada por la tensión que la flexura de la litosfera produce en Sierra Morena (GARCÍA CASTELLANOS *et al.*, 2000). Aunque la continuidad en el tiempo y magnitud de este tipo de esfuerzos están limitados, es uno de los orígenes más plausibles para los terremotos al norte del Valle del Guadalquivir.

En tercer lugar, y finalmente, se han de destacar los límites entre bloques corticales con un movimiento diferencial ante el choque de África y Europa. Durante la estructuración en el Mesozoico del Margen Sudibérico, la corteza se fragmentó en bloques de diferente altura limitados por fallas normales que pudieron interesar a toda la corteza (RUIZ ORTIZ *et al.*, 2001; VERA, 2001). Estas fallas, desde que se formaron hasta la actualidad, han sido reutilizadas de diferentes maneras, y algunas de ellas, por tanto, siguen suponiendo una zona débil dentro de la corteza. Las zonas de debilidad pueden concentrar los esfuerzos y así, aunque débiles, producir terremotos de cierto tamaño (de moderados a fuertes) en regiones localizadas. Estas fallas, en la actualidad, aparecen cubiertas por sedimentos, y son difíciles de detectar mediante técnicas geofísicas, por lo que no se han individualizado como fuentes sísmicas concretas.

Dentro de este último conjunto de estructuras pueden incluirse las fallas de orientación NE-SW que aparecen al este de Andújar, de las que en la figura 7 se han representado las tres más importantes. Estas fallas cortan bruscamente a todas las estructuras Hercínicas, a las que ponen en contacto directo con sedimentos del Mioceno superior. Este hecho las convierte en una de las estructuras más recientes de la región, próxima a la localidad de Andújar. Sin embargo, no se ha descrito que las fallas afecten a

sedimentos Cuaternarios, lo que es necesario para considerarlas ciertamente activas, y proponerlas como posibles causantes del terremoto de 1170.

Pese a ello, es nuestra opinión que fue una falla perteneciente a este último conjunto de estructuras la que con mayor probabilidad originó el terremoto de Andújar de 1170. Aunque no existe ninguna razón concluyente, este origen, comparándolo con las dos primeras hipótesis, aparece como el más verosímil. Por una parte, serían fallas activadas por una fuente de energía (la aproximación entre África e Iberia) continua, mientras que la flexura de la litosfera produciría esfuerzos localmente muy importantes, pero restringidos en el tiempo: el que transcurre entre el instante en que se produjera la flexura, hasta que se alcanzara un equilibrio viscoelástico en pocos millones de años. Por otra parte, fallas que limiten bloques de corteza Hercínica rígida deben ser, a priori, capaces de acumular más energía que el conjunto de cabalgamientos béticos. Éstos están entreverados por materiales muy plásticos y poco competentes, como yesos, arcillas y margas, lo que limitaría el tamaño máximo de los terremotos superficiales en esta área.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aunque son escasos los textos medievales que hacen referencia a este suceso, tal y como hemos visto, no cabe duda de la ocurrencia de un importante terremoto en el Alto Guadalquivir en el año 1170. Su epicentro se ha de situar en el entorno cercano de la ciudad de Andújar. Del análisis de los textos se infiere el hecho de que se produjo una importante crisis sísmica que llegó a durar unos tres años. También el hecho de que muchas casas fueron destruidas, y como consecuencia, hubo un importante número de muertos. También se cita el ruido atronador que acompañó al terremoto y a alguna de sus réplicas, así como un suceso que claramente apunta a un fenómeno de licuefacción.

Una estimación de su tamaño nos da una magnitud cercana a 6.0 Ms. Podemos considerarlo un suceso singular, desde el punto de vista de que no tenemos constancia de otros terremotos de esta magnitud o comparable en esta región. Tampoco se observan accidentes geológicos que puedan ser claramente los causantes de este evento. La sismicidad instrumental registrada en esta región, así como el hecho de que no tengamos constancia histórica de otros terremotos significativos, hacen difícil explicar la ocurrencia y origen de este terremoto.

Planteamos aquí, que el origen más probable del terremoto de 1170 pudiera ser el de alguna falla, quizás sin una clara expresión superficial, reactivada por el choque entre las placas tectónicas Africana y Eurasiática. Aunque se apuntan otras dos posibles hipótesis en el texto, es ésta la suposición más verosímil. Como se ha comentado previamente, serían necesarios estudios en detalle de muy diferente índole los que nos permitieran aclarar o dar alguna luz sobre esta cuestión.

Desde un punto de vista histórico, proponemos que este terremoto pudo ser desencadenante, junto con otros factores, de las remodelaciones que se hicieron en el recinto amurallado de la ciudad de Andújar en la época almohade. El antiguo recinto, construido a finales del siglo IX, maltrecho y obsoleto, se sustituyó por otro de mayor envergadura, en extensión y en elementos defensivos. En diversas excavaciones arqueológicas realizadas se han observado refuerzos en la muralla que pensamos pueden estar claramente relacionados con los efectos que sobre el sistema defensivo de Andújar pudo generar este terremoto.

APENDICE

De Meteoris (transcripción de ALLAH y RAZIK, 1994; traducción de PUIG, 1998):

Cuenta Aristóteles que en un país y en unas islas (35), una de las montañas no dejó de crecer hasta que salió de ella un fuerte viento, el cual arrastraba consigo mucha ceniza, y la tierra se quemó. Quien presencié el terremoto que hubo en Córdoba y alrededores el año 566 se puede convencer de esto por los muchos ruidos fuertes y atronadores que hubo. No estaba yo entonces en Córdoba, pero cuando fui, escuché unos ruidos que preceden al terremoto, y la gente sentía que este ruido venía del oeste, y vi que el terremoto se generaba a la vez que se levantaba un fuerte viento del oeste. Estos terremotos en Córdoba duraron cerca de un año con fuerza, y no cesaron hasta al cabo de unos tres años. El primer terremoto mató a muchas personas al hundirse las casas. Dijeron que la tierra se había abierto, cerca de Córdoba, en un lugar llamado Andújar, esparciendo algo así como cenizas y arena, y el que lo vio, está convencido de la veracidad. El terremoto fue general a toda la parte oeste de la península, pero más intenso en Córdoba y alrededores, y al este de Córdoba fue más fuerte que en Córdoba misma, mientras que al oeste fue más débil que en ésta.

Esto lo prueban también las señales que vemos en el aire premonitoras de los terremotos, tales como las neblinas y nubes que dijeron que aparecen alargadas en el cielo, antes de estos.

En resumen, la producción de los terremotos se incrementa bajo dos aspectos, uno por esencia, y otro por accidente. Por esencia cuando se incrementa la materia de la que se generan, y las causas eficientes se dan al máximo; por accidente, cuando se obstruyen los poros que en cierta manera tiene la tierra. [La materia] es lo seco o lo húmedo, y por esto aumentan cuando las lluvias son continuadas.

Las clases [de terremotos] corresponden a las clases de movimiento del viento, pues una clase se extiende en longitud, y el movimiento que produce es en longitud, otra se extiende en longitud y latitud; quizá por la intensidad de este viento la tierra llega a ser sometida y deja que mane agua del mar, como cuenta Aristóteles. Los países son distintos en cuanto a los terremotos, y el número e intensidad depende de su predisposición para que se produzca esta exhalación, por ejemplo, y depende también de que se obstruyan los poros. Por esto en cualquier país en que se junten ambos factores, siempre habrá terremotos, como ocurre en las islas, donde

(35) *N. del T.*: Se refiere a las islas Lípári (al norte de Sicilia).

su predisposición para generar esta exhalación eólica se une a la proximidad del mar; de modo que el agua del mar impide que salgan estos vientos, como cuentan del lugar que en al-Andalus se conoce como «Iglesia de los cuervos» (36), pues allí siempre se escucha un ruido parecido al que precede a los terremotos.

En este texto de Averroes se plasma una de las primeras explicaciones racionales que se dio al fenómeno sísmico. Algunos filósofos griegos, incluidos Aristóteles y Estrabón, eran de la opinión de que los terremotos estaban causados por vientos subterráneos que encendían los materiales combustibles del subsuelo (BOLT, 1981). Anteriormente, la causa de estos se suponía de tipo religioso o mitológico (monstruos, seres mitológicos o dioses).

Se consideraba que en el interior de la Tierra había grandes masas de carbón encendidas, calentando el aire y obligándolo a escapar a través de cavidades subterráneas. Esta teoría se mantuvo, con ligeras variaciones, hasta el siglo XVIII, en donde, tras la observación sistemática de los fenómenos que acompañan a los terremotos, se plantean las primeras hipótesis que podemos llamar científicas sobre su generación.

(36) *N. del T.*: Santuario situado en el Cabo de San Vicente.

REFERENCIAS

- ACIÉN, M. (1989): «Poblamiento y fortificación en el Sur de al-Andalus. La formación de un país de Husun». En: *III Congreso de Arqueología Medieval Española*, Oviedo, 135-150.
- AGUIRRE, F.J. (1982): «El Jaén islámico». En: *Historia de Jaén*, Jaén, Diputación Provincial - Colegio Universitario, 161-200.
- ALLAH, S.F., and RAZIK, S.A. (eds.) (1994): *Al-jawâmi_'fî l-falsafa: Kitâb al-âthâr al-'ulwîya*. El Cairo.
- BALANYÁ, J.C., y GARCÍA DUEÑAS, V. (1988): «El cabalgamiento cortical de Gibraltar y la tectónica de Béticas y Rif». En: *II Congreso Geológico de España (Simposios)*, Granada, 35-44.
- BANDA, E., and ANSORGE, J. (1980): «Crustal structure under the central and eastern part of the Betic Cordillera», *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 63, 515-532.
- BERNAL, A., BARRERA, T., and SANTIAGO, J.L. (1991): «The earthquakes of March 10th and May 19th, 1951 occurred in the province of Jaen, Spain». In J. MEZCUA and A. UDÍAS (eds.): *Seismicity, seismotectonics and seismic risk of the Ibero-Maghrebian region*. Madrid, Instituto Geográfico Nacional, 149-161.
- BOLT, B. (1981): *Terremotos*. Barcelona, Reverté.
- BRAVO, J.B., y LÓPEZ ARROYO, A. (1990): «Terremoto de Andújar de 1169» En: *Programa de investigación de sismicidad histórica*. Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- BRETÓN, M. (1997): *Los terremotos en la Edad Media y sus efectos en el patrimonio histórico (siglos IX-XVI). Precisiones sobre sismicidad histórica*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- CASTILLO, J.C., (1991): «Excavación arqueológica de urgencia realizada en el solar sito entre las calles Alcázar, Altozano Deán Pérez de Vargas y Parras, de la localidad de Andújar (Jaén)». En: *Anuario Arqueológico de Andalucía, 1989*. Tomo III. Sevilla, Junta de Andalucía, 276-291.
- CASTILLO, J.C. (1998a): *La Campiña de Jaén en época Emiral (s.VIII-X)*. Universidad de Jaén.
- CASTILLO, J.C. (1998b): «La conquista castellana del Alto Guadalquivir y la organización política: El realengo y el señorío bajo Fernando III». En V. SALVATIERRA (ed.): *Hispania, Al-Andalus y Castilla. Jornadas Históricas del Alto Guadalquivir*. Universidad de Jaén, 159-180.
- CASTILLO, J.C., y PÉREZ ALVARADO, S. (2002): «El inicio del desarrollo urbano en el Alto Guadalquivir. Propuestas desde la investigación arqueológica». En: *Congreso sobre Almanzor y su época*, Córdoba.
- CHOCALÁN, C., y CASTILLO, J.C. (1991): «Excavación de urgencia en el solar C/ San Francisco, 3 y C/ Juan Robledo, 12 de Andújar». En: *Anuario Arqueológico de Andalucía, 1989*. Tomo III. Sevilla, Junta de Andalucía, 319-327.
- CÓRCOLES, J.V. (1987): *Andújar. Una guía histórico-artística de la ciudad*. Jaén, Caja Provincial de Jaén.

- CRUZ, J. (1990): *Arqueología de Andújar*. Torredonjimeno, Jaén, Gráficas La Paz. Cuadernos de Historia (1986), n.º 16. Andújar. 53-54.
- D'AMICO, V., ALBARELLO, D., and MANTOVANI, E. (1999): «A distribution-free analysis of magnitude-intensity relationships: an application to the Mediterranean region», *Phys. Chem. Earth (A)*, 24, 517-521.
- DE METS, C., GORDON, R.G., ARGUS, D.F., and STEIN, S. (1994): «Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time-scale on estimates of current plate motions», *Geophys. Res. Lett.*, 21, 2191-2194.
- D'ORS, A. (1962): *La era hispánica*. Pamplona, Estudio General de Navarra.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1980): *Historia del puente en España: Puentes romanos*. Madrid, Instituto Eduardo Torroja.
- FLÓREZ, E. (1767): *España Sagrada*. Vol. XXIII. Madrid.
- GALBIS, J. (1932): *Catálogo sísmico de la zona comprendida entre los meridianos 5º E. y 20º W. de Greenwich y los paralelos 45º y 25º N*. Tomo I. Madrid, Instituto Geográfico, Catastral y Estadístico.
- GALINDO ZALDÍVAR, J.; JABALOY, A.; GONZÁLEZ LODEIRO, F., and ALDAYA, F. (1997): «Crustal structure of the central sector of the Betic Cordillera (SE Spain)», *Tectonics*, 16, 18-37.
- GARCÍA CASTELLANOS, D. (2002): «Interplay between lithospheric flexure and river transport in foreland basins», *Basin Res.*, 14, 89-104.
- GARCÍA CASTELLANOS, D.; FERNÁNDEZ, M., and TORNE, M. (2002): «Modeling the evolution of the Guadalquivir foreland basin (southern Spain)», *Tectonics*, 21, doi:10.1029/2001TC001339.
- GARCÍA CASTELLANOS, D.; TORNE, M., and FERNÁNDEZ, M. (2000): «Slab pull effects from a flexural analysis of the Tonga and Kermadec trenches (Pacific Plate)», *Geophys. J. Int.*, 141, 479-484.
- GARCÍA LARRAGUETA, S.A. (1998): *La datación histórica*. Pamplona, EUNSA.
- GRÜNTAL, G. (ed.) (1998): *European macroseismic scale 1998. EMS-98*. Luxemburgo, Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie.
- GURAIEB, J.E. (1952): «Al-Muqtabis de Ibn Hayyan (Traducción)», *Cuadernos de Historia de España*, XVII, 155-166.
- HUICI, A. (1963): *Ibn 'Idari: Al-Bayān al-Mugrib. Nuevos fragmentos almorávides y almohades*. Valencia, Colección Textos Medievales, no. 8.
- HUICI, A. (1969): *Ibn Ṣāhib al-Salā: Al-Mann Bil-Imāma*. Valencia, Colección Textos Medievales, n.º 24.
- IBN ḤAYYĀN (1937): *Muqtabis: Kitāb al-muqtabis fi ta'ri, riyal al-Andalus*. París, M.M. Antuña.
- JIMÉNEZ MORILLAS, Y., y ZAFRA, J. (1993): *Excavación de urgencia en C/. Ollerías, n.º 9 y Del Hoyo, n.º 13, Andújar (Jaén)*. Informe. Archivo de la Delegación Provincial de Cultura de la Junta de Andalucía, Jaén.
- KELLER, E.A., and PINTER, N. (1996): *Active Tectonics: earthquakes, uplift, and landscape*. Upper Saddle River, New Jersey, Prentice-Hall.

- LÓPEZ MARINAS, J.M. (1986): «El terremoto de 1169 en Al-Andalus». En: *Determinación de los datos sísmicos de base para las obras hidráulicas*, Tomo II. Madrid, Dirección General de Obras Hidráulicas - Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 401.
- MARTÍNEZ SOLARES, J.M., y MEZCUA, J. (2002): *Catálogo sísmico de la Península Ibérica (880 a.C. - 1900)*. Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- MEZCUA, J., y MARTÍNEZ SOLARES, J.M. (1983): *Sismicidad del área Ibero-Mogrebí*. Madrid, Instituto Geográfico Nacional.
- MOLINA, J.M. (1987): *Análisis de facies en el Mesozoico en el Subbético Externo (provincias de Córdoba y Sur de Jaén)*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.
- PELÁEZ, J.A., y LÓPEZ CASADO, C. (1995): «Sismicidad y peligrosidad sísmica en la provincia de Jaén», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 155, 187-214.
- PELÁEZ, J.A., and LÓPEZ CASADO, C. (2002): «Seismic hazard estimate at the Iberian Peninsula», *Pure and Appl. Geophys.*, 159, 2699-2713.
- PELÁEZ, J.A.; SÁNCHEZ GÓMEZ, M., y LÓPEZ CASADO, C. (2005): «La serie sísmica de Mancha Real de 1993», *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 191, 169-183.
- PÉREZ LÓPEZ, A., y SANZ DE GALDEANO, C. (1994): «Tectónica de los materiales triásicos en el sector central de la Zona Subbética (Cordillera Bética)», *Rev. Soc. Geol. España*, 7, 141-153.
- PERREY, M.A. (1847): «Sur les tremblements de Terre de la Péninsule Ibérique», *Annales des Scien. Phys. et Naturelles, d'Agric. Et d'Indus. Lyon*, X, 461-513.
- PORRES, J. (1993): *Anales Toledanos I y II*. Toledo, Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos - Diputación Provincial de Toledo, Serie Estudios, Catálogos y Repertorios, n.º 17.
- PUIG, J. (1987): *Averroes. Epítome de Física (Filosofía de la naturaleza)*. Madrid, Instituto Hispano Árabe de Cultura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- PUIG, J. (1998): *Averroes, juez, médico y filósofo andalusí*. Sevilla, Consejería de Educación y Ciencia, Junta de Andalucía.
- RODRÍGUEZ DE LA TORRE, F. (1990). *Sismología y sismicidad en la Península Ibérica durante el siglo XIX*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- ROLDÁN GARCÍA, F.J., y GARCÍA CORTÉS, A. (1988): «Implicaciones de materiales triásicos en la Depresión del Guadalquivir (Provincias de Córdoba y Jaén)». En: *II Congreso Geológico de España*. Granada, 189-192.
- ROMERO TALLAFIGO, M.; RODRÍGUEZ LIAÑO, L., y SÁNCHEZ GONZÁLEZ, A. (1995): *Arte de leer escrituras antiguas: paleografía de lectura*. Universidad de Huelva.
- RUANO, P. (2003): *Estructuras tectónicas recientes en la Transversal central de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- RUIZ ORTIZ, A.M.; MOLINA, J.M.; NIETO, L.M.; CASTRO, J.M., y DE GEA, G.A. (2001): *Itinerarios geológicos por el Mesozoico de la provincia de Jaén*. Universidad de Jaén.
- SALVATIERRA, V. (1996): «Jaén en la Edad Media». En: *Historia de Jaén y su provincia*. Murcia, Diario Ideal, 113-234.
- SALVATIERRA, V. (1997): «Andújar: Historia Medieval. Al lado del puente». En: *Jaén. Pueblos y ciudades*. Tomo I. Jaén, Diario «Jaén», 277-282.

- SALVATIERRA, V.; CASTILLO, J.C.; PÉREZ MARTÍNEZ, M.C., y CASTILLO, J.L. (1991): «El desarrollo urbano en al-Andalus: El caso de Andújar (Jaén)», *Cuadernos de Madinat al-Zahra*, 2, 85-107.
- SÁNCHEZ GÓMEZ, M., and TORCAL, F. (2002): «Recent tectonic activity on the south margin of the Guadalquivir basin, between Cabra and Quesada towns (provinces of Jaén and Cordoba, Spain)». En: *Primer Centenario del Observatorio de Cartuja. Cien años de Sismología en Granada*. Granada.
- SANZ DE GALDEANO, C., and VERA, J.A. (1992): «Stratigraphic record and paleogeographical context of the Neogene basins in the Betic Cordillera, Spain», *Basin Res.*, 4, 155-181.
- TAHER, M.A. (1979): *Corpus des textes arabes relatifs aux tremblements de terre et autres catastrophes naturelles, de la conquête arabe au XII H / XVIII JC*. Tesis Doctoral. Universidad París I.
- TORRES, C. (1956): *Historia de la ciudad de Andújar y de su patrona la Virgen de la Cabeza de Sierra Morena*. Andújar, Jaén.
- TORRES, L. (1960): *Ciudades hispanomusulmanas. Tomo II. Las defensas urbanas*. Madrid, Dirección General de Relaciones Culturales - Ministerio de Asuntos Exteriores e Instituto Hispano-Árabe de Cultura.
- UBIETO, A.P. (1984): *Tablas teóricas de equivalencia diaria entre los calendarios islámico y cristiano. Vol. 1. 1-750 H. 622-1350 JC*. Zaragoza, Anubar Ediciones.
- UDÍAS, A.; MUÑOZ, D.; BUFORN, E.; SANZ DE GALDEANO, C.; DEL FRESNO, C., y RODRÍGUEZ, I. (2004): «Reevaluación de los parámetros y daños de los terremotos del 10 de Marzo y 19 de Mayo de 1951 en la provincia de Jaén». En: *4.ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Figueira da Foz, Portugal.
- UDÍAS, A.; MUÑOZ, D.; BUFORN, E.; SANZ DE GALDEANO, C.; DEL FRESNO, C., and RODRÍGUEZ, I. (2005): «Reevaluation of the earthquakes of 10 March and 19 May 1951 in southern Spain», *J. Seismol.*, 9, 99-110.
- VALOR, M., y TABALES, M.A. (2002): «Las fortificaciones de Madina Isbiliya (Sevilla)». En: *Ciudades Amuralladas. Cuadernos de Patrimonio Histórico*. Diputación de Cuenca, 178-205.
- VERA, J.A. (2001): «Evolution of the South Iberian Continental Margin», *Mémoires Museum National Histoire Naturelle*, 186, 109-143.
- XIMENA, M. (1639): *Antigüedades de Jaén*. Manuscrito 1180. Madrid, Biblioteca Nacional.

