

TÉRMINOS GEOGRAFICOS Y MODELOS

Montserrat Domingo i Morató (1)

RESUMEN

Mediante este artículo se pretende incitar a los docentes en ciencias de la tierra a plantearse la importancia de la migración de los bordes de placa y la persistencia de los puntos calientes en la caracterización, interpretación y designación tradicional de algunas unidades de relieve. Todo ello a partir de un modelo guía sencillo, del cual se citan algunas de las propuestas más modernas. Y la reflexión se aplica a un ejemplo local de caracterización y denominación tradicionalmente mal resuelta.

ABSTRACT

This article tries to encourage teachers in the Earth Sciences to take an interest in the importance of the plate borders migration and the persistence of hot spots in the relief units characterisation, interpretation and naming. This is done using an easy model guide, for which some of the more modern references are cited. Our thoughts are then applied to a local example in which denomination have not been traditionally well-solved.

INTRODUCCION

El fundamento conceptual sobre el que aquí se pretende incidir es el de la relación entre unidades de relieve, migración de bordes de placa y puntos calientes, tanto para facilitar la lectura de la prensa de divulgación en ciencias de la tierra como para comprender en qué medida las propuestas más modernas divulgadas afectan a la idea que tenemos de nuestros accidentes locales o regionales.

En las páginas científicas de algunos rotativos aparecen a veces artículos de divulgación de ciencias de la tierra de difícil lectura para los legos. A los docentes tal lectura se nos puede hacer inteligible cuando nuestros esquemas básicos de interpretación están claros; de lo contrario, también nos perdemos. Un ejemplo de esta dificultad de lectura, dificultad que sentimos aun siendo geólogos, lo constituye una reciente información sobre el Hoggar sahariano (*La Vanguardia*, 26-2-94), en la que se da cuenta de una anomalía gravimétrica en una litosfera continental poco densa y relativamente fría, cuyo levantamiento, que ha

situado el relieve superficial a unos 2000 metros de altitud media, se considera relacionado con un punto caliente, presumiblemente no tan caliente. La comprensión del mensaje del artículo sólo es posible si se tiene una idea clara sobre la importancia para el relieve continental de los puntos calientes intraplaca y si a la vez se ha tenido la oportunidad de conocer alguna de las propuestas más actuales sobre puntos más calientes y menos calientes -la última de ellas de Bonatti (1994), con la posible diferenciación entre los tipos húmedo y seco de punto caliente.

Los conceptos involucrados en el relieve del Hoggar sahariano están conectados con los implicados en la última propuesta de Wilson, lo que podemos llamar su testamento científico, del que se hacía un extracto en Domingo (1993). Wilson, que en 1968 ya adjudicó un buen número de accidentes de relieve a bordes de placa concretos, en 1990 llamaba la atención sobre el hecho de que la teoría de la tectónica de placas, que incluye la consideración de las plumas de manto, debería inducir a percatarnos de que tanto los bordes de placa como las intersecciones entre bordes diferentes migran con el tiempo y, por consiguiente, los accidentes del relieve en los continentes también migran. La apertura de una dorsal nueva suele concebirse como resultado de la fusión de litosfera por elevada temperatura en el manto superior subyacente, lo que llamamos un punto caliente, como los continentales del rift de Africa Oriental o los oceánicos de Islandia, las Azores y, en otro sentido, las Hawaii. El cierre de una dorsal o su desactivación tiene una de sus expresiones en lo que llamamos brazos abortados de una unión triple. Pero puede haber otras manifestaciones diferentes. Porque ¿qué ocurre si un proceso de subducción provoca la modificación del emplazamiento del punto caliente con su dorsal e incluso llega a determinar que ésta quede sellada por litosfera continental?

Las interpretaciones de muchos investigadores sobre la subducción de la dorsal del Pacífico Oriental bajo litosfera continental norteamericana les llevan a concluir que el parque termal de Yellowstone y la caldera de Valles pueden explicarse como consecuencia de la persistencia de un punto caliente, persistencia quizás resultante del hecho de haber quedado sellada la dorsal. Este

(1) Departamento de Geografía, Universidad Autónoma de Barcelona

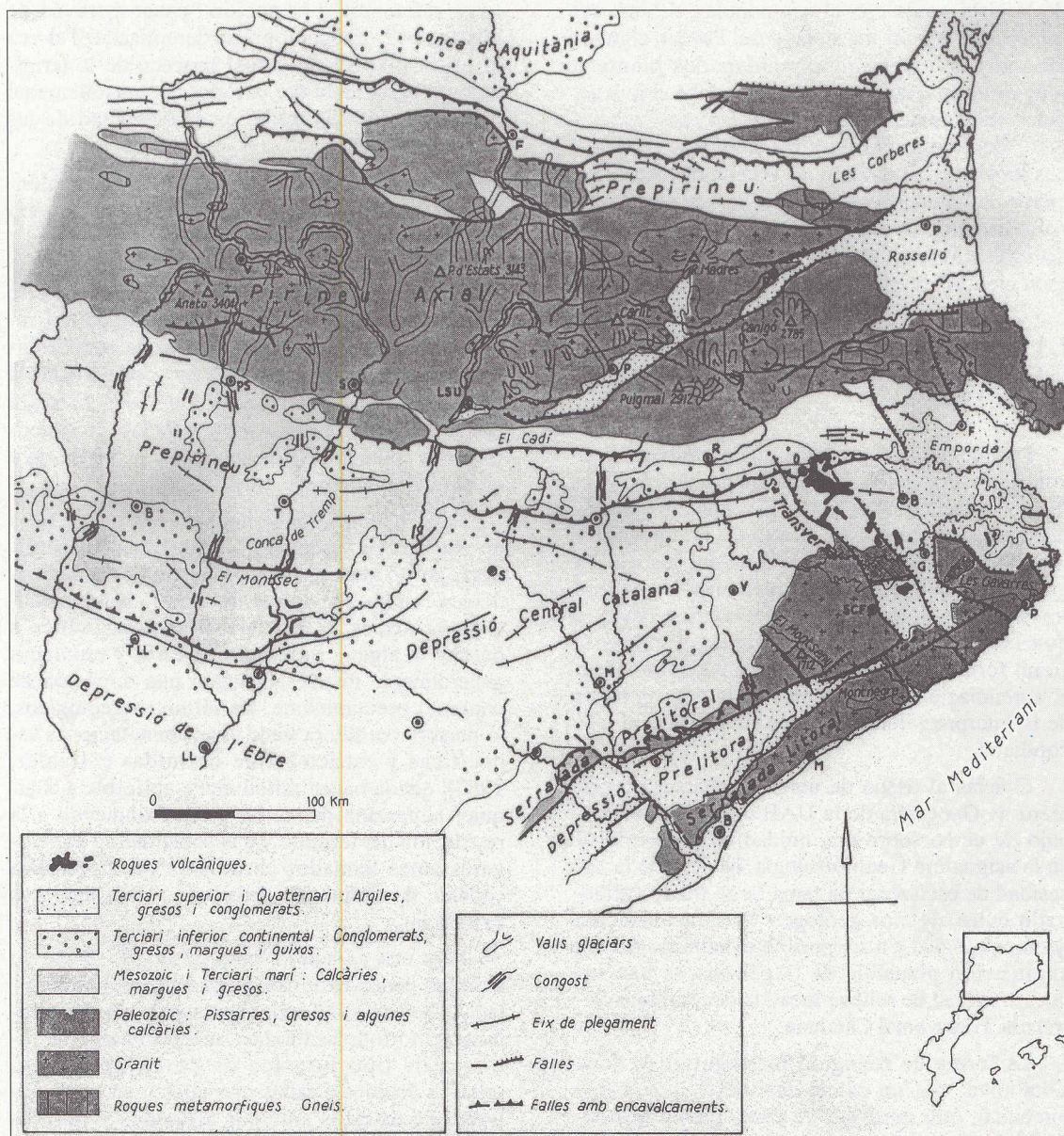


Figura 1. La "Serralada Transversal", conjunto de bloques fallados por tensión en el punto de encuentro del Pirineo, la Depresión del Ebro y las Cadenas Costeras. El volcanismo en el bloque hundido de Olot es muy reciente; las erupciones últimas tienen sólo unos 11.000 años. (Reproducido de fig.5 de *Geografía Física dels Països Catalans*, de Riba et al., 1976)

emplazamiento del punto caliente bajo el continente explicaría de una parte la delgadez de la litosfera por la fusión parcial de su base y, de otra, el levantamiento y cuarteamiento de litosfera por tensión en bloques fallados, uno de los cuales sería, por ejemplo, la elevada meseta de Colorado; de ahí el fascinante encajamiento del Gran Cañón.

Teniendo en mente esta sugestiva invitación de Wilson a repensar la geografía actual surgen preguntas. ¿Cómo encajan algunos accidentes del planeta de entre los no utilizados tradicionalmente como arquetipos? ¿Cómo encajan nuestros propios accidentes locales en un modelo de placas y plumas de manto? ¿Dónde está la información para resolver nuestras dudas? ¿Podemos sintetizar el cúmulo de datos de los especialistas en un esquema relativamente sencillo y fácilmente divulgable

a nuestros alumnos? ¿Podemos conseguir ahorrarnos suministrar muchas informaciones de detalle para dar explicaciones globalizadoras, sin perderlos en un sinfín de informaciones parciales?.

Vistas las cosas desde otro ángulo, además, incluso los nombres que tradicionalmente se han atribuido a los accidentes pueden servir de punto de partida y pretexto para una reflexión sobre la caracterización de éstos, para cuestionarnos la idoneidad terminológica con que son designados y tal vez para lanzar una propuesta de reformulación. Aunque el peso de las herencias en las denominaciones tradicionales de nuestras unidades de relieve no sea fácil de sacudir -y tal vez ello no sea importante para una cultura general del promedio de la población-, para quienes impartimos docencia en ciencias de la tierra, aun hacien-

do la vista gorda con el uso popular, debería ser importante aclarar nuestras ideas. Porque algunos alumnos entusiasmados y avispidos plantean preguntas interesantes. A nosotros nos conviene, por consiguiente, hacernos primero esas preguntas. ¿Cómo encajan nuestros nombres geográficos locales en el modelo de Wilson de apertura y cierre de cuencas oceánicas y en los postulados complementarios del modelo que siguen surgiendo continuamente? Los nombres que reciben ¿son científicamente los más adecuados?

LA SERRALADA TRANSVERSAL CATALANA ¿ES TRANSVERSAL Y ES CORDILLERA?

Lo que aquí se pretende no es tanto explicar con pelos y señales un accidente concreto, sino llamar la atención sobre la conveniencia para los docentes de plantearnos el reto de preguntarnos sobre los accidentes geográficos del planeta en general y sobre los del territorio en el que impartimos docencia en particular, lo que podríamos llamar nuestros propios accidentes, como forma de interesar mejor a los alumnos en el aprendizaje de las ciencias de la tierra a partir de la interpretación de lo más conocido o lo más cotidiano.

Gracias al deseo de unos estudiantes de primero de Geografía de la UAB de realizar un trabajo de curso sobre una unidad de relieve local en la asignatura Geomorfología, ha surgido la necesidad de esclarecer un tema largo tiempo arrasado entre algunos geólogos: la caracterización geomorfológica y a ser posible el hallazgo de una explicación plausible de la génesis de una supuesta unidad de relieve local, la denominada Serralada Transversal Catalana.

La forma de triángulo rectángulo que tiene Catalunya, con un cateto este-oeste montañoso pirenaico, otro norte-sur de curso fluvial descendente desde las altas montañas hacia la depresión del Ebro, y la hipotenusa noreste-suroeste, costera y paralela a un sistema de bloques hundidos y levantados, junto con la evolución del uso del suelo a lo largo de la historia humana, ha facilitado una clasificación geográfica del territorio en las unidades clásicamente denominadas Pirineos, Depresión Central Catalana y Sistema Mediterráneo. Las vías de comunicación han discurrido desde por lo menos los tiempos romanos por los corredores fluviales i/o tectónicos generalmente deprimidos entre zonas más elevadas. Los geógrafos distinguen además desde siempre una "Serralada Transversal" y el MOPU está construyendo una importante ampliación de la red viaria catalana a la que desde sus inicios se dio en llamar "Eje Transversal".

El calificativo "transversal" puede haberse empleado para hacer referencia a dos conceptos diferentes; por una parte, en el caso del eje viario evoca algo secundario perpendicular a algo principal, como la Nacional II; por otra parte, quizás

haga referencia a la noción "pasar a través de obstáculos" en una orografía complicada. Tal vez el calificativo viario actual procede de la terminología geográfica del pasado, que posiblemente tenga también sus raíces en la dificultad de las comunicaciones.

Ya hace mucho que los geólogos en Catalunya han resaltado las reservas con las que debería ser tratada la expresión "Serralada Transversal", que algunos reconvirtieron a "Sistema Transversal Català" (Solé Sabarís, 1958; Riba et al., 1976; Miró y Domingo, 1986). Lo accidentado del relieve en este territorio (que a partir de aquí designaremos abreviadamente ST) no obedece tanto a una alineación de sierras sino a un cajón de sastrerías donde coinciden formas muy variadas, procedentes de la coincidencia de productos de procesos y de unidades de relieve muy diferentes.

Pero, además, las connotaciones geográficas del sustantivo "serralada", traducible por cordillera, por lo general tampoco siempre son coincidentes con las geológicas. En términos meramente geográficos, la palabra cordillera induce a pensar en alguna sucesión de sierras y montañas generalmente dispuestas según una dirección de conjunto predominante. En términos geológicos, la palabra cordillera tiene unas connotaciones específicas y estrictamente definidas (Strahler, 1987), que la hacen difícilmente aplicable a cualquier alineación de sierras y han conducido a la restricción del término y a la substitución para lugares antes llamados cordilleras por la palabra cadena, de definición más laxa y con menores exigencias.

Para una caracterización de la ST. desde un enfoque geomorfológico tropezamos con dificultades. Hay en ella formas propias de diversos dominios morfoestructurales: relieves en cuesta, relieves de tipo jurásico de cordillera joven, relieves debidos a fallas normales y en tijera, relieves de macizos antiguos arrasados y relieves volcánicos muy modernos sobrepuestos. Ello se debe a que la ST está integrada por:

- bloques fallados y levantados de sedimentos marinos terciarios subhorizontales de la Depresión del Ebro
- pliegues anticlinales y sinclinales del Prepirineo
- rocas ígneas y metamórficas primarias en bloques levantados del Sistema Mediterráneo
- edificios volcánicos cuaternarios en la bóveda hundida, a modo de rift continental, en el centro del Sistema Mediterráneo y algunos de estos ingredientes limitando con la depresión tectónica pirenaica costera de l'Empordà.

Ni la disposición espacial de los componentes corresponde a una línea clara de orientación ni los procesos que generaron cada parte son coincidentes ni están interconectados, ni los momentos en que tuvieron lugar dichos procesos se pue-

den agrupar en un único lapso de tiempo geológicamente significativo.

Los bloques ígneos y metamórficos primarios de la ST parece que se individualizaron por fallas de salto horizontal con la compresión herciniana y jugaron a continuación en salto vertical, manteniéndose emergidos desde fines de la era primaria.

Los pliegues pirenaicos se desarrollaron en el terciario inferior y medio.

Las fallas que alzaron los bloques de la Depresión del Ebro parecen haberse originado después de la mayor deformación pirenaica.

Las fallas que generaron la individualización en bloques elevados y hundidos del Sistema Mediterráneo y de la depresión de l'Empordà datan del Mioceno y se mantienen activas (Julivert *et al.* 1977). En la intersección de diversas fallas de este sistema han hecho erupción durante el cuaternario productos volcánicos superpuestos a los sedimentos terciarios deformados.

Así pues, algunos geólogos consideramos artificial y forzada la atribución de todos estos ingredientes a un todo coherente; nos parece que no se puede hablar con rigor de ST y tratamos de hallar una expresión sustitutiva, si acaso ello vale la pena.

Para buscar una expresión sustitutiva hay que plantearse primero si ello merece la pena. La expresión está enraizada en los libros de texto escolares y en las monografías de divulgación. Ha tomado tal carta de naturaleza que seguramente son pocos los enseñantes que al iniciar a los escolares en el medio físico de Catalunya no incluyen automáticamente esta ST como unidad de pleno derecho en su primera lección. Pero ¿cómo caracterizar cada una de estas unidades?.

Si la respuesta es bastante clara para el Sistema Mediterráneo y los Pirineos, ya no lo parece tanto para la Depresión del Ebro -y como parte de ella la Depresión Central Catalana- y mucho menos lo parece para esta amalgama de accidentes que es la ST.

¿Acaso tienen en común algo todos esos accidentes de la ST para tratar de buscarles una explicación compartida? Para encontrar alguna respuesta tal vez sea útil considerar de qué manera se han generado las unidades de relieve locales.

GENESIS DE LAS UNIDADES

La sutura pirenaica entre la subplaca ibérica y la placa euroasiática se explica por la subducción aproximadamente meridiana de la primera, bajo la segunda. Las cadenas costeras pueden explicarse por la contracción de la subplaca ibérica en la zona de litosfera reducida por la expansión del Mesozoico. Parece que se abrió una dorsal entre lo que hoy son las Baleares, Córcega e Italia y parece que esta dorsal duró muy poco. (Mauffret *et al.*, 1978; Gran Enciclopèdia Catalana, 1986).

¿Qué le pasó al punto caliente que generó la dorsal? ¿se extinguió sin más, sin dejar rastro, sin dar coletazos? Bien podría ser. Pero también podría haberse producido un cambio de su posición o un relevo de puntos de flujo de manto, esquivando los grosores mayores de litosfera continental y buscando salida por líneas de debilidad. La emersión que experimentó la cuenca occidental del Mediterráneo al principio del Terciario Mauffret *et al.* (1978) la atribuyen a una "hinchazón" térmica del manto.

LA MIGRACION DEL VOLCANISMO POSTOROGENICO

Los afloramientos de rocas volcánicas postoligocénicas y precuaternarias en el actual territorio de Catalunya son discontinuos, ocupan una extensión sumamente reducida y tienen una composición química que aparentemente induce a pensar que se hacen más básicas cuanto más modernas. Los afloramientos cuaternarios son mucho más extensos, ocupan la llamada región volcánica de Olot, caracterizada por el predominio de materiales de tipo basáltico o basanítico. Considerado en conjunto todo el volcanismo neógeno local, tanto la edad como la variación en la composición química como el carácter aparentemente itinerante de la erupción indican o bien un relevo de encendido y apagado o, lo que parece más verosímil, un desplazamiento del proceso de erupción por movimiento, bien sea de la litosfera por encima del foco de calor o bien del foco de calor por debajo de la litosfera o ambas cosas a la vez. ¿Cabe relacionar la aparente migración de los focos volcánicos y la progresiva basificación de sus productos? y ¿se puede encontrar algún nexo entre la oclusión de una antigua dorsal mediterránea y el paseo por debajo de Catalunya de un foco de volcanismo?.

El volcanismo de Olot se enmarca dentro de una fracturación litosférica que supuestamente se habría iniciado en el Rin y se habría extendido hacia el sur, hasta abarcar todo el levante peninsular. Pero acudiendo a la bibliografía geológica sobre las Baleares (Pomar, 1989) resulta sugestivo el dato del momento en que se inicia allí la fracturación de tensión, durante el Oligoceno, en comparación con el momento de inicio de la fracturación en el levante peninsular, el Mioceno en Catalunya. Los datos sobre grosor y características de la corteza en el levante peninsular indican un adelgazamiento (Gran Enciclopèdia Catalana, 1986).

¿UNA PLUMA DE MANTO EN JUEGO?

La altura de un millar de metros que alcanzan sedimentos marinos subhorizontales apenas deformados, depositados después de la fase de máxima compresión alpina en la parte oriental de la Depresión del Ebro (en el extremo de la llamada Depresión Central Catalana), se explica difícilmente considerando sólo esfuerzos de compresión.

Ante esta situación cabe preguntarse si el punto caliente que generó la efímera dorsal mediterránea que se cerró enseguida por subducción no habría quedado recubierto por litosfera continental, balear primero, después por la de la cuenca más occidental mediterránea, y más tarde por la litosfera del levante peninsular. ¿Sería la permanencia de una pluma de manto la causa del traslado aparente de la fracturación por tensión desde las Baleares durante el Oligoceno y hacia el levante peninsular más tarde? y, con el consiguiente abovedamiento que conlleva el ascenso de una pluma de manto ¿se podría explicar el considerable levantamiento subhorizontal del terciario antiguo apenas deformado?.

Esta es una sugerencia todavía por contrastar en detalle con los numerosos datos geofísicos existentes. Tal vez no sea cierta. Pero si lo fuera, sería mucho más fácil explicar el esquema de la génesis de la S.T. que la retahíla de transgresiones y regresiones con las que a menudo solemos embarullarnos a nivel de detalle, barullo que nos dificulta la transmisión a los alumnos de lo que es más globalizador y fundamental. Sin duda, sin detalles de los estratígrafos, paleontólogos, sedimentólogos y otros investigadores nunca podríamos llegar a las síntesis, pero para la docencia a un nivel menos especializado lo que mejor nos sirve son las síntesis referidas a modelos, eso los alumnos lo entienden y lo agradecen.

CONCLUSION

En resumen, posiblemente habría que decir a los alumnos que la Serralada Transversal Catalana no existe, que lo que existe son otras cosas, algo tan sencillo y fácil de esquematizar como la migración aparente de un punto caliente y su acción actual bajo un lugar de la litosfera continental donde coinciden la Depresión del Ebro, el Pirineo y el Sistema Mediterráneo, todo abovedado y fragmentado en bloques por el hecho de encontrarse bajo el conjunto de condiciones que caracterizan la fase primera del ciclo de Wilson (Domingo, 1992, a partir de datos de Julivert *et al.*, 1977; Anadón *et al.*, 1979; Avaro *et al.*, 1979; Gaibar-Puertas, 1979).

Posiblemente la esquematización induzca a incurrir en errores de simplificación, pero los grandes modelos tienen la virtud de servir de guías interpretativas generales que aclaran las ideas esenciales, primero las nuestras y después las de los alumnos. Para un nivel no universitario e incluso de primer ciclo de universidad, posiblemente el relleno de los detalles puede dejarse para un segundo tiempo, si acaso llegan a surgir los deseos de los alumnos cuyo interés hayamos sido capaces de despertar con las grandes líneas maestras, y no al revés. A nosotros, como docentes,

las lagunas nos las pueden rellenar nuestros compañeros especialistas, pero la cuestión es plantearnos la utilidad de los modelos, arriesgarnos a imaginar alguno, tropezarnos con lagunas, identificar las más significativas para el modelo e, interesándonos suficientemente en los conceptos en juego, hacer las preguntas pertinentes a quien corresponda y ratificar o cuestionar la tradición.

NOTA: La autora agradece a D. Andrés Pócovi, la lectura y aportaciones al manuscrito, pero los errores inadvertidos, le corresponden, sin embargo, sólo a ella.

BIBLIOGRAFIA

- Anadón, P.; Colombo, F.; Esteban, M.; Marzo, M.; Robles, S.; Santanch, P. i Solé Sugranyes, Ll.(1979) Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, 14, 242-270.
- Alvaro, M.; Capote, R. y Vegas, R. (1979) Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, 14, 172-177
- Bonatti, E.(1994) The Earth's Mantle below the Oceans, *Scientific American*, v.270, 3, 44-51
- Domingo i Morató, M. (1992). Aplicació del model de Wilson a Catalunya. *Actes del III Simposi sobre l'Ensenyament de les Ciències Naturals*. Girona. Eumo.
- Domingo i Morató, M.(1993). B.La última proposta de Wilson, en Homenaje a J.Tuzo Wilson, *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1, 2, 85-86
- Gaibar-Puertas, C.(1979). Actividad sísmica de Cataluña durante los últimos 70 años: 1907-1976. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, T.14, 178-184
- Gran Enciclopedia Catalana, (1986) *Història Natural dels Països Catalans, Geologia (I)*, v.1, Barcelona
- Julivert, M.; Fontboté, J.M.; Riveiro, A. y Conde, L. (1977) , *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*, Esc. 1:1000000, IGME, Madrid
- Mauffret, A.; Montadert, L. y Lavergne, M. (1978). Geological and Geophysical setting of D.S.D.P. site 372 (western Mediterranean) in Hsü, K.J., Montardet, L. et al. (1980). *Init. Repp. D.S.D.;P Washington (U.S.Gov.Pr. Of.)* 42 (1), 889-896
- Miró, M. de y Domingo, M. (1986) *El medi natural: Rel·leu*, Col.Coneguem Catalunya, Els llibres de la frontera, Barcelona
- Pomar, L.(1979) La evolución tectonosedimentaria de las Baleares: Análisis crítico, *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, T.14, 293-310
- Riba, O.; Bolós, O.; Panareda, J.M.; Nuet, J. y Gosálbez, J.(1976). *Geografía Física dels Països Catalans*, Ketres, Barcelona
- Serra-Raventós, J., Maldonado, A. Y Riba, O.(1979) Caracterización del margen continental de Cataluña y Baleares. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, T.14, 494-504
- Solé Sabarís, Ll.(1958), *Geografía de Catalunya*, vol.1, Aedos, Barcelona
- Strahler, A.N. (1987). *Geología Física*, Omega, Barcelona
- Wilson, J.T.(1968). Révolution dans les Sciences de la Terre. *Vie et Milieu*, XIX,2-B, 395-424
- Wilson, J.T.(1990) Continental drift and a theory of convection, *Terra Nova*, vol.2, 6, 519-538. ■