



## **Trabajo de fin de Máster**

### **GEOMET**

# **Mecanismos de primer pulso para terremotos intermedios del Mar de Alborán durante el despliegue de redes temporales densas**

Carlos Fernández García

Septiembre 2016

### **Resumen**

La zona de convergencia entre las placas africana y euroasiática es de especial complejidad, ya que comprende un arco montañoso como es el Arco de Gibraltar, donde se está dando un proceso de convergencia, y una cuenca donde se está dando extensión, el Mar de Alborán. El sistema bético-rifeño y el Mar de Alborán es una de las regiones donde no se comprende aún a ciencia cierta cuáles son los procesos geodinámicos que ocurren. Se han propuesto diversos procesos, como rollback de una lámina litosférica que subduce bajo el Dominio de Alborán (Lonergan y Whyte, 1997), hundimiento de una lámina litosférica seguido de un break-off (Zeck, 1997) (Calvert et al. 2000), delaminación del manto litosférico bajo el Arco de Gibraltar (e.g. Seber et al. 1996), un colapso extensional post-orogénico (Platt y Visser, 1989), etc.

El objetivo de este trabajo es caracterizar la sismicidad intermedia de la región del Alborán, Cordillera Bética y el Rif, comprendida entre 35°-38°N y -6°-2.5°W. Esta sismicidad está asociada a algún proceso geodinámico que está introduciendo litosfera en el manto, luego para entender ese proceso, es de especial interés estudiar dicha sismicidad.

Durante noviembre de 2012 y 2007 hubo un despliegue de estaciones sísmicas inédito hasta el momento. El despliegue de estaciones temporales de la red Picasso y TopoIberia, junto con las redes permanentes del IAG, IGN y WestMed han permitido disponer de ~150 estaciones que han registrado ~170 terremotos útiles para este trabajo.

Para obtener nuevos datos que puedan ser de utilidad para futuros estudios de la región, este trabajo se ha centrado en el cálculo de mecanismos focales utilizando el

método de las polaridades de primer pulso. Para ello, se ha trabajado con el catálogo del IGN desde noviembre de 2007 hasta octubre de 2012. En primer lugar se han descargado los datos de terremotos de la base de datos del IGN. Los eventos que se han utilizado para este trabajo han sido aquellos comprendidos entre  $35^{\circ}$ - $38^{\circ}$ N y  $-6^{\circ}$ - $2.5^{\circ}$ W, a profundidad mayor de 30 km y con  $M_w$  mayor a 2.5.

Una vez descargados, se ha obtenido las formas de onda de los diferentes organismos y redes y se han organizado en una base de datos de eventos en formato Seisan (Havskov y Ottemoller. 1999).

Los eventos localizados por el IGN han sido relocalizados empleando las estaciones sísmicas proporcionadas por las redes permanentes y temporales citadas. Para ello se han marcado la llegada de las ondas P y S en los sismogramas de las estaciones sísmicas. El modelo de velocidades empleado ha sido el de Stich et al. (2005), ya que los RMS son menores en comparación con el del IAG y prácticamente iguales a los del IGN.

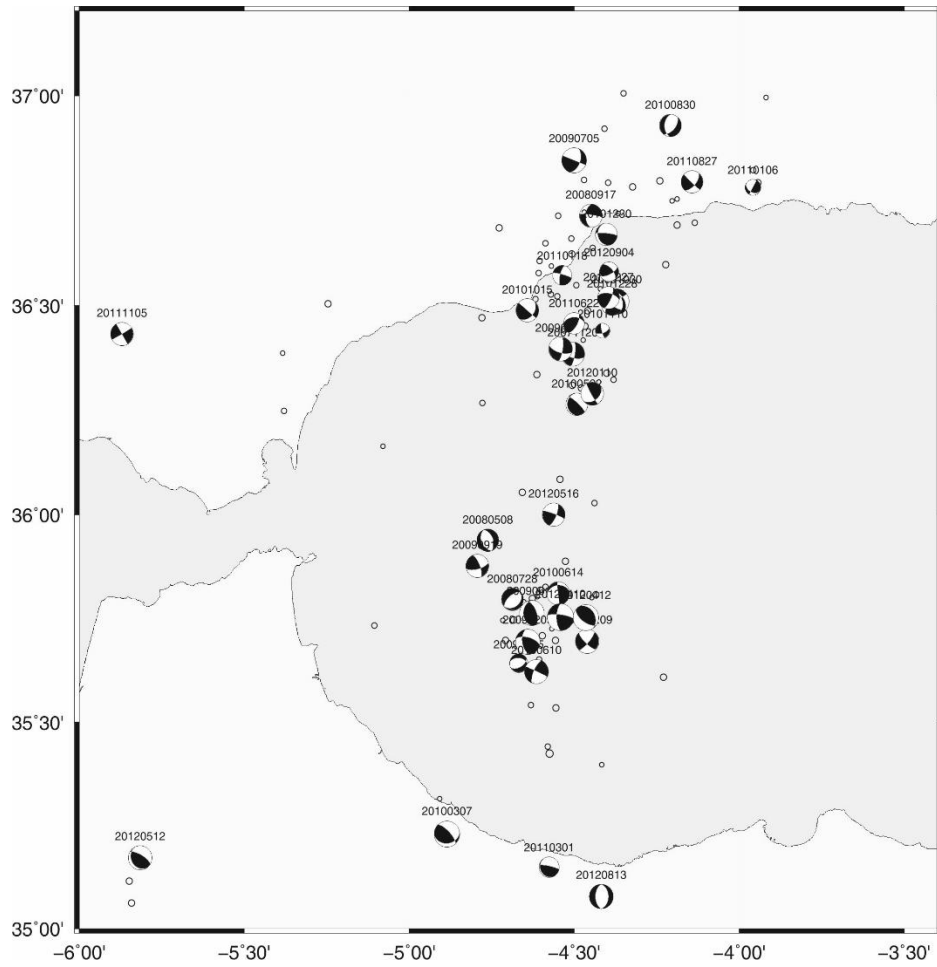
Una vez relocalizado los eventos, se ha procedido a marcar la polaridad de las ondas P en la componente vertical de los sismogramas, que pueden ser compresivas o dilatacionales. A continuación se ha empleado la herramienta FOCMEC, que realiza un grid-search y determina las soluciones consistentes con la distribución de las polaridades. Así, dependiendo de la distribución de las mismas, calculará las soluciones posibles. Con el objetivo de tener una población de datos de calidad solo se han tenido en cuenta las soluciones que han seguido un criterio: que cada  $10^{\circ}$  FOCMEC busque las soluciones posibles que acepten como máximo dos errores en las polaridades.

El resultado ha sido un total de 35 mecanismos focales tanto con soluciones múltiples como con soluciones únicas. Aquellos mecanismos en los que el programa FOCMEC ha detectado más de una solución, se ha seleccionado, en la mayoría de los casos, la solución que correspondía a la agrupación central de los ejes de las soluciones que propone FOCMEC.

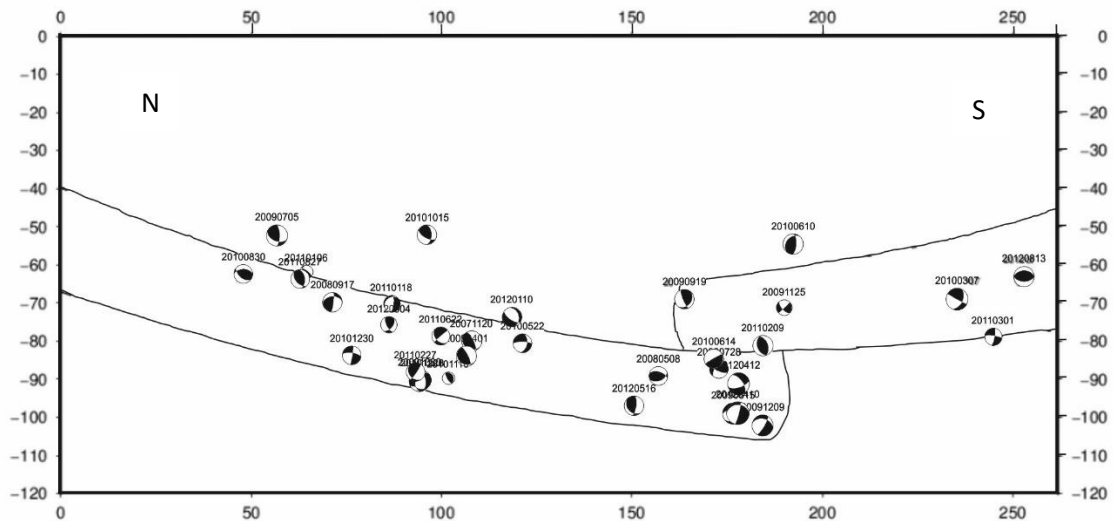
Finalmente, con el software GMT, tras calcular los mecanismos focales se han representado diagramas, mapas y secciones en los que se ha representado los mecanismos focales y la sismicidad relocalizada.

Los resultados obtenidos (Fig. 1 y 2) muestran un patrón heterogéneo en la distribución de los mecanismos focales, al igual que los catálogos de tensor momento disponibles (e.g Martin et al. 2015). Al sur de  $36^{\circ}$  N (Fig.1) la distribución de los ejes P en dirección NNE-SSW es consistente con la rotación propuesta al SW por Koulali et al. (2011). Al norte de  $36^{\circ}$ N no se puede distinguir un patrón en la orientación de los ejes P y T.

Como puede observarse en la figura 2, en el bloque ibérico la orientación de los ejes P en los mecanismos con un plano vertical y otro horizontal, a favor del hundimiento del bloque, sugieren extensión en el mismo. También hay mecanismos con planos verticales y horizontales, pero con una orientación de los ejes P en sentido contrario, que indican compresión. Esta distribución de los ejes de presión y tensión es consistente con los procesos de underbending y slab pull de los bloques que subducen. También se observa que los ejes N están orientados a favor del hundimiento del bloque, algo característico de las zonas de subducción. A mayor profundidad, los mecanismos con plano vertical y horizontal podrían estar relacionados con cambios de fase producidos por el incremento de la presión y temperatura del medio. En el bloque Magrebí no se observa ningún patrón homogéneo.



**Fig.1.** Se muestra la localización de los mecanismos focales calculados y la fecha en que tuvo lugar el evento. También se ha representado los eventos relocados.



**Fig.2.** Localización de los mecanismos focales en una sección N-S con una propuesta de geometría de laja.

La característica más destacable que se puede obtener de estos resultados es que existe un patrón heterogéneo en la distribución de los mecanismos focales y ejes P y T. La geodinámica de la región es compleja, hay mecanismos que son coherentes con los procesos geodinámicos que se están dando, pero hay otros que son probablemente debido a efectos locales, o a la superposición de más de un proceso geodinámico, como la subducción y delaminación.

### Referencias

- Calvert, A. Sandvol, E. Seber, D. Barazangi, M. Roecker, S. Mourabit, T. ... & Jabour, N. (2000). Geodynamic evolution of the lithosphere and upper mantle beneath the Alboran region of the western Mediterranean: constraints from travel time tomography. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B5), 10871-10898.
- Havskov, J. & Ottemoller, L. (1999). SEISAN earthquake analysis software. *Seismological Research Letters*, 70(5), 532-534.
- Koulali, A. Ouazar, D. Tahayt, A. King, R. W. Vernant, P. Reilinger, R. E. ... & Amraoui, N. (2011). New GPS constraints on active deformation along the Africa-Iberia plate boundary. *Earth and Planetary Science Letters*, 308(1), 211-217.
- Lonergan, L. & White, N. (1997). Origin of the Betic-Rif mountain belt. *Tectonics*, 16(3), 504-522.
- Martín, R. Stich, D. Morales, J. & Mancilla, F. (2015). Moment tensor solutions for the Iberian-Maghreb region during the IberArray deployment (2009–2013). *Tectonophysics*, 663, 261-274
- Platt, J. P. & Vissers, R. L. M. (1989). Extensional collapse of thickened continental lithosphere: A working hypothesis for the Alboran Sea and Gibraltar arc. *Geology*, 17(6), 540-543.
- Seber, D. Barazangi, M. Ibenbrahim, A. & Demnati, A. (1996). Geophysical evidence for lithospheric delamination beneath the Alboran Sea and Rif-Betic mountains.
- Zeck, H. P. (1997). Mantle peridotites outlining the Gibraltar Arc—centrifugal extensional allochthons derived from the earlier Alpine, westward subducted nappe pile. *Tectonophysics*, 281(3), 195-207.