

«COMENTARIOS SOBRE LA SISMICIDAD DEL PIRINEO VASCO»

L. M. MARTINEZ-TORRES, R. RAMON-LLUCH y L. EGUILUZ ALARCON

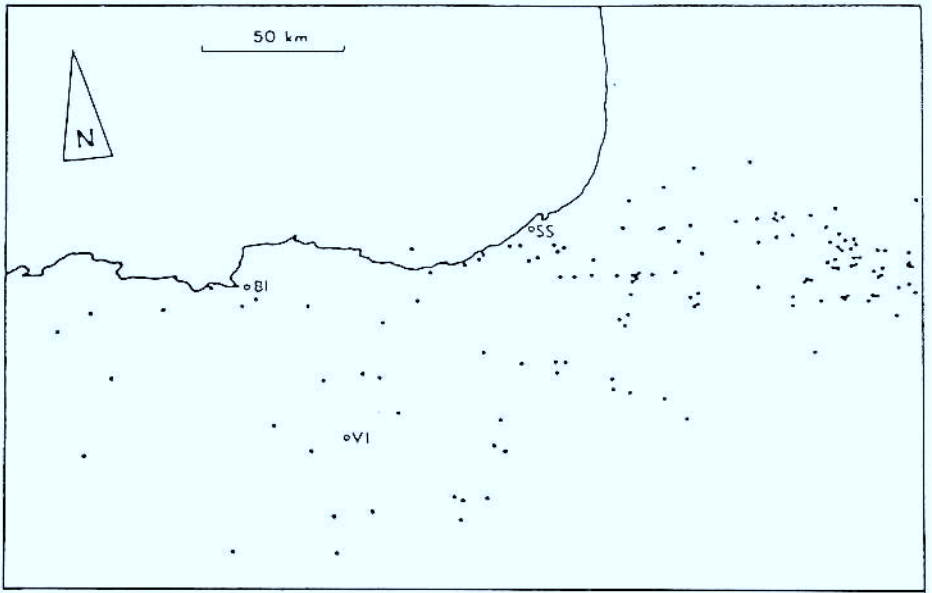


FIGURA 1: Epicentros en el-Pirineo vasco obtenidos del catálogo de MEZCUA et al. (1983).
VI: Vitoria-Gasteiz.
BI: Bilbao.
SS: Donosti-San Sebastián.

1. INTRODUCCION

El estudio geológico de la Cuenca vasca, durante los últimos años, muy especialmente de la zona norte de Navarra, nos ha motivado a considerar todos aquellos datos que pudieran aportar luz sobre el tema.

La información aportada por la geofísica puede ser de suma importancia en los estudios estructurales, pero al estar habitualmente relacionada con intereses económicos, concretamente petrolíferos, no suele ser accesible. Por otra parte, no han sido muchas las investigaciones en este campo, y solo recientemente se han publicado algunos trabajos referentes a la estructura profunda del Pirineo y, en especial, al Pirineo occidental.

En este sentido, el inventario de sismos realizado por MEZCUA y MARTINEZ-SOLARES (1983), publicado por el I.G.N., nos ha servido para hacer algunas consideraciones a tener en cuenta en la interpretación de las observaciones de campo.

Tomando como base el citado catálogo, se han considerado únicamente la terminación occidental pirenaica y la Cuenca vasca, entre los meridianos 0° y 4° longitud W, y los paralelos 42° y 44° latitud N, realizándose un mapa con los epicentros catalogados, sin considerar magnitudes ni intensidades (fig. 1).

2. ALINEACIONES

Empleamos el término alineación en un sentido geométrico, es decir, la disposición en líneas más o menos rectilíneas de fenómenos o eventos geológicos, diferenciándolo del término lineamiento, empleado en teledetección y sinónimo de fotolínea o tectolínea.

En la figura 2, quedan patentes algunas alineaciones de sismos, que coinciden con estructuras conocidas y lineamientos fotogeológicos.

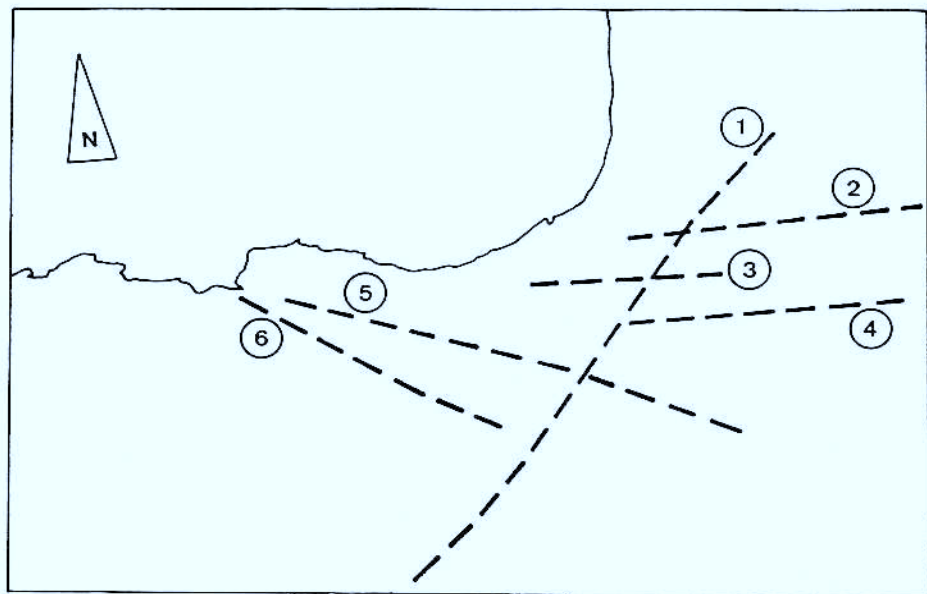


FIGURA 2: Principales alineamientos de sismos observados en la figura 1 y sus accidentes equivalentes:

- 1: Falla de Pamplona.
- 2: Falla de Luhoso.
- 3: Falla de Aritxulegi.
- 4: Cabalgamiento de Roncesvalles.
- 5: Falla de Leiza en zócalo.
- 6: Falla de Bilbao.

La alineación 1 corresponde con la denominada Falla de Pamplona, muy activa sísmicamente en la actualidad y de gran importancia para la comprensión de la evolución tectónica y sedimentaria del Pirineo occidental, también conocida como alineación Estella-Elizondo (FEUILLEE et al., 1971). En el modelo propuesto por SOUQUET (1978), correspondería con la continuación meridional de la Falla de Bigorre y, por tanto, sería el límite entre el Pirineo vasco-bearnés y el Pirineo navarro-languedociense. Su existencia, además, ya ha sido puesta de manifiesto por otras técnicas geofísicas (GALDEANO et al., 1979 y 1980).

La Falla de Pamplona interseca con las demás alineaciones consideradas (fig. 2), quedando algunas limitadas por este accidente. Es más, la alineación 6, correspondiente a la Falla de Bilbao, que por otros datos (DEREGNAUCOURT et al., 1982) parece ser un accidente tardío, no sobrepasa la Falla de Pamplona. Sin embargo, otras alineaciones (2, 3 y 5) parecen continuarse a un lado y otro del accidente.

Las alineaciones de sismos 2 y 3, corresponden a los accidentes de Luhoso y la Falla de Aritxulegi (CAMPOS, 1979). La primera delimita el contacto sur del macizo gneísico de Lapurdi y la segunda, de marcado carácter dextroso, ha tenido un papel importante en la sedimentación cretácica superior de la Depresión Vera-Ainhoa.

La alineación 4 viene a corresponder con el cabalgamiento de Roncesvalles y aunque es paralelo a los dos anteriores, en superficie muestra un comportamiento bien diferente. Si bien la Falla de Aritxulegi, y probablemente la Falla de Lapurdi, muestran un funcionamiento dextroso, congruente con la sísmica (GAGNEPAIN-BEYNEIX et al., 1982),

De cualquier modo, es probable que pueda continuarse en profundidad por la alineación 5. Entre esta alineación y la costa se observa claramente un pasillo asísmico, en el cual podría localizarse en superficie la Falla norpirenaica, aquí denominada Falla de Leiza. Esta afirmación se basa en criterios como la alineación de aguas termales que ha sido recientemente estudiada (MARTINEZ-TORRES y MORALES, 1987), metamorfismo, esquistosidad, etc. Además, la alineación 5 viene a corresponder con una importante anomalía gravimétrica (DEL VALLE DE LERSUNDI, com. pers.) que bien pudiera corresponder con la Falla norpirenaica.

Este supuesto implica que la Falla de Pamplona ha actuado como desgarre sinextroso, lo que parece congruente con una compresión N-S. Sin embargo, la constatación de un funcionamiento dextroso en superficie (ZOLNAI, 1975; SCHOEFFLER, 1982; MARTINEZ-TORRES et al., 1987) para este accidente, plantea problemas de interpretación que se están resolviendo en la actualidad. Este comportamiento antagónico es explicable por un despegue diferencial de la cobertura y como tal lo explicaremos en un futuro trabajo.

La alineación 6 corresponde con la Falla de Bilbao que discurre desde la Ría de Bilbao, por el Duranguesado, hasta las proximidades de Alsasua,

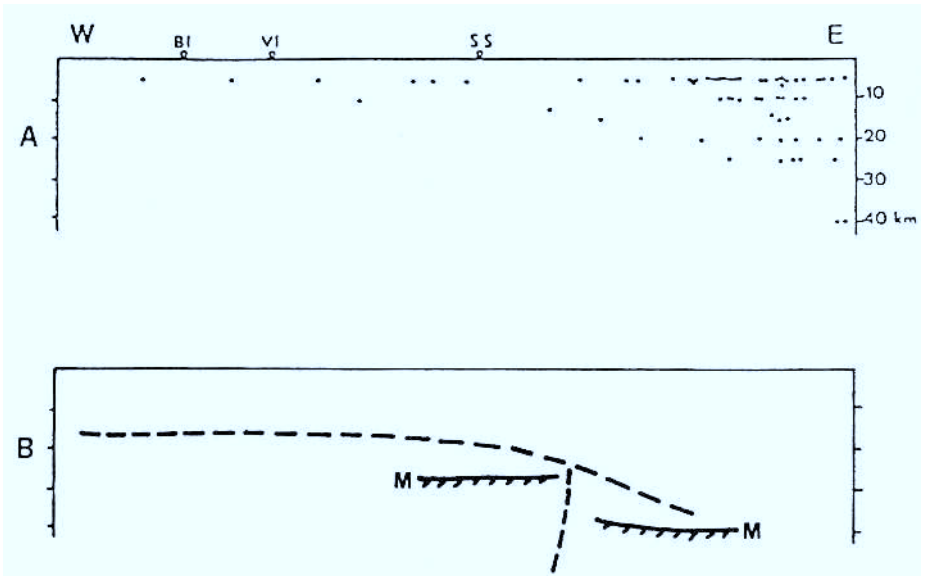


FIGURA 3: A. Proyección de los hipocentros de los sismos de la figura 1 en un plano vertical E-W. B. La línea discontinua horizontal marca la base de desaparición de los hipocentros. La línea discontinua vertical representaría la Falla de Pamplona. Las líneas con trazas indicadas con una M señalan la discontinuidad Moho según GALLART et al. (1981).

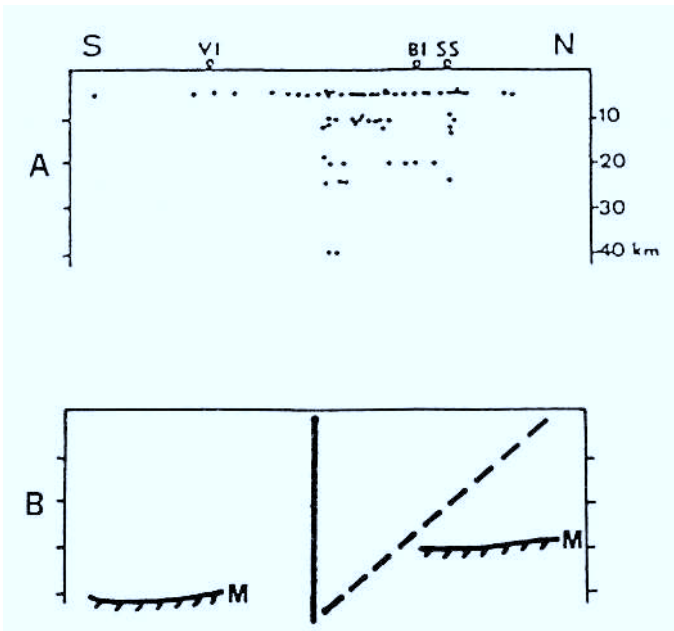


FIGURA 4: A. Proyección de los hipocentros de los sismos de la figura 1 en un plano vertical N-S. B. La línea vertical corresponde a la Falla norpirenaica. La línea buzante al S señala el límite del Frente norpirenaico. Las líneas con trazas indicadas con una M señalan la discontinuidad Moho según GALLART et al. (1981).

en el macizo de Aitzgorri. Esta terminación parece intersectar con la Falla de Hendaya, continuación meridional de la Falla de Ereñozu (CAMPOS, 1979). Sin embargo, respecto a este último accidente no disponemos todavía de suficientes datos. La continuación en el mar de la Falla de Bilbao se muestra como un accidente terciario de una importante componente dextrorsa que llega hasta el banco Le Danois (BOILLOT et al, 1974), e incluso afecta al fondo oceánico del Golfo de Vizcaya (DEREGNAUCOURT et al., 1982).

En líneas generales, las alineaciones deducidas de la disposición de epicentros, concuerdan bien con los grandes lineamientos deducidos para la Cuenca vasca a partir del análisis de imágenes de los satélites LANDSAT 4 y 5 (MARTINEZ-TORRES et al., 1987), así como con los accidentes deducidos a partir de la cartografía y observaciones de campo.

3. PROYECCION DE HIPOCENTROS

En el epígrafe anterior se han enumerado las alineaciones de sismos más evidentes en el Pirineo vasco, pudiéndose corroborar en superficie estos accidentes. Sin embargo, al proyectar en planos verticales los hipocentros inventariados, los cortes resultantes aportan una información adicional que intentaremos razonar.

El primer rasgo a resaltar en la proyección de los hipocentros de la figura 1 en un plano vertical E-W (fig. 3-A), es la alta concentración de sismos en su parte oriental, coincidente con la zona de Arette, debido a la reciente actividad sísmica en este área.

La línea de base de los hipocentros proyectados en el plano E-W (fig. 3-B), se dispone a grosso modo paralela a la discontinuidad Moho, obtenida por GALLART et al. (1981) para esta zona del Pirineo, quienes la sitúan a una profundidad de 40 km. al este de la Nappe des Marbres, siendo el espesor de corteza al oeste de esta zona de 30 km. Estos autores interpretan este salto como un posible límite de la zona axial pirenaica, similar al detectado en la terminación oriental de la cadena y, por tanto, correspondería con un límite de placas.

La proyección de los hipocentros en un plano vertical N-S, indica la existencia de un importante accidente vertical (fig. 4-A). Este accidente es perceptible en el plano N-S a partir de los numerosos sismos de la zona de Arette, en el borde derecho de la figura 1 y que, sin duda, corresponden con la Falla norpirenaica. Como ya se ha dicho, este accidente no parece tener continuidad en ninguna de las alineaciones de sismos citadas.

La evidente presencia de este accidente vertical no requiere comentario y, además, no dudamos en atribuirlo a la Falla norpirenaica. Debemos indicar, sin embargo, ciertos matices, ya que la actividad principal de este accidente fue como falla transcurrente sinextrosa hasta el Albiense (MARTINEZ-TORRES et al., 1987), no mostrando ninguna actividad tectónica posterior. Este dato es interesante, ya que como se ha comentado más arriba,

para otras alineaciones paralelas (2, 3 y 4) el comportamiento post-cretácico superior ha sido como accidente dextroso. Por otra parte, al menos en el sector correspondiente a la Cuenca vasca, la Falla norpirenaica está deformada en superficie por la tectónica terciaria alpina y, sin duda, no se corresponde en la vertical con el accidente deducido de la proyección de hipocentros (alineación 5). De cualquier modo, resulta evidente la relación del accidente vertical visible en la figura 4-B y la actual actividad de carácter dextroso de la Falla norpirenaica (GAGNEPAIN-BEYNEIX et al., 1982).

El otro rasgo a resaltar, en la proyección de hipocentros en un plano N-S, es la ausencia casi total de sismos al sur de este accidente, así como la superficialidad de estos, en contraposición a los numerosos sismos y su mayor profundidad al norte de la Falla norpirenaica.

La zona al norte de la Falla norpirenaica, conocida como Zona norpirenaica, está limitada septentrionalmente por una línea buzante 45° al sur (fig. 4-B) que en superficie se relaciona claramente con el Frente norpirenaico. De este modo, como puede observarse en la figura, queda delimitada la Zona norpirenaica en un triángulo rectángulo.

La proyección en un plano N-S de los hipocentros no presenta relación con las posiciones del Moho deducidas por GALLART et al. (1981) y representadas en la figura 4-B) al contrario que lo ocurrido en el plano de proyección E-W.

4. DISCUSION

Los datos hasta aquí señalados pueden ser parcialmente congruentes con algunas hipótesis propuestas para la estructura y génesis del Pirineo.

Uno de los modelos sugeridos para el Pirineo es la subducción (BOILLLOT, 1980-81). Una de las características de este mecanismo es la distribución de focos sísmicos, que en nuestro caso debiera ser visible en el plano N-S. Si comparamos la figura 4-B con modelos actuales de subducción, su parecido es relacionable, a no ser por su superficialidad. Sin embargo la ausencia de sismos profundos así como la ausencia de vulcanismo, dinamometamorfismo, etc., hace discutible este modelo.

Otro modelo genético para el Pirineo es el propuesto por GALLART et al. (1981), a partir de la confrontación en un accidente vertical (Falla norpirenaica) de dos litosferas de diferente grosor: la Placa europea menos profunda que la Placa ibérica. La discusión de este modelo a partir de los comentarios aquí realizados es aventurada. Sin embargo, debe reconocerse la existencia de ese accidente vertical profundo. Pero si admitimos que las placas ibérica y europea se enfrentan en el Albiense (MARTINEZ-TORRES et al., 1987), ¿qué disposición hubiera adoptado ese accidente vertical tras la intensa deformación terciaria?

5. CONCLUSION

De lo hasta aquí comentado puede abstraerse la posible similitud de los modelos de GALLART et al (1981), que propone una falla transformante y un choque posterior de placas con diferente espesor cortical; o bien, la validez de una zona de subducción propuesta por BOILLOT (1980-81).

Además, de las observaciones de campo realizadas, ambos modelos son parcialmente congruentes y creemos que una correcta asimilación y datación de los mecanismos propuestos podrían explicar las observaciones estructurales de superficie y los, por ahora, insuficientes datos sísmicos.

En cualquier caso, sí es comprobable la relación entre las alineaciones sísmicas y los accidentes observados o deducidos en superficie. Por otra parte, la reactivación actual de accidentes post-alpinos parece confirmar la existencia de un gran accidente cortical vertical que correspondería con la Falla norpirenaica y otros accidentes paralelos: Falla de Luhoso y Falla de Aritxulegi, con una clara componente dextrorsa.

De todos modos, los comentarios aquí realizados en base a la sismicidad resultan, por ahora, insuficientes, evidenciándose una falta de datos que corroboren o desmientan los modelos genéticos propuestos para el Pirineo, o que inspiren otros nuevos.

RESUMEN

A partir del catálogo de sismos publicado por el I.G.N. (1983), se comentan brevemente las alineaciones de epicentros y su coincidencia con lineamientos conocidos en el Pirineo vasco. Asimismo, se han realizado dos proyecciones en sendos planos verticales N-S y E-W, en los cuales se han representado los hipocentros con independencia de su intensidad o magnitud. De la discusión interpretativa se deduce para el corte E-W, un claro paralelismo de los sismos con la discontinuidad Moho; en el plano N-S se observa un accidente vertical presumiblemente correspondiente a la Falla norpirenaica, que limita un triángulo rectángulo coincidente con la Zona norpirenaica.

BIBLIOGRAFIA

- BOILLOT, G.; DUPEUBLE, P.A.; HENNEQUIN-MARCHAND, I.; LAMBOY, M.; LEPETRE, J.P. et MUSELLEC, P. (1974). «Le role des décrochements tardi-hercyniens dans l'évolution structural de la marge continentale et dans la localisation des grands canyons sous-marins a l'ouest et au nord de la Peninsula iberique». *Rev. de Géog. Phys. et de Géol. Dyn.*, XVI-I, (75-86).
- BOILLOT, G. (1980-81). «De la subduction à la collision: l'exemple des Pyrénées». *Bull. du B.R.G.M.*, I, 2, (93-101).
- CAMPOS, J. (1979). «Estudio geológico del Pirineo vasco al W del río Bidasoa». *Munibe. Soc. de Ciencias Aranzadi, San Sebastián*, 31, 1-2, (3-139).
- DAIGNIERES, M. (1978). «Géophysique et faille nord-pyrénéene». *B.S.G.F.*, 7, XX, 5, (677-680).
- DEREGNAUCOURT, D. y BOILLOT, G. (1982). «Structure géologique du Golfe de Gascogne». *Bull. du B.R.G.M.*, 2, I, 3, (149-178).
- FEUILLE, P. y RAT, P. (1971). «Structures et paléogéographie pyrénéo-cantabriques». In *Hist. Str. du Golfe de Gascogne*, Ed. Technip, Paris, (V.I.-1-V.I-48).
- GAGNEPAIN-BEYNEIX, J.; HAESSLER, H. y MODIANO, T. (1982). «The Pyrenean earthquake of February 29, 1980: an example of complex faulting». *Tectonophysics*, 85, (273-290).
- GALDEANO, A.; MENVIELLE, M.; MERINO, J.; ROSSIGNOL, J. C. y TESSIER, C. (1979). Sur l'existence d'une anomalie des variations géomagnétiques dans les Pyrénées occidentales». *B.S.G.F.*, 7, XXI, 4, (475-484).
- GALDEANO, A.; MENVIELLE, M.; MERINO, J.; ROSSIGNOL, J. C. y TESSIER, C. (1979). Sur l'existence d'accidents transversaux á la chaîne pyrénéene: apports des sondages géomagnétiques profonds dans le Pays Basque». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 290, (227-230).

- GALLART, J.; BANDA, E. y DAIGNIERES, M. (1981). «Crustal structure of the Paleozoic Axial Zone of the Pyrenees and transition to the North Pyrenean Zone». *Ann. Geophys.*, 35, 3, (457-480).
- HAESSLER, H.; HOANG TRONG, P. y WITTLINGER, G. (1978). «Microsismicité et tectonique: quelques résultats concernant la région d'Arette (Pyrénées Atlantiques)». *C. R. Acad. Sc. Paris*, 286, (1.285-1.288).
- MARTINEZ-TORRES, L. M.; RAMON-LLUCH, R. y EGUILUZ, L. (1987) «Aplicaciones de la teledetección. Análisis de fotolíneas en la Cuenca vasca». Sin publicar.
- MARTINEZ-TORRES, L. M. y MORALES, T. (1987). «Contribución del inventario de puntos de agua termales, sulfurosos y de contenido salino elevado al conocimiento de la tectónica de la Comunidad Autónoma Vasca». In litt.
- MEZCUA, J. y MARTINEZ-SOLARRES, J. M. (1983). «Sismicidad del área ibero-mogrebí». Instituto Geográfico Nacional, Publ. n.º 203.
- SCHOEFFLER, J. (1982). «Les transversaux basco-landaises». *Bull. Centre Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 6, 1, (257-263).
- SOUQUET, P. (1978). «Présentation d'une nouvelle esquisse structurale de la chaîne alpine des Pyrénées». *B.S.G.F.*, 7, XX, 5, (711-712).
- ZOLNAI, G. (1975). «Sur l'existence d'un réseau de failles de décrochement dans l'avant-pays nord des Pyrénées occidentales». *Rev. de Géog. Phys. et de Géol. Dyn.*, 2, XVII, 3, (219-238).