

ESTUDIO DE LA SERIES SÍSMICAS OCURRIDAS EN 2010 EN LA COSTA ALMERIENSE



A. Rivas-Medina¹, J.J. Martínez-Díaz², B. Benito¹, J. M. Gaspar-Escribano¹

¹ETSI en Topografía, Geodesia y Cartografía, Universidad Politécnica de Madrid, alicia.rivas@upm.es

²TSI Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de las series sísmicas registradas durante los meses de julio y noviembre de 2010 en el sector noreste del mar de Alborán, cerca de Almería. La primera serie consta de, al menos, 180 terremotos registrados entre el 4 de julio y el 15 de Noviembre de 2010, con un terremoto principal de $M_w = 4.3$ ocurrido el 5 de Julio y sentido en Almería con intensidad EMS IV. Esta serie está caracterizada por tener una fuerte alineación con dirección NW, que contrasta con la de los grandes sistemas de fallas de la zona (falla de Carboneras). La segunda serie consta de más de 27 terremotos y se extiende del 2 al 15 de Noviembre, con un sismo principal de magnitud $M_w = 4.1$ ocurrido el día 4 de ese mes. Esta segunda serie se sitúa a unos 35 km al Este de la primera, siendo menos numerosa que ésta pero mucho más próxima a las poblaciones del Poniente Almeriense y alcanzando mayores intensidades (intensidad máxima EMS = V). El objetivo de este estudio es analizar en detalle ambas series sísmicas, examinando la distribución geográfica de los sismos que las componen, su distribución temporal y su posible interrelación con series sísmicas pasadas. Finalmente se tratará de identificar, con los conocimientos de la tectónica de la zona, la posible fuente sísmica generadora, así como analizar posibles efectos de disparo entre eventos por medio de modelizaciones de esfuerzos de Coulomb.

Palabras clave: Sismicidad, Mar de Alborán

SUMMARY

This work deals with the analyses of the seismic sequences occurred in the northwestern Alboran Sea, close to the coast of Almeria, in July and November 2010. The first sequence consists of more than 180 events with a main shock reaching magnitude $M_w 4,3$. The distribution of epicentres is oriented in NNW-SSE series, contrasting with the NNE-SSW orientation of the principal fault system of the area (Carboneras fault system). Several events of this sequence were felt in Almeria and surrounding cities, reaching maximum EMS intensities of IV (IGN). The second sequence is composed by about 27 events, spanning from November 2010 4th through 15th and begins with a magnitude $M_w 4,1$ main shock (IGN). This sequence is located 35 km westwards from the July series. Despite it presented shorter duration and lower event sizes than the July series, it was widely felt in the western coast of Almeria province (*Poniente Almeriense*). The goal of this study is to analyse the geographical and temporal distributions of the series, and their possible relation to similar past sequences. Finally, possible seismotectonic implications and Coulomb stress transfer models will be hypothesised.

Keywords: Seismicity, Alboran Sea

Introducción y objetivos

Durante el año 2010, durante los meses de Julio y Noviembre, se produjeron dos series sísmicas en las cercanías de la ciudad de Almería (Figura 1). Si bien los terremotos principales de las series no fueron muy grandes (magnitudes M_w por debajo de 4.5), sí fueron ampliamente sentidos en la ciudad de Almería y alrededores (serie de Julio) y en el Poniente Almeriense (serie de Noviembre), captando el interés de la población local.

La ocurrencia de este tipo de series en el sureste español no es una novedad, pues se trata de una zona de relativa alta actividad sísmica en España (Figura 2). Dos ejemplos de las dos últimas décadas son los de las series de Gérgal (2002) y Adra (1993-1994), en las que los terremotos principales presentaban una magnitud en torno a 5.0 y produjeron daños patentes (intensidad VI o superior).

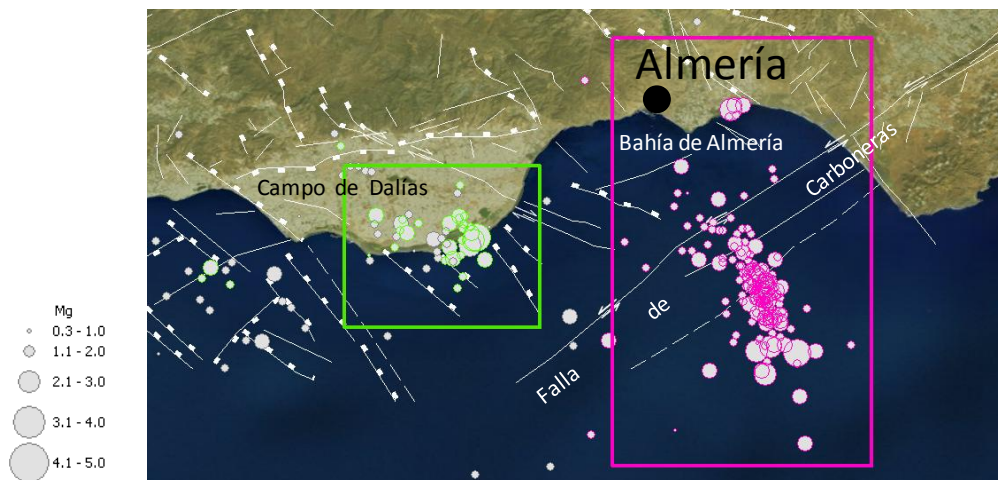


Figura 1. Localización de las series sísmicas de 2010: Julio (magenta) y Noviembre (verde).

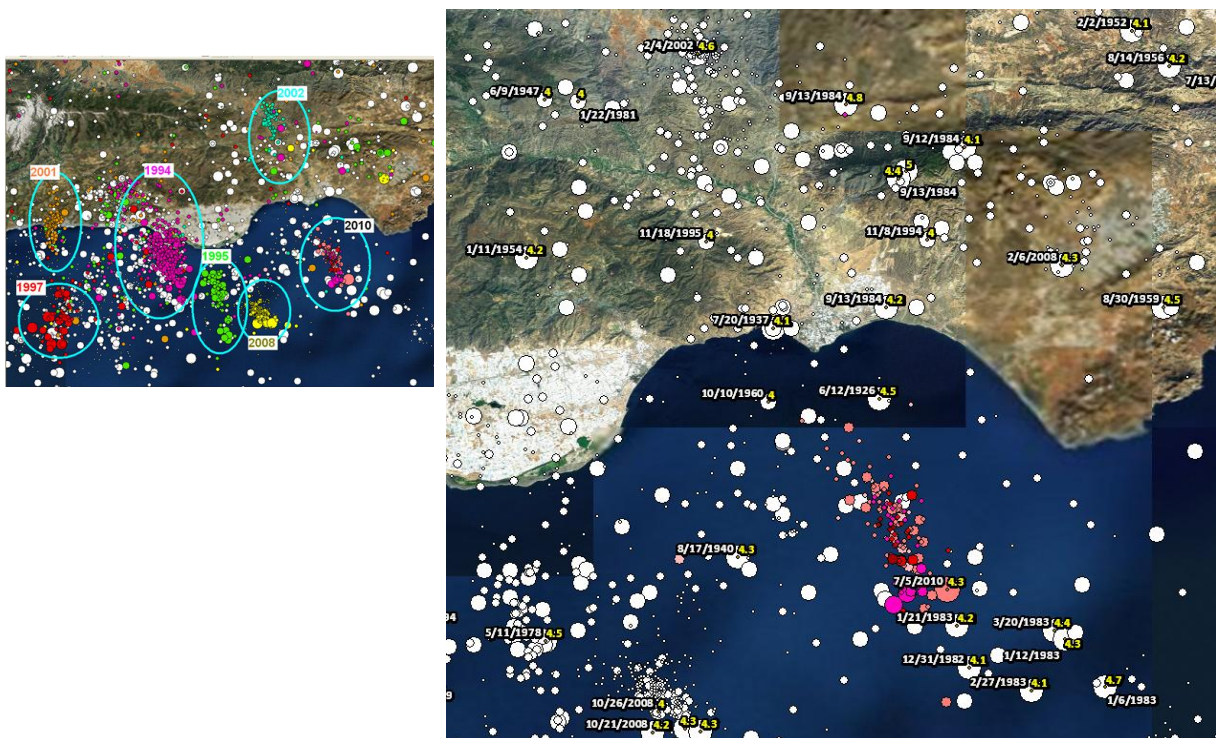


Figura 2. Series sísmicas ocurridas en las dos últimas décadas en la zona de estudio.

El objetivo de la presente ponencia es caracterizar las series sísmicas de 2010 en Almería, situándolas en su contexto sísmico y tectónico. El estudio de este tipo de series presenta interés, porque puede ayudar a entender los mecanismos de generación de terremotos en relación con la tectónica regional. En este sentido, la caracterización de la cantidad de energía liberada en estas series, así como de la transferencia de esfuerzos estáticos de Coulomb a zonas aledañas, son elementos insuficientemente conocidos sobre los que se discutirá en la parte final de esta presentación.

Serie sísmica de Julio de 2010

La serie sísmica de Julio de 2010 comienza el día 4. Hasta el 12 de Septiembre de 2010 se registran 167 eventos en el área limitada por los meridianos 2.50° W y 2.20° W y los paralelos 36.50° N y 36.85° N. Varios sismos de esta serie son sentidos, pero no se supera el grado de intensidad IV en ningún caso.

La distribución geográfica de epicentros presenta un claro alineamiento NNW-SSE. Esta dirección es prácticamente perpendicular a la de la falla de Carboneras, que constituye la principal estructura tectónica con potencial sismogénico de la zona. La existencia de pequeñas fallas con orientación NS, predominantemente, es común en la región de estudio, y es determinante en el margen costero almeriense. La profundidad hipocentral solamente ha sido asignada por el IGN al 66% de los terremotos de la serie. Para todos estos terremotos, el foco se sitúa en niveles de la corteza superior, entre 1 y 14 km de profundidad, con un máximo en los 10 km (Figura 3).

El terremoto principal tiene lugar el día 5 de Julio y alcanza una magnitud $M_w=4.3$ y $m_{bLg}=4.1$ (datos del IGN). Viene precedido de una secuencia de 57 eventos premonitores de baja magnitud. La secuencia de réplicas se prolonga, principalmente, durante una semana, en la que se registran más de 140 eventos (Figura 4).

La distribución de magnitudes se presenta en la Figura 5. Destacan varias réplicas que alcanzan los siguientes valores de magnitud: $M_w=3.9$ ($m_{bLg}=3.4$), $M_w=3.7$ ($m_{bLg}=3.3$) y $M_w=3.6$ ($m_{bLg}=3.2$). Al representar el número de terremotos que igualan o superan un valor de magnitud dado frente a dicha magnitud se observa que existe gran linealidad en la serie a partir del valor $m_{bLg}=1.5$ y excluyendo el sismo principal. La recta de regresión (ley de Gutenberg-Richter) obtenida presenta una pendiente de 0.94 y un coeficiente de correlación $R^2=0.99$.

Se ha estudiado el decaimiento del número de réplicas con el tiempo transcurrido desde el terremoto principal, de acuerdo con el modelo de Omori. Si bien se aprecia el decaimiento esperado, no se puede identificar una relación lineal entre el logaritmo del número de terremotos con el logaritmo del número de días transcurridos (Figura 6).

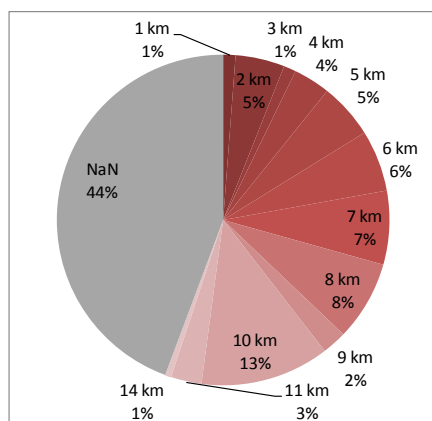


Figura 3. Distribución en profundidades de los terremotos de la serie de Julio de 2010.

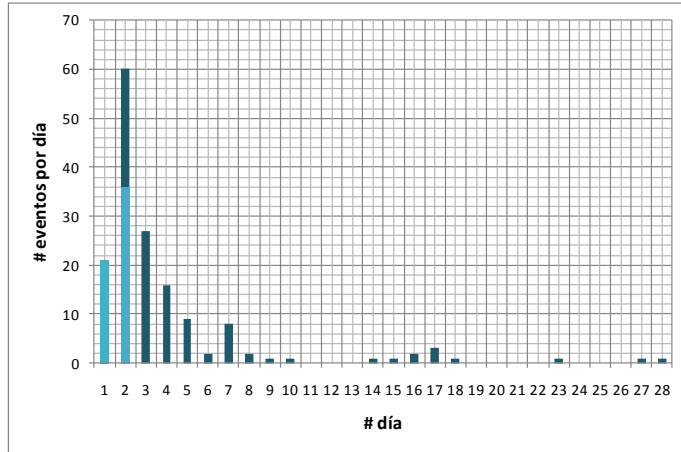


Figura 4. Número de terremotos ocurridos cada día. En color claro se distinguen los premonitores del resto de eventos de la serie de Julio.

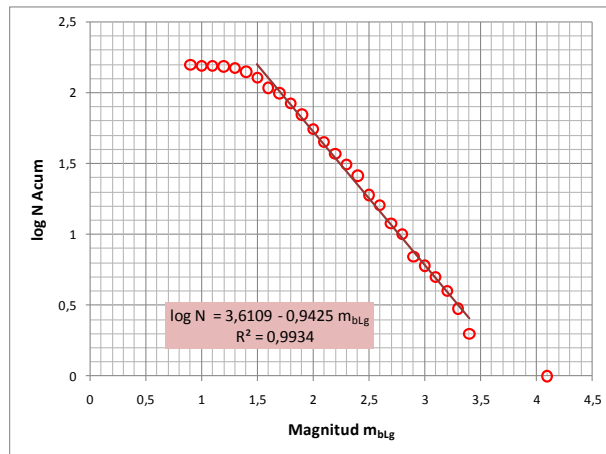


Figura 5. Distribución de magnitudes de la serie de Julio de 2010: \log_{10} del número de acumulado de terremotos que igualan o superan una magnitud dada. Se incluye la recta de regresión lineal en el tramo recto de la distribución.

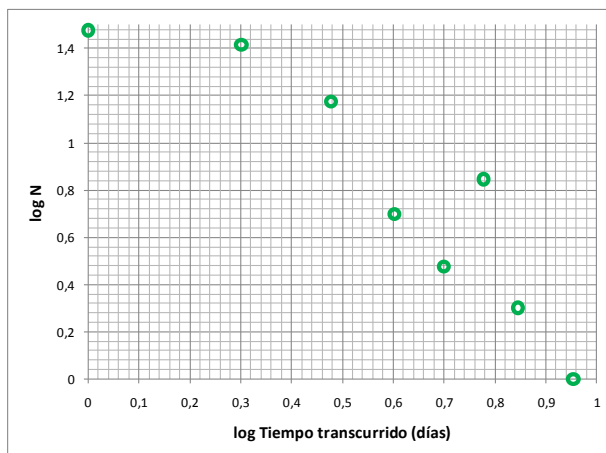


Figura 6. Distribución de las réplicas durante los nueve días siguientes al sismo principal.

Serie sísmica de Noviembre de 2010

La serie de Noviembre de 2010 es más moderada que la de Julio, en el sentido de que es significativamente menos numerosa y alcanza menores magnitudes. Aún así, presenta mayores intensidades macrosísmicas sentidas en tierra, porque tiene lugar más cerca de poblaciones habitadas que la de Julio, llegándose a estimar una intensidad EMS máxima sentida de V, lo que da cuenta de la amplia percepción del sismo principal en el Poniente Almeriense.

La distribución geográfica de los epicentros de la serie no muestra un alineamiento tan evidente como la serie de Julio. La distribución de profundidades se presenta en la Figura 7. Del 40% de terremotos para los que ha sido posible situar su foco, éste se encuentra a profundidades de 4-5 km en la mayoría de los casos.

La serie de Noviembre de 2010 comienza el día 2, y hasta finales de mes se registran 40 eventos en la zona delimitada por los meridianos 3.05° W y 2.40° W y los paralelos 36.55° N y 36.80° N (datos del IGN). El terremoto principal ocurre el tercer día de la serie, tras seis premonitores, y alcanza una magnitud de M_w 4.1 ($m_{bLg}=3.9$). Las réplicas subsiguientes desaparecen virtualmente en una semana (Figura 8).

En cuanto a la distribución de magnitudes, no se aprecia una marcada tendencia lineal en la variación del número de terremotos (escala logarítmica) que igualan o rebasan una magnitud dada (Figura 9). Una conclusión similar se alcanza tras el análisis de la distribución temporal de réplicas, que presenta un patrón de variación errático, según se ve en la Figura 10.

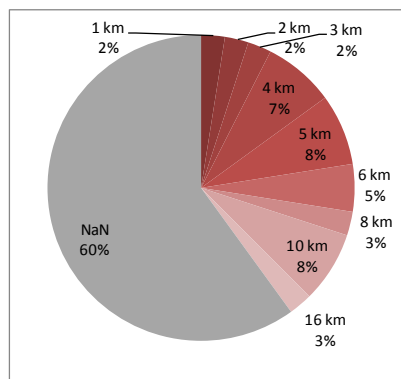


Figura 7. Distribución en profundidades de los terremotos de la serie de Noviembre de 2010.

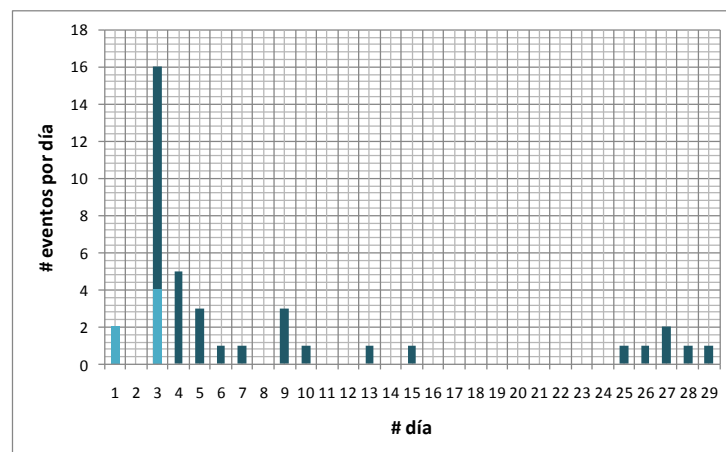


Figura 8. Número de terremotos ocurridos cada día. En color claro se distinguen los premonitores del resto de eventos de la serie.

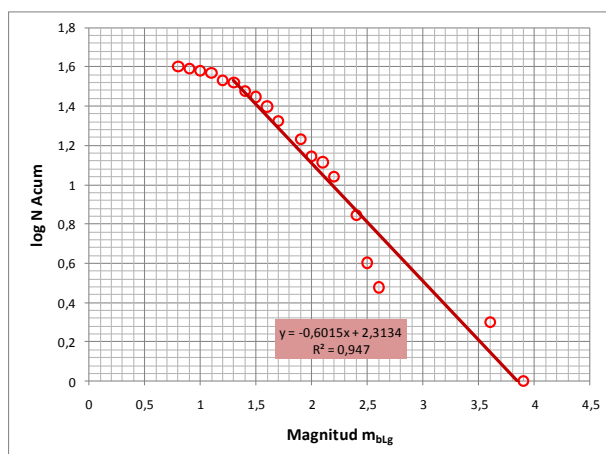


Figura 9. Distribución de magnitudes de la serie de Noviembre de 2010: log10 del número de acumulado de terremotos que igualan o superan una magnitud dada.

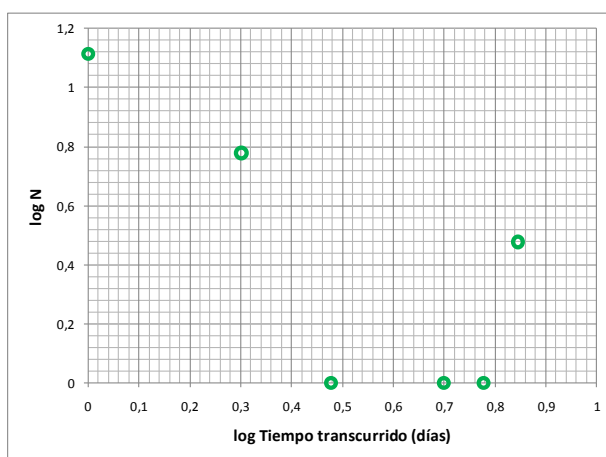


Figura 10. Distribución de las réplicas durante los siete días siguientes al sismo principal.

Discusión y conclusiones

Han sido varias las series sísmicas que se han producido en las proximidades de la zona de estudio durante el pasado (Figura 2). Todas ellas presentan características parecidas: corta duración, máxima magnitud entre 4 y 5 grados, y efectos limitados en la población y en las estructuras (intensidades máximas sentidas no superiores a VII). La gran cantidad de estructuras capaces de generar terremotos de estas magnitudes, tanto en tierra como mar adentro, ayudan a explicar este hecho. La cuestión es cómo relacionar estas series sísmicas “moderadas” con los terremotos más grandes ocurridos en la zona de estudio (intensidades macrosísmicas superiores a VII en la escala EMS), como son los terremotos históricos de 1487, 1522, 1658, 1809, o ya en el siglo XX, el de 1910 al sur de Adra.

Dos aspectos interrelacionados de la sismicidad de la zona se toman en consideración: por un lado, la sismicidad asociada a estas series y por otro la sismicidad asociada a terremotos más grandes ($M > 5.5$). Martínez-Díaz et al. (2007) hacen una interesante discusión en la que otorgan un papel destacado a la transferencia de esfuerzos estáticos de Coulomb entre fallas sismogénicas moderadas para entender los procesos que conducen a la frecuente ocurrencia de estas series sísmicas. Por su parte, los terremotos de mayor magnitud

ocurren en fallas grandes, que están (dentro de unos límites razonables) bien cartografiadas y caracterizadas. ¿Cómo pueden afectar las series “moderadas” y las perturbaciones que causan en la distribución del campo de esfuerzos que controla el ciclo sísmico de la falla con tamaño suficiente para generar un terremoto de magnitud entorno a 6? Esta pregunta por ahora no tiene una respuesta concreta. Aún así, el progreso en el reconocimiento y en la caracterización de fallas activas con potencial para producir grandes terremotos y los avances en la caracterización de las variaciones en la distribución de esfuerzos que éstos conllevan, será relevante para lograr predecir (dentro de unos márgenes razonables) la ocurrencia de terremotos significativos en la peligrosidad.

Otro importante aspecto a considerar se refiere al impacto de estas series sísmicas en el correspondiente riesgo de las poblaciones afectadas. En los alrededores de estas poblaciones existen fallas sismogénicas capaces de generar terremotos de magnitudes entre 4 y 5. Dada la alta frecuencia espacio-temporal de este tipo de series, estos terremotos controlan la peligrosidad sísmica para periodos de retorno bajos, como los utilizados en el diseño sismorresistente de edificios convencionales. Por ello, es importante plantear escenarios sísmicos en estas poblaciones, con terremotos de control en estos rangos de magnitudes, asociados a fallas activas cartografiadas, aunque no exista registro instrumental de su actividad.

Referencias

Martínez-Díaz, J. J., Álvarez-Gómez, J. A., García-Mayordomo, J., Insua J. M. (2007). Seismic triggering process on small sized faults: Southern Betic Cordillera (Spain) Geophysical Research Abstracts, Vol. 9, 06192.
Instituto Geográfico Nacional (IGN). Catálogo de terremotos consultado el 21 de enero de 2011. www.ign.es.