

# Sobre la naturaleza del límite de placas actual entre la Península Ibérica y el norte de África

## *On the nature of the present-day plate boundary between the Iberian Peninsula and northern Africa*

R. Vegas<sup>1</sup>, T. Medialdea<sup>2</sup> y J.T. Vázquez<sup>3</sup>

1 Dpto. de Geodinámica, Facultad de C. Geológicas UCM, c. José Antonio Novais, 2, 28040 Madrid. ruidera@geo.ucm.es

2 Instituto Geológico y Minero de España, IGME, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. tmedialdea@igme.es

3 Centro Oceanográfico de Málaga, Instituto Español de Oceanografía, 29640 Málaga

**Resumen:** Entre África y la Península Ibérica la convergencia oblicua es acomodada en un límite de placas mal definido. Este límite contiene cuatro sectores que se corresponden con los aquí denominados como: Área Oceánica, Golfo de Cádiz, Mar de Alborán y Margen Argelina. En los dos primeros se puede considerar un régimen de cizalla simple y un acoplamiento fuerte con la deformación concentrada en estructuras mayores que tienden a ser paralelas al margen. Se produce en estos sectores una transmisión efectiva de la deformación hacia el interior de la península a lo largo de la Margen Portuguesa. En el Mar de Alborán la convergencia es asumida en un régimen de cizalla pura con un acoplamiento débil. No se produce en este sector una transmisión efectiva de la deformación. En la Margen Argelina el límite de placas aparece mejor definido sugiriendo un tipo de acoplamiento fuerte.

**Palabras clave:** límite de placas, África-Península Ibérica, acoplamiento mecánico.

**Abstract:** Between Africa and the Iberian Peninsula the oblique convergence is assumed in an ill-defined plate boundary. This boundary contains four different zones corresponding to the here named as Oceanic Area, Gulf of Cadiz, Alboran Sea and Algerian Margin. West of Gibraltar, a simple-shear tectonic regime together with a strong mechanical coupling can be considered, being the deformation concentrated in several main faults. An effective transmission of the deformation occurs along the Portuguese Margin. In the Alboran Sea, the convergence is assumed by means of a pure-shear tectonic regime and the deformation is highly distributed. This central sector is characterized by a weak mechanical coupling with no effective transmission of the deformation towards the interior of the Iberian Peninsula. In the Algerian Margin, the deformation is more concentrated and a strong coupling can be considered.

**Key words:** Plate boundary, Africa-Iberian Peninsula, mechanical coupling.

## INTRODUCCIÓN

Desde el final del Mioceno un nuevo límite de placas comienza a desarrollarse entre la Península Ibérica y el norte de África. Este nuevo límite sustituye al que perduró desde el Cretácico Superior hasta la sutura pirenaica en el final del Oligoceno, aunque continuó una cierta cantidad de convergencia remanente en el borde pirenaico-cantábrico. Este nuevo límite al sur de la Península absorbe una convergencia Europa-África de dirección N140 en un nuevo contexto de placas. El movimiento relativo entre África y Europa se deriva de las velocidades angulares entre América del Norte y África y entre Europa y América del Norte, que se determinan a su vez a partir de las tasas de expansión de la dorsal medio-atlántica que separa cada par de placas. En el circuito global de placas (Argus et al., 1989) este movimiento relativo corresponde a extensión en el *Rift* de Terceira, movimiento en dirección lateral derecho en la Falla de Gloria y convergencia oblicua en una amplia zona que se extiende al este y comprende la región de los relieves submarinos que incluyen el Banco de Goringe, el Golfo de Cadiz, el Mar de Alborán y la

margen mediterránea argelina (Fig. 1). En los segmentos más occidentales intraoceánicos el límite aparece bien definido mediante un rift (Terceira) y una falla transformante (Gloria); no ocurre lo mismo en el segmento que acomoda la convergencia oblicua pues no existe una estructura singular a la que se pueda asignar propiamente el límite de placas ni el tipo de deformación correspondiente. En principio se puede considerar que entre la Península y África existe un

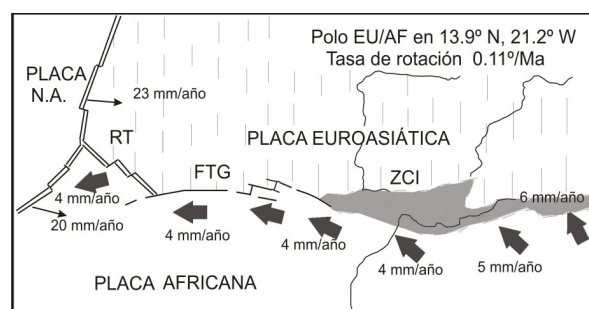


FIGURA 1. Movimiento relativo en el límite de placas Eurásia (fija)-África. RT: Rift de Terceira; FTG: Falla Transformante de Gloria; ZCI: Zona de convergencia oblicua

límite de placas impreciso, quizá porque es relativamente reciente (Vegas, 2001).

Hasta el momento no existe una descripción del tipo de deformación ni del conjunto de las estructuras que toman la deformación en este nuevo límite de placas. Una primera descripción de este límite (así como sus implicaciones tectónicas) constituye el objetivo de este trabajo.

### EL SEGMENTO DE CONVERGENCIA OBLICUA

Este segmento comprende varias unidades tectónicas: a) la corteza oceánica jurásica de las llanuras abisales y los montes submarinos del área del Banco de Gorringe – que denominaremos como *Área Oceánica* para abreviar; b) las márgenes atlánticas mesozoicas del norte de Marruecos y del Algarve – que denominaremos como *Golfo de Cádiz*; c) el Mar de Alborán y sus bordes montañosos circundantes, – que será denominado como *Mar de Alborán*; d) la margen argelina y su reborde montañoso – que denominaremos como *Margen Argelina*. En conjunto, este segmento presenta las características de los bordes de placas convergentes intracontinentales en los que no aparece definida una estructura principal que asuma la mayor parte de la convergencia, que normalmente tiene una componente lateral. Sin embargo, es preciso recordar que en el segmento que nos ocupa la convergencia es muy lenta y que el límite en si mismo aparece como poco desarrollado.

A pesar de su naturaleza, el Área Oceánica presenta unas estructuras principales comunes, en cierto modo, con el Golfo de Cádiz. Como rasgos estructurales mayores aparecen fallas de dirección N110 a E-W, con movimiento lateral derecho, así como cabalgamientos arqueados de dirección aproximada N10 (Medialdea et al., 2004). Estas estructuras se continúan en el Golfo de Cádiz, en las márgenes continentales africana e ibérica, y están en parte soterradas bajo el gigantesco cuerpo “olistostrómico” de Gibraltar (Fig 2). Tanto en el Área Oceánica como en el Golfo de Cádiz la convergencia

oblicua, NNW-SSE, parece ser asumida en una parte substancial por esas estructuras mayores; de hecho la distribución de la sismicidad apunta a una localización sobre ellas. La continuación de las fallas de desgarre en el Área Oceánica sugiere que su origen debe relacionarse con el borde de placas previo al actual y de edad jurásica que se relaciona con la apertura del Atlántico Central en esa época. La convergencia actual reactiva esas estructuras y las relaciona con los cabalgamientos de corteza oceánica.

El panorama en el Mar de Alborán es completamente diferente. Aparecen como estructuras principales fallas de dirección aproximada N40 con componente desgarre lateral izquierdo y fallas conjugadas N120 correspondientes a desgarres derechos. Ambos sistemas convergen en el centro del Mar de Alborán, en el alto batimétrico en el que emerge la Isla de Alborán. Este alto corresponde a una estructura compresiva, un cabalgamiento de dirección próxima a E-W. Existen además pliegues de la misma dirección en el margen septentrional y en el reborde bético (Fig. 2). Este dispositivo recuerda un esquema de acomodación del acortamiento mediante un mecanismo de cizalla pura (Vegas, 1992), muy diferente del modo en que se produce el acortamiento en el Área Oceánica y en el Golfo de Cádiz similar a una *cizalla simple*. En este sentido, el límite de placas ocupa aquí un área más amplia que comprende el Mar de Alborán y las cadenas circundantes.

Más al este, el borde de placas parece concentrarse en la Margen Argelina a lo largo de la costa, enmarcando una margen estrecha y los relieves de la cadena del Tell. La convergencia oblicua se resuelve en fallas de desgarre y cabalgamientos asociados. El límite de placas aparenta seguir la margen continental y el reborde montañoso del norte de África.

### TIPOS DE DISPOSITIVOS TECTÓNICOS EN EL SEGMENTO CONVERGENTE

Parece evidente que el movimiento relativo entre

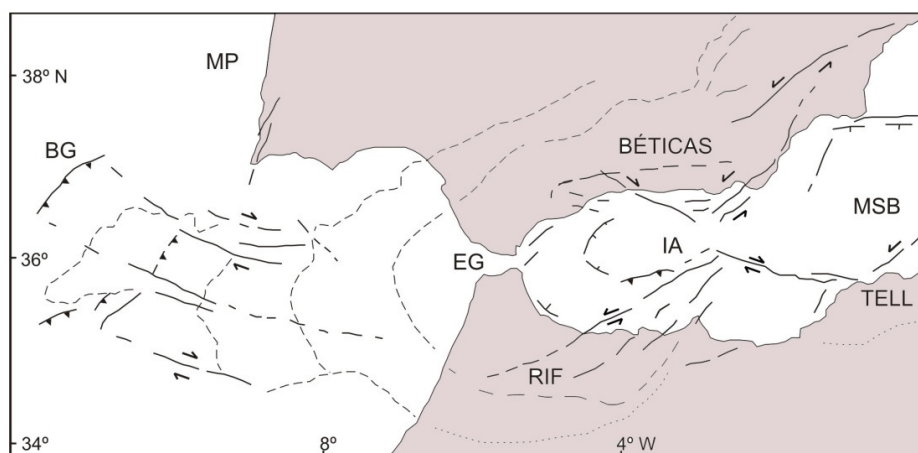


FIGURA 2. Bosquejo tectónico del Golfo de Cádiz y el Mar de Alborán. BG: Banco de Gorringe; EG: Estrecho de Gibraltar; IA: Isla de Alborán; MP: Margen Portuguesa; MSB: Mar Surbalear. Las líneas de discontinuas indican en mar los frentes del cuerpo olistostrómico y en tierra los frentes de deformación de las Béticas y el Rif.

África y Europa se acomoda de manera diferente a lo largo del límite convergente del sur de la Península Ibérica, tal como ha sido establecido recientemente (Vázquez y Vegas, 2000). La primera razón para explicar estas diferencias debe encontrarse en la naturaleza de las litosferas (y de las cortezas) que se ponen en contacto a lo largo del límite. Así en el Área Oceánica el límite intenta separar dos litosferas oceánicas, resistentes al ser de edad jurásica. La deformación se concentra en un área estrecha y en pocas estructuras, que tienden a aproximarse en dirección a la del límite. En este segmento se puede deducir un acoplamiento mecánico efectivo en el dispositivo de cizalla simple. Algo parecido se puede invocar para el Golfo de Cádiz donde continúan las fallas de desgarre, aunque en esta zona debe comenzar la oposición de dos litosferas continentales correspondientes a las márgenes de Marruecos y del Algarve. Pero en este segmento las cortezas deben ser, por tanto, adelgazadas como corresponde a las márgenes continentales. De nuevo la deformación parece concentrarse en estructuras previas y se puede admitir también un acoplamiento mecánico efectivo entre ambas placas dentro del mismo dispositivo de cizalla simple (Fig. 3).

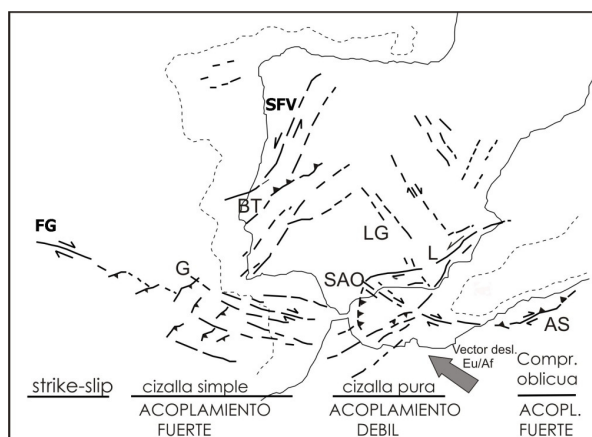


FIGURA 3. Regímenes tectónicos en el límite de placas del sur de la Península Ibérica y principales estructuras intraplaca reactivadas: AS: Región de El Asnam BT: Bajo Tajo; FG: Falla de Gloria; G: Banco de Gorringe; L: Falla de Lorca; LG: Lineamiento del Guadiana; SFV: Sistema de fallas de Vilarica; SAO: Zona de subducción de Alborán Occidental.

En el Mar de Alborán se enfrentan dos litosferas continentales en un límite mucho más difuso; de hecho el límite entre las litosferas del escudo africano y el macizo varisco ibérico comprende una zona de corteza continental adelgazada, no reequilibrada térmicamente, que actúa como una especie de tampón. Se trata del denominado *Dominio de Alborán*, un elemento considerado como aloctono que en la actualidad forma parte del límite difuso. La deformación se distribuye en el conjunto de este elemento tectónico intercalado entre las dos litosferas continentales, aunque parece predominar en las estructuras de desgarre conjugadas.

La deformación por cizalla pura de este elemento intermedio parece indicar un acoplamiento mecánico

débil entre las placas. Este acoplamiento débil se ve aun más favorecido por la existencia de un *infracabalgamiento* (una especie de subducción intracontinental) de la corteza del Macizo Ibérico bajo la corteza del Dominio de Alborán, tal como apunta la existencia de una sismicidad de profundidad intermedia (70-100 km) en el lado cóncavo del Arco de Gibraltar.

En la Margen Argelina el límite de placas aparece con mayor precisión, coincidiendo con la terminación hacia el este del elemento intermedio correspondiente al Dominio de Alborán. El límite parece seguir la orientación de la margen continental que concentra la deformación. En este segmento la tasa de convergencia es mayor y la oblicuidad es menor debido a la posición del polo de rotación (Fig. 1). Esto debe resolverse mediante una partición de la deformación entre las fallas en dirección y los cabalgamientos, los cuales se concentran en una banda relativamente estrecha, tal como muestra la distribución de la sismicidad. Un acoplamiento mecánico fuerte se puede considerar para la Margen Argelina.

Según lo expuesto anteriormente, se pueden considerar dos zonas de acoplamiento fuerte, en el Golfo de Cádiz y la Margen Argelina, y una zona de acoplamiento mecánico débil en el Mar de Alborán. El segmento convergente aparece así como un límite de placas heterogéneo en cuanto a modo de deformación y al acoplamiento entre las placas, hecho este último de interés por las consecuencias en cuanto a la magnitud y la distribución de los sismos interplaca así como por la propagación de la deformación, y la sismicidad correspondiente, hacia el interior de las placas, tal como se relacionará a continuación.

### LA TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS

Tal como muestra la distribución de epicentros y de fallas activas, una parte de los esfuerzos generados en los bordes convergentes es transmitida al interior de las placas causando deformación y *sismicidad intraplaca*. En caso de la Península Ibérica es ineludible considerar el límite África-Eurasia como origen de la actividad tectónica intraplaca actual – y por extensión de la *neotectónica* del interior peninsular. Si se considera este aspecto, la naturaleza del borde de placas convergente aquí considerado se torna crucial para entender el modo de distribución de la sismicidad intraplaca y de las estructuras activas, ya que el grado de acoplamiento mecánico condiciona la transmisión efectiva de esfuerzos hacia las zonas alejadas del borde.

Dentro del sector convergente los segmentos correspondientes al Área Oceánica y al Golfo de Cádiz deben ser generadores de esfuerzos lejanos, dada sus características de acoplamiento fuerte: litosfera oceánica antigua, estructuras mayores bien definidas. Estos esfuerzos deben ser responsables de la reactivación de estructuras a lo largo de la Margen Portuguesa, como las correspondientes al Bajo Tajo y al Sistema de Fallas de Vilarica (Fig. 3), así como a la actividad reciente de fallas inversas en el centro de Portugal y Extremadura –

fallas inversas relacionadas en ocasiones con sedimentos de tipo "raña". Por otra parte, en este sector ocurren los sismos de mayor magnitud, indicando un acoplamiento fuerte.

El Mar de Alborán muestra por el contrario signos de corresponder a un segmento de acoplamiento débil con la deformación muy distribuida y la sismicidad repartida en un área extensa. Como consecuencia no existe una actividad tectónica reciente importante, como lo atestigua el patrón de la sismicidad, que será descrito más adelante. No obstante algunas estructuras de dirección NW-SE, como el Lineamiento del Guadiana (Fig. 3), parecen canalizar la deformación. No se registran en este segmento sismos interplaca de gran magnitud.

En cuanto al segmento de la Margen Argelina, se puede considerar un acoplamiento fuerte para el límite de placas, que aparece como una banda relativamente estrecha en la que se han registrado eventos sísmicos mayores. Es posible una cierta transmisión de esfuerzos en la Península a través del área oceánica del Mar Surbalear. Si esto es así, la deformación y la sismicidad intraplaca estarían canalizadas por las estructuras longitudinales de la Cadena Ibérica (Fig. 3).

Considerando los conceptos de acoplamiento mecánico y transmisión de esfuerzos, una primera zonación de la actividad sísmica en la Península Ibérica puede ser esbozada de manera preliminar (Fig. 4). Así, el Área Oceánica y el Golfo de Cádiz constituyen una zona sísmica de fuerte actividad concentrada en estructuras mayores, con dirección aproximada al límite de placas, donde se registran eventos de gran magnitud, frecuentemente intraoceánicos. El Mar de Alborán muestra una actividad sísmica repartida en un área mucho más extensa privilegiando algunas estructuras mayores que invocan un dispositivo de cizalla pura correspondiente a un acoplamiento débil. La Margen Argelina muestra de nuevo una actividad concentrada en estructuras de compresión oblicua que son capaces de generar eventos de gran magnitud. Estas tres zonas corresponden al límite de placas y, por tanto, se puede considerar que engloban los sismos interplaca.

Para la sismicidad intraplaca se puede así mismo definir una zona situada en la Margen Portuguesa en la que se agrupa la sismicidad con la reactivación de estructuras previas en las regiones del Bajo Tajo y del Sistema de Fallas de Vilaríça (Fig. 4). Otra zona probable de sismicidad intraplaca podría definirse en la región de la Mancha.

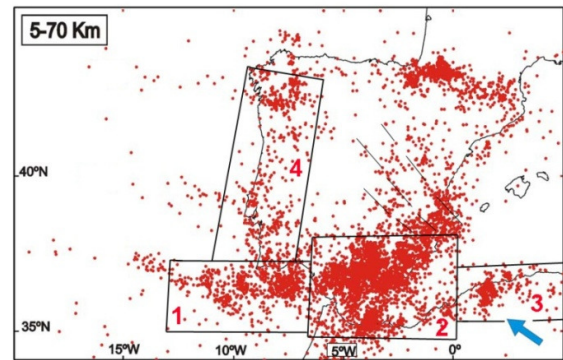


FIGURA 4. Zonas sísmicas en relación con el régimen tectónico del borde de placas. Zonas interplaca: 1: Golfo de Cádiz; 2: Mar de Alborán; 3: Margen Argelina; Zonas intraplaca: 4: Margen Portuguesa. Las líneas discontinuas indican otra zona intraplaca en la región de La Mancha.

## REFERENCIAS

- Argus, D. F., Gordon, R. G., DeMets C. y Stein, S. (1989): Closure of the Africa-Eurasia-North America plate motion circuit and tectonics of the Gloria fault. *Journal of Geophysical Research*, 94(B): 5585–5560.
- Medialdea, T., Vegas, R., Somoza, L., Vázquez, J.T., Maldonado, A., Díaz-del-Río, V., Maestro, A., Córdoba, D. y Fernández-Puga, M.C. (2004): Structure and evolution of the "Olistostrome" complex of the Gibraltar Arc in the Gulf of Cadiz (eastern Central Atlantic): evidence from two long seismic cross-sections. *Marine Geology*, 209: 173–198.
- Vázquez, J.T., Vegas, R. (2000): Estilos diferentes de deformación en el límite de placas entre África y Eurasia, desde el Arco de la Herradura al Mar de Alborán. En: *2ª Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Comunicaciones, S03-19: 147–148.
- Vegas, R. (1992): Sobre el tipo de deformación distribuida en el contacto entre África y la Península Ibérica. *Física de la Tierra*, 4: 41–56.
- Vegas, R. (2001): The convergent intra-oceanic plate boundary west of Gibraltar (Spain and Portugal): an overview. En: *Workshop on the Geodynamics of the Western part of the Eurasia-Africa plate boundary Azores-Tunisia*, San Fernando (Cadiz), *Boletín del Real Observatorio de la Armada*, 3: 167–168.