

Mecanismos focales del contacto Iberia África

J. Henares Romero¹, C. López Casado¹ y J. Delgado Marchal²

1 Dpto. de Física Teórica y del Cosmos. Facultad de Ciencias. 18071 Granada (Spain). clcasado@goliat.ugr.es

2 Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Univ. Alicante. Ap. Correos 99. Alicante (Spain). jose.delgado@ua.es

ABSTRACT

Data from focal mechanisms are of great importance to understand the seismicity and seismotectonic of an area. Numerous authors have calculated focal mechanisms to study the seismotectonic of the Iberian-Maghrebian region. Nevertheless, actually there is not a complete updated catalog of this kind of information for this area. Indeed, these data are dispersed in a great number of papers, that frequently present data in a inhomogeneous and non-complete way. In this work we present an updated catalog of focal mechanisms for the Iberian-Maghrebian region, with more than 450 solutions, that presents an homogeneous notation, with a complete information of focal parameters and also a complete information of the faults cartography of and the possible correlation with main faults for this area. The focal mechanisms are presented cluster by regions and order chronologically.

Key words: *Focal mechanisms, catalog, Iberian-Maghrebian, seismotectonic.*

INTRODUCCIÓN

Se puede comprobar con facilidad que los mecanismos focales han sido y son una pieza más o menos fundamental en muchos estudios de sismología.

Así podemos comprobar como los mecanismos focales contribuyen en los estudios de sismotectónica, en el cálculo de la peligrosidad sísmica, en el cálculo de sismogramas sintéticos, en los estudios de microsismicidad y en los estudios del cálculo del estado de esfuerzos de una región.

Diversos métodos existen para el cálculo de mecanismos focales. Tenemos el método gráfico basado en el primer impulso de la onda P (PP), el algoritmo de Brillinger (ALB), el análisis poblacional de mecanismos focales (AP), modelización de ondas (MO) e inversión del tensor momento sísmico (I). Todos ellos se basan en los registros que en las estaciones se obtienen de los terremotos, pero dependiendo del método considerado podemos obtener sólo el mecanismo focal o junto con este, la función temporal de la fuente o la relocalización de las coordenadas hipocentrales o el tensor de esfuerzos, etc. Es claro que cada método tiene sus ventajas y sus inconvenientes, aunque en los dos últimos se necesita un menor número de registros.

El área Ibero-Mogrebí es una región de gran complejidad desde el punto de vista sismotectónico. Diferentes teorías intentan explicar lo que aquí ocurre: *intumescencia y convección del manto* (Van Bemmelen, 1973), *traslación hacia el oeste de la zona interna Bético-Rifeña* (Sanz de Galdeano, 1983), *existencia de láminas litosféricas subducidas* (Araña y Vegas, 1974), *delaminación litosférica* (Buforn *et al.*, 1997). Muchos trabajos dedicados al estudio

de esta zona se basan en gran medida en los mecanismos focales (Bezzeghoud y Buforn, 1999; Buforn *et al.*, 1997).

Este elevado número de trabajos dedicados al estudio sismotectónico de la misma ha dado lugar a que los parámetros focales de dichos mecanismos se encuentren de forma muy dispersa en la bibliografía. Un problema adicional es que la notación utilizada es poco homogénea entre autores, no incluyendo todos la misma información y no siguiendo en muchos casos el mismo criterio para su presentación.

En este trabajo se presenta un catálogo de mecanismos focales del área Ibero-Mogrebí. Para ello, se ha hecho una amplia recopilación de datos, tomando soluciones individuales y soluciones conjuntas. Se ha homogeneizado toda la información obtenida de los diferentes trabajos, completando los datos que estos ofrecían cuando así ha sido necesario y utilizando una notación común para todos los mecanismos. En este catálogo los datos hipocentrales perteneciente a cada terremoto han sido tomados del catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN) actualizado hasta 1999, siempre que ha sido posible.

Este catálogo se encuentra en formato Word y puede ser solicitado a los autores vía Internet.

DATOS

Los mecanismos focales contenidos en el catálogo aquí presentado pertenecen a la zona comprendida entre las longitudes 20°W y 13°E y las latitudes 30°N y 40°N. Sus magnitudes varían entre 1.2 y 8.2. Se han dividido en dos grupos según las profundidades, los superficiales, con 396

Tabla 1
Terremotos del Catálogo clasificados según magnitud

mb	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	*
Nº terr.	35	65	196	84	54	10	3	1	2

* Terremotos que no aparecen en el catálogo del IGN.

Tabla 2
Nº.4. Localización epicentral: Alcaudete (J)

Fecha	Hora	Long	Lat	Prof	mb	I_0	M_0	L, D o r
19/05/1951	15:54:19.0	03° 56.0'W	37° 35.0'N		5.1	8		

PP

Tabla 3

	ϕ	δ	λ		Φ	Θ	N	SCORE
Plano A	248	66	-33	Eje T	302	86		
Plano B	353	60	-152	Eje P	208	50		

Referencia: (10), (39), (42)

soluciones individuales, y los intermedios y profundos con 53 soluciones individuales. Además existen 33 soluciones de mecanismos focales conjuntos calculados para esta zona.

Geográficamente se distribuyen de la siguiente forma: de la zona del Océano Atlántico existen 21 soluciones focales, de la zona que comprende el N de Marruecos, Golfo de Cádiz, Mar de Alborán y la parte que consideramos de la Península Ibérica se incluyen resultados de 377 terremotos. Del S de Marruecos se dispone de 7 mecanismos. En el N de Argelia y Túnez tenemos 43 terremotos.

Las soluciones pertenecientes a los terremotos profundos geográficamente se distribuyen de la siguiente manera: 5 terremotos pertenecen a la zona del Atlántico, 4 al norte de Marruecos y 44 a la zona de Granada-Málaga-Mar de Alborán, además tenemos los 3 terremotos muy profundos de la zona de Granada.

La distribución de los terremotos según magnitud la podemos ver en la tabla 1.

De las soluciones que presenta Score (nº de aciertos), 185 son mayores que 0.70 y sólo 5 tienen un valor menor.

Dentro de las soluciones individuales en 451 casos ha sido posible indicar el método utilizado para su cálculo: Algoritmo de Brillinger: 68 soluciones; Algoritmo de Brillinger extendido: 8; Análisis poblacional: 125; Método del Centroide: 31; Primer impulso de la onda P: 206; Primer impulso de la onda P y polarización de la onda S: 1; Single Station Long Period: 1; Método del Tensor Momento: 1; Modelización de ondas: 10. De las soluciones con-

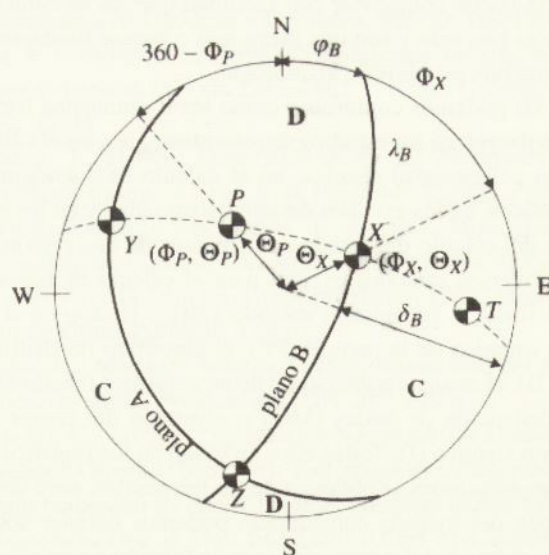


FIGURA 1: Representación de los ángulos que definen a los planos solución A y B y a los ejes T y P en el mecanismo focal. Las letras C y D identifican los cuadrantes de compresiones y dilataciones. (Según Udías y Mézcua, 1997).

juntas, 11 se calcularon según el Algoritmo de Brillinger y 9 a partir del primer impulso de la onda P.

PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

En muchos casos, un mismo terremoto, tiene varias soluciones diferentes de mecanismo focal. Cuando estas

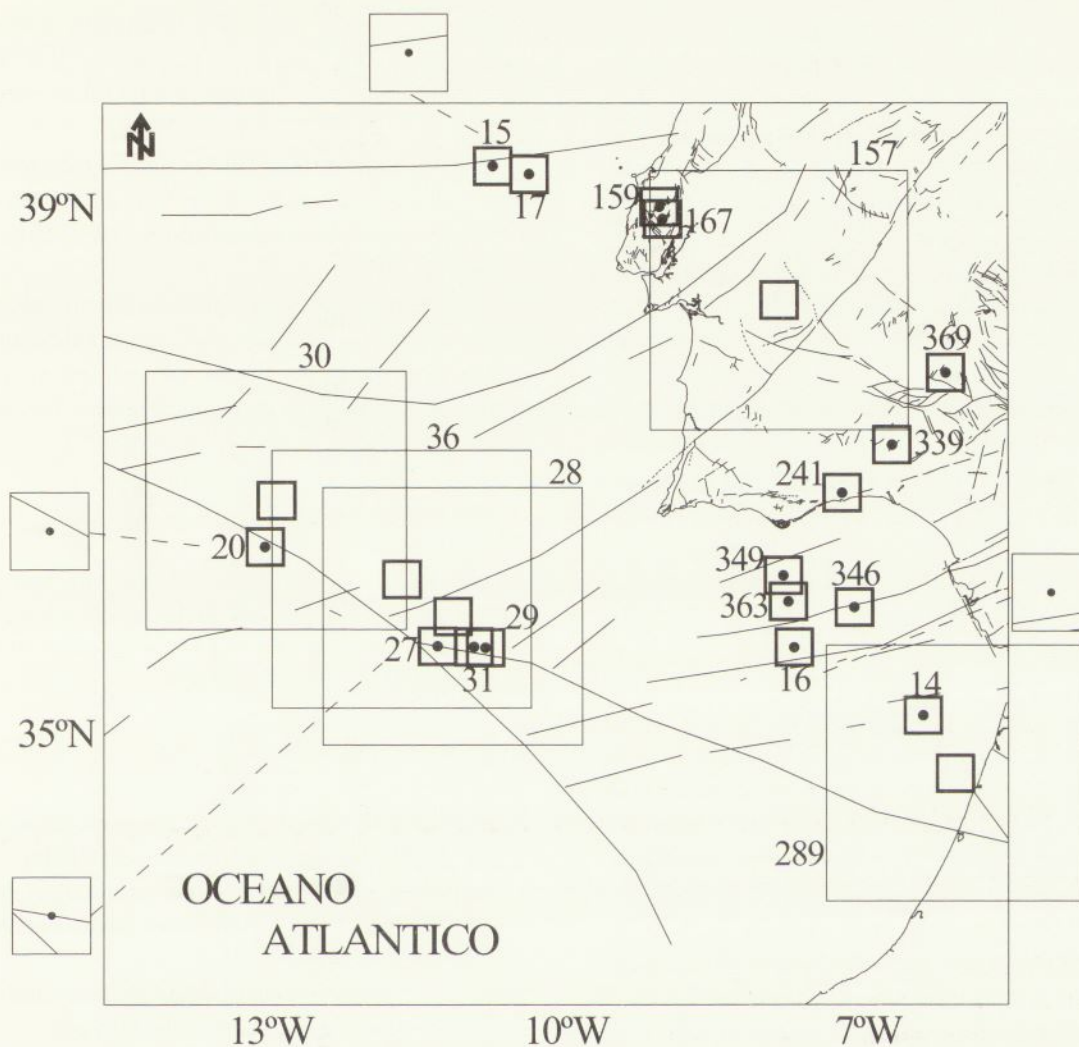


FIGURA 2: Terremotos con $h \leq 30$ km y $m_b \geq 3.5$ para la zona comprendida entre Goringe-Golfo de Cádiz. En la figura se observa el cuadrado de error de cada terremoto, en algunos casos es de 30×30 km con el epicentro representado por un círculo (p. e. el n° 15) y en otros de 200×200 km con un cuadrado de 30×30 km centrado en el epicentro (p. e. el n° 157). El número que aparece al lado de cada cuadrado es el que le corresponde en el catálogo. También aparecen representadas las fallas de la zona.

soluciones pertenecen a métodos diferentes se han representado todas ellas. Cuando el método utilizado en todos los casos ha sido el mismo, el criterio seguido a la hora de elegir la solución ha sido el siguiente:

En primer lugar se ha tomado aquella solución que presenta más datos (entendemos por datos los ángulos que definen los planos, los que definen a los ejes de presión (P) y tensión (T), el número de observaciones (N) y en el número de aciertos (Score).

Si todas las soluciones presentaban todos los datos, entonces nos fijaremos en el número de observaciones (N) y en el de aciertos (Score). Si N es el mismo, se toma la solución que presenta mayor Score, si no, la que tiene mayor N aunque sea menor el Score.

Los terremotos que se presentan en el catálogo han sido ordenados según las de fechas, empezando por los más antiguos. La forma de presentar los terremotos en el catálogo es la siguiente: en una primera tabla aparecen los siguientes datos (Tabla 2).

1°. Número de clasificación del terremoto.

2°. Localización epicentral dada por el IGN. Si no está reflejado en dicho catálogo se presenta la que aparece en el artículo en cuestión.

3°. Intensidad epicentral (I_0) y sentida (I_s). Si el recuadro aparece vacío es porque no se ha hecho la asignación.

4°. El momento sísmico escalar (M_0) ($N \cdot m$) y el tamaño de la falla (km). El tamaño de la falla puede venir dado por su radio (a) o por su longitud (L) y anchura (D).

5°. Las iniciales (en mayúscula) que aparecen entre las tablas nos indican el método con el que ha sido calculado el mecanismo focal. Este dato no aparece siempre, sólo cuando en el artículo aparece especificado el método. Dichas abreviaturas son: PP, ALB, AP, MO e I.

6°. En una segunda tabla (Tabla 3) aparecen los ángulos que define a los planos (acimut ϕ , buzamiento δ , deslizamiento λ) y a los ejes T y P (acimut Φ y buzamiento Θ), siendo A el plano de falla y B el auxiliar. Se han homogeneizado todas las notaciones encontradas en los

diferentes artículos para los ángulos (tanto de planos como de ejes), utilizando la siguiente (Buforn, 1985):

ϕ : medido desde el norte geográfico, siguiendo la dirección de las agujas del reloj, hasta el extremo del plano que tiene el buzamiento hacia la derecha.

δ : medido desde la horizontal (borde de la esfera focal hacia el centro) hasta el plano, a 90° de ϕ .

λ : desde el acimut a lo largo del plano. Es positivo si el centro de la esfera focal queda en el cuadrante de compresiones (falla inversa) y negativo en caso contrario (falla normal).

Φ : medido desde el norte geográfico, siguiendo la dirección de las agujas del reloj, hasta el punto donde se encuentra la línea que se obtiene de unir el centro de la esfera con el punto que indica el lugar de aplicación del eje P o T.

Θ : medido desde el centro de la esfera focal hasta el punto de aplicación del eje.

En la figura 1 podemos ver como se miden estos ángulos en la esfera focal.

En los casos en que los ángulos presentaban su error este ha sido incluido en la tabla. También aparecen el número de observaciones (N) y el número de aciertos (Score).

7°. La referencia, que nos indica de qué artículo han sido tomados los datos que definen el mecanismo focal.

8°. Debajo de esta tabla y a la derecha aparece el mecanismo focal dibujado.

9°. Para los terremotos superficiales con $m_b \geq 3.5$ (180 en total) se ha dibujado al lado del mecanismo focal un pequeño mapa en el cual se representan las fallas cartografiadas de la zona. Este mapa es de 30x30 kilómetros centrado en el epicentro del terremoto. Cuando en este mapa no aparecen fallas, se ha optado por representar un mapa de 200x200 kilómetros en el cual aparece un cuadrado en rojo de 30x30 kilómetros, centrado en el epicentro del terremoto. Esto nos permite ver si la solución obtenida para el mecanismo focal se pueden asociar a alguna de las fallas de la zona (Fig. 2).

Para una mejor utilización de este catálogo se han incluido unos apéndices en los cuales se presentan los terremotos por regiones para facilitar la localización de los mismos en la zona considerada.

CONCLUSIONES

Con este catálogo se presenta una recopilación y homogeneización de la notación de los datos de mecanismos focales del área Ibero-Mograbí, que permite una mejor y más rápida utilización de los mismos, de directa aplicación en sismotectónica y estudios afines.

Adicionalmente, este catálogo de mecanismos focales ofrece de una forma visual la posibilidad de obtener una

correlación entre terremotos y fallas, para terremotos superficiales y con magnitud mayor que 3.5, ya que el mecanismo focal se representa con las fallas cartografiadas de la zona.

Con los mecanismos focales de este catálogo podemos hacer además un estudio del estado de esfuerzos de una zona, permitiendo estudios generales y particulares, (Angelier y Mechler, 1977).

Igualmente se pretende que este sea un trabajo abierto, de manera que a medida que se vayan calculando nuevos mecanismos focales estos se incluyan en el mismo, así como posibles mejoras de los mecanismos focales ya existentes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el grupo de investigación RNM217 de la Junta de Andalucía y por los proyectos PB96-0327 de la D.G.E.S.I.C. y AMB97-0975-C02-01 de la CICYT.

REFERENCIAS

- Angelier, J. y Mechler, P. (1977): Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en seismologie: la méthode des dièdres droites. *Bull. Soc. Geol. France*, 7 (19): 1309-1318.
- Araña, V. y Vegas, R. (1974): Plate tectonics and volcanism in the strait of Gibraltar. *Tectonophysics*, 24: 197-212.
- Bezzeghoud, M. y Buforn, E. (1999): Source Parameters of the 1992 Melilla (Spain, $M_w = 4.8$), 1994 Alhoceima (Morocco, $M_w = 5.8$), and 1994 Mascara (Algeria, $M_w = 5.7$) Earthquakes and Seismotectonic Implications. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 2: 359-372.
- Buforn, E. (1985): Métodos para la determinación del mecanismo focal de los terremotos a partir de la polaridad de las ondas P. En: *Mecanismo de los terremotos y tectónica*. (A. Udías, D. Muñoz y E. Buforn Eds.). Universidad Complutense, Madrid: 117-139.
- Buforn, E., Coca, P., Udías, A. y Lasa, C. (1997): Source mechanism of intermediate and deep earthquakes in southern Spain. *Journal of Seismology*, 1: 113-130.
- Sanz de Galdeano, C. (1983): Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Estudios Geol.*, 39: 157-165.
- Udías, A. y Mézcua, J. (1997): *Fundamentos de Geofísica*. Editorial Alhambra Universidad. Madrid.
- Van Bemmelen, R.W. (1973): Geodynamic models for the Alpine type of orogeny (Test-case II: The Alps in Central Europe). *Tectonophysics*, 18: 33-79.