Consecuencias de la migración lateral de una cuenca de drenaje (*Homoclinal shifting*) en la formación de la cuenca erosiva de la Plana de Vic. NE de la Cuenca del Ebro

Homoclinal shifting in La Plana de Vic drainage basin. Ebro Basin eastern margin

F. Xavier Castelltort Aiguabella[1], Josep Carles Balasch Solanes[1], Jordi Cirés Fortuny[2] y Ferran Colombo Piñol[3]

[1] Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida. xavier.castelltort@gmail.com, cbalasch@macs.udl.cat

[2] Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Parc de Montjuic, Barcelona. jordi.cires@icgc.cat

[3] Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Ciències de la Terra, Universitat de Barcelona. colombo@ub.edu

ABSTRACT

An homoclinal shifting process that affected the Paleogene series of Les Guilleries and Collsacabra massifs in NE of Ebro basin is analyzed. This process was initiated by the reactivation of the Amer Fault. A anaclinal stream incised on the fault scarp accessing the least resistant paleogene units. The result was the formation of strike valleys. The most important is La Plana de Vic. It has been reconstructed the route of the headward erosion of the anaclinal stream through remnants of ancient strike streams flowing into the basin sink, and its cataclinal tributaries draining the cuesta. During the homoclinal shifting three incisions on a large anticlinal structure in the north (Bellmunt Anticline) and the incision on the Montseny massif in the south were made. The last of the incisions into the Bellmunt Anticline reached by headward erosion an older longitudinal drainage network with the headwaters in the axial Pyrenees. The result of the homoclinal shifting process was the capture of older drainage basins and the formation of the current drainage basin of river Ter.

Key-words: *Drainage networks, Homoclinal shifting, Ter River, Plana de Vic, Quaternary.*

RESUMEN

Se analiza un proceso de migración lateral de una red de drenaje formada sobre materiales paleógenos de los macizos de Les Guilleries y Collsacabra en el NE de la Cuenca del Ebro. El proceso se inició por la reactivación de la Falla de Amer. Un curso anaclinal incidió sobre su escarpe de falla alcanzando las unidades menos resistentes de la serie. El resultado fue la formación de valles de dirección. El más importante, y con mayor migración lateral es la Plana de Vic. Se ha reconstruido el trazado remontante del curso anaclinal gracias a los restos de antiguos cursos de dirección que drenaban hacia el sumidero, y de sus tributarios cataclinales sobre la cuesta formada. Durante la migración lateral se produjeron tres incisiones en una gran estructura anticlinal por el N (Anticlinal de Bellmunt) y el macizo del Montseny por el S. La última de las incisiones al anticlinal alcanzó por erosión remontante una red de drenaje más antigua longitudinal al eje pirenaico con la cabecera en el Pirineo axial. El resultado final del proceso fue la captura de tramos de drenaje más antiguos y la formación de la actual cuenca de drenaje del río Ter.

Palabras clave: *Redes de drenaje, Migración lateral, Río Ter, Plana de Vic, Cuaternario.*

Geogaceta, 61 (2017), 55-58
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 15 de julio de 2016
Revisión: 3 de noviembre de 2016
Aceptación: 25 de noviembre 2016

Introduction

La Plana de Vic es una de las cuencas erosivas desarrolladas en el contacto entre la Cuenca del Ebro (CE) y las Cordilleras Costeras Catalanas (CCC). Durante todo el siglo XX se discutió sobre el trazado del curso del río principal que la drena, el río Ter. Por un lado, inicialmente algunos autores consideraron que había indicios para pensar que el Ter había fluido en sentido S, a través del valle del río Congost, hacia la depresión del Vallès, y que en algún momento un curso remontante, procedente del E, lo había capturado y redirigido hacia su curso actual (Vidal, 1900; Almera, 1906; Chevalier, 1928). Posteriormente, otros autores estimaron que el Ter siempre había mantenido su curso actual y que se debía descartar cualquier posibilidad de captura y redirección hacia el E por falta de terrazas en la zona de su posible recorrido hacia el S (Panzer, 1933; Solé Sabarís, 1958; Llobet y Gómez Ortiz, 1985). El objeto de discusión siempre fue el curso del río Ter y en ningún momento se discutió sobre la idoneidad de un proceso de epigenia en la formación de la cuenca sobre la que fluía el Ter.

Los materiales paleógenos del borde NE de la CE presentan una disposición monoclinal con alternancias de unidades más y menos resistentes a la erosión. La erosión remontante y diferencial sobre estas sucesiones se tradujo en la formación de valles de dirección o subsecuentes (*strike valleys*). Debido a la posición topográfica de arranque de los primeros cursos remontantes los primeros valles de dirección formados se encuentran en posiciones topográficas elevadas, por lo que

en la mayoría de los casos han sido parcialmente desmantelados. Los valles de dirección han evolucionado por la migración lateral del curso principal sobre una unidad más resistente (*homoclinal shifting)*

La zona de estudio de este trabajo comprende la cuenca erosiva de la Plana de Vic desde el Anticlinal de Bellmunt al N hasta la cabecera del río Congost incluida al S; por el E los macizos de Collsacabra y Les Guilleries hasta la Falla de Amer.

Marco geológico

En el contacto NE entre la CE y las CCC la situación de borde de cuenca, y en general, su relación con una tectónica compresiva dieron como resultado la sucesión de unidades litoestratigráficas muy diversas (Anadón *et al.*, 1979-1982).

Las unidades litoestratigráficas menos resistentes y que han favorecido la formación de valles de dirección por el encajamiento de un curso fluvial son de base a techo la Fm Mediona, la Fm Vilanova de Sau, la Fm Margas de Coll de Malla, los Mbs de la Fm Margas de Vic y las Fms Puigsacalm Inferior y Media (Castelltort *et al.*, 2016a).

Estructuralmente cabe destacar la familia de fallas normales de zócalo de orientación NW-SE que también afectan a la cobertera paleógena. Estas fallas juegan un papel fundamental en el desarrollo del relieve diferencial de la zona. Con una actividad intermitente a lo largo del tiempo dieron lugar a la formación de una semifosa al E de la Falla de Amer durante una reactivación neógena, y a la delimitación de las sierras Transversales en el bloque superior (Saula *et al.*, 1994). Por otro lado, limitando la cuenca erosiva de la Plana de Vic por el N, aflora el Anticlinal de Bellmunt, una de las grandes estructuras de plegamiento sudpirenaico (Barnolas *et al.*, 1983).

Migración lateral de redes de drenaje *(Homoclinal shifting)*

Conceptualmente, el encajamiento de valles de dirección en series homoclinales pone al descubierto capas infrayacentes más resistentes que forman la cuesta que drena uno de los márgenes del valle asimétrico (Ward, 2004). El curso fluvial de dirección puede alcanzar la capa poco resistente por antecedencia o por erosión remontante a través de la capa más resistente, como es el caso de la Plana de Vic. Si el alcance del término menos resistente se hace por una captura remontante todo el vaciado de la carga líquida y sólida se realiza por un único punto, pudiéndose aplicar el Modelo del Sumidero (Castelltort *et al.*, 2016b).

Según este modelo, la disposición de la red de drenaje establecida sobre un valle de dirección formado por erosión remontante es radial respecto al sumidero. La red de drenaje se puede jerarquizar en tres subsistemas. Un subsistema que se desarrolla a favor de la dirección de capa en ambos flancos del sumidero y que se extiende rápidamente según la extensión lateral de la unidad en que se encaja. Este subsistema recoge por un margen todo el subsistema de drenaje cataclinal que se va formando sobre la cuesta durante la migración lateral. Por el margen contrario, el subsistema de dirección recoge el drenaje del subsistema anaclinal, establecido sobre el frente de cuesta posterior. La migración lateral del subsistema de dirección va dejando rastro de las sucesivas localizaciones del sumidero en la zona de incisión sobre la unidad más resistente. El seguimiento de las posiciones del sumidero y de sus subsistemas de drenaje tributarios permite establecer una cronología relativa de todo el proceso de *homoclinal shifting*.

Resultados y discusión de la migración lateral *(homoclinal shifting)* en la Plana de Vic

La formación de un sistema de semifosas a partir de la Falla de Amer y la delimitación de las sierras Transversales en su bloque superior facilitó el desarrollo de una red de drenaje anaclinal a lo largo del escarpe de falla generado. Uno de los cursos anaclinales aprovechó la discontinuidad que ofrecía el contacto entre el zócalo y la cobertera paleógena en el macizo de Les Guilleries para penetrar por erosión remontante en la serie paleógena.

En la zona más alta del macizo de Collsacabra y entre los relieves residuales de la sierra de Cabrera (1) en Fig. 1, que forma parte de una topografía anterior al encajamiento de la Plana de Vic, se pueden distinguir las unidades geomorfológicas más antiguas atribuibles al proceso de captura de redes de drenaje en el bloque superior de la Falla de Amer. Se trata de los valles decapitados, a distintos niveles, del Coll de la Faja (2) y de la cabecera del torrente de la Faja (3). Ambos tienen una dirección subparalela a la de capa y una vertiente hacia el N, dirigida a la comba de Joanetes (4), en el Anticlinal de Bellmunt, abierta hacia la Garrotxa. El inicio de las incisiones anaclinales sobre el escarpe de falla en el área del núcleo del Anticlinal de Bellmunt es significativo y esperable por ser una zona de debilidad estructural.

Actualmente el curso del río Ter está encajado en los materiales del zócalo paleozoico del macizo de Les Guilleries desde la Falla de Amer hasta el Embalse de Sau (5). Es difícil establecer cuando se cortaron materiales del zócalo, si al inicio del *homoclinal shifting* de la Plana de Vic o después. No se observa un desarrollo del subsistema de drenaje de dirección hasta el valle de Vilanova de Sau (6), por lo que se puede interpretar que la incisión por debajo de los materiales paleógenos se produjo avanzado el *homoclinal shifting* sobre la Fm Folgueroles durante la adaptación del río Ter a la Falla de Tavertet, en la zona entre los embalses de Susqueda (7) y de Sau.

El primer gran valle de dirección que se generó fue el de Rupit-Pruit (8) a una altura de 1.000 msnm vertiendo hacia el S. Se da la circunstancia de que las dos unidades resistentes encajantes del término menos resistente son la Fm Folgueroles, a causa de una repetición de la serie por la Falla de St. Joan de Fàbregues. Este valle tiene una réplica hacia el N (9) que vierte a la Garrotxa.

Las etapas de migración lateral del subsistema de dirección sobre la cuesta de la Plana de Vic se controlan por la localización de diferentes posiciones del sumidero sobre la Fm Folgueroles y por las incisiones de la expansión lateral de este subsistema en el Anticlinal de Bellmunt.

Fase de Bracons

Después de la incisión por erosión remontante del frente posterior del valle de Rupit-Pruit se inició el vaciado de la cuenca erosiva de la Plana de Vic a través de las Fms Puigsacalm Inferior y Media a una cota de 1.200 msnm. Este proceso extendió el valle de dirección hacia el N alcanzando pronto las estribaciones del Anticlinal de Bellmunt, iniciándose la penetración en el núcleo por el actual valle de la riera de Bracons (10). En esta zona el valle de dirección habría aprovechado el trazado N de la Falla de Sant Joan de Fàbregues. Se interpreta que en esta fase el sumidero se situaría en el macizo de Les Guilleries por encima de los 1.100 msnm en la zona del monte Sant Benet (11), en la zona de contacto de la serie paleógena con el zócalo. El subsistema de dirección se extendería hacia el N por encima de la localidad de Tavertet (12). Quedaría como vestigio del subsistema la zona de la Plana Llisa (13), al

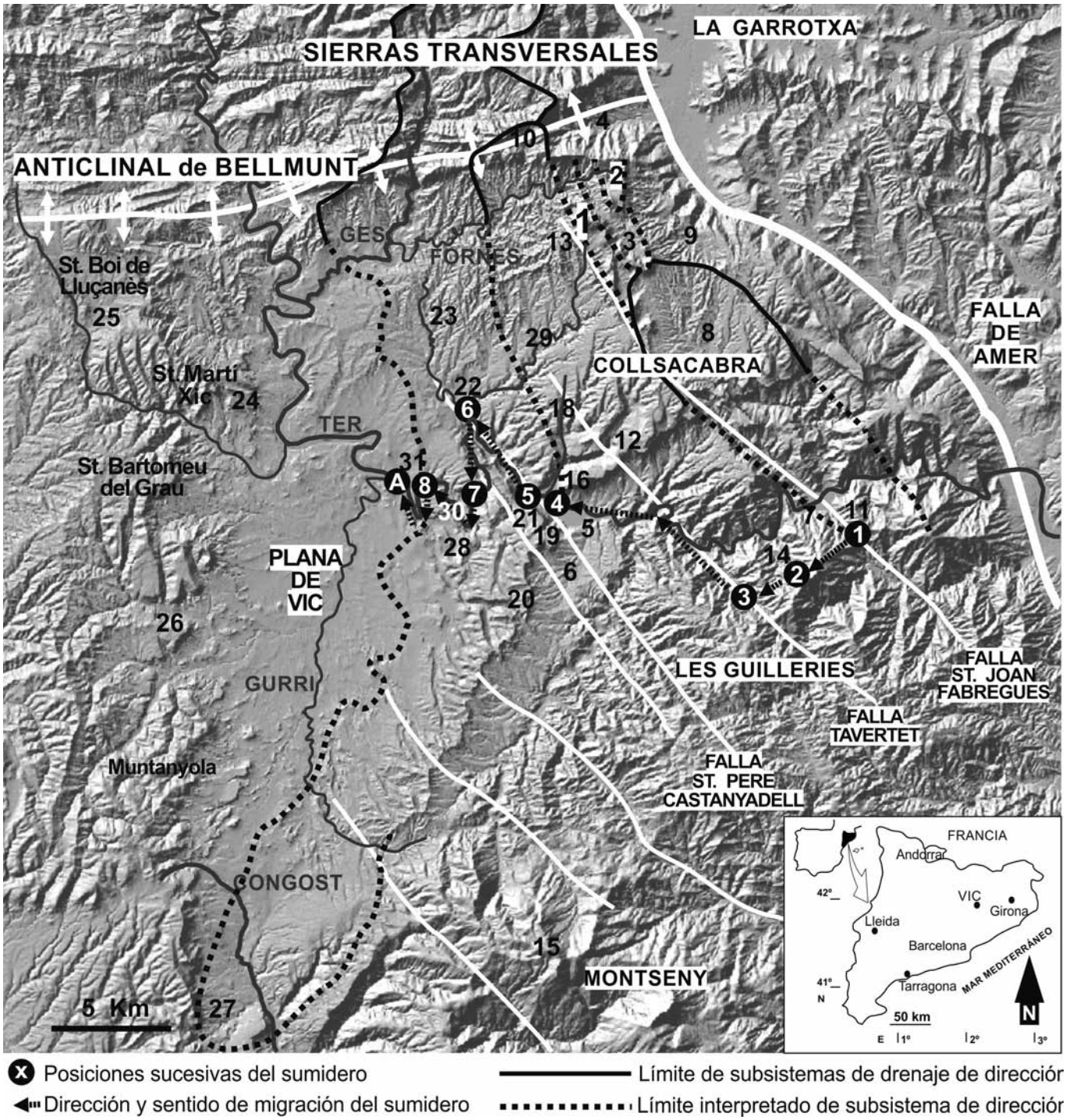

Fig. 1.- Situación de los elementos principales de la zona de estudio.

Fig. 1.- Position of the main elements of the study area.

pie de la sierra de Cabrera.

Durante la misma fase, tras una etapa de incisión y erosión de las Fms Puigsacalm Inferior y Media, se interpreta que el sumidero se desplazó hacia el SW unos 2 km y se encajó hasta una altura de unos 1.000 msnm situándose en la zona del Pla de les Lloses (14). A partir de aquí el curso del Ter remontante se iría ajustando al trazado de la Falla de Tavertet, subparalela a la dirección de capa, tomando una dirección hacia el NW. La reorientación del curso, por causa de la Falla de Tavertet, también reorientó el frente de cuesta de los materiales paleógenos del actual escarpe de Tavertet a una dirección NE-SW, perpendicular al curso

En esta etapa, aguas abajo del sumidero, el curso del río ya cortaría los materiales del zócalo y se habría formado un nuevo valle de dirección (Vilanova de Sau, 6) en el contacto entre zócalo y cobertera. Poco después del ajuste del curso a la Falla de Tavertet se habría iniciado un proceso de migración lateral sobre la superficie de erosión independiente del de la Plana de Vic, generando su frente de cuesta anterior. La expansión lateral hacia el sur del subsistema de dirección de este valle alcanzó las estribaciones del macizo del Montseny al pie del Matagalls (15).

Se puede establecer una posición posterior del sumidero a una altura de unos 800 msnm

y a una distancia de 4 km del anterior, situado entre el paraje del Turó del Castell (16), al N del río Ter y el Puig del Far (17) al S. Esta nueva migración del sumidero comportó un nuevo reajuste del curso perpendicular a la dirección de capa. Hasta este punto de incisión de la red de drenaje los trazados por el N de los subsistemas de dirección se ajustan a trazados de dirección de falla del sistema de fallas de zócalo, subparalelos a la dirección de capa. Por el flanco S el subsistema de dirección a partir de esta localización del sumidero se ajusta a la dirección de capa.

En este punto el subsistema de dirección de la Plana de Vic disponía de dos brazos bien diferenciados. Por el flanco norte el trazado del actual torrente de Baumallera (18), desde el que se puede enlazar con las estribaciones del Anticlinal de Bellmunt a través de la cabecera del río Fornès. Por el flanco sur se aprecia un brazo decapitado sobre la cuesta desde el Puig del Far (19) hasta els Munts (20).

Fase del Ges

La siguiente ubicación del sumidero se localiza en el Coll de Terrades (21) al pie del Parador de Sau, a una altura de 650 msnm y una distancia de 3 km del anterior. A partir de este punto el curso de ajusta a una nueva falla (St. Pere de Castanyadell) con un recorrido sobre esta de 4 km hasta una nueva localización del sumidero a 550 msnm en el paraje de la Roca Llisa (22) en la localidad de St. Martí Sescorts. Desde esta localización arrancaban dos flancos del subsistema de dirección. El flanco N se extendía por la riera de St. Martí (23) hasta las estribaciones del Anticlinal de Bellmunt, volviendo a penetrar en su núcleo y adentrándose considerablemente en las sierras Transversales. El flanco S remontaba, según la dirección de capa, hasta más allá de la actual cabecera del río Congost. Con esta situación del sumidero se pueden correlacionar varias unidades geomorfológicas del W de la Plana de Vic. Los abanicos aluviales formados al pie del escarpe de St. Martí Xic (24). La penetración de un curso anaclinal sobre el escarpe de cuesta posterior que capturó una extensa zona de drenaje tributaria del río Llobregat formando la subcuenca de St. Boi de Lluçanès (25). La formación y vaciado de una subcuenca de dirección por encima del Complejo Terminal entre St. Bartomeu del Grau y Muntanyola (26). Por el SE la terraza del subsistema de dirección (río Gurri) desde la cabecera del actual río Congost (27) hasta Tavèrnoles, con los meandros abandonados finales que siempre se habían atribuido al Ter y que en realidad pertenecen al Gurri (28). Por el NE se reconoce el subsistema cataclinal que drena el flanco norte de la cuesta y que remonta hasta el pie de la sierra de Cabrera capturando los antiguos subsistemas de dirección tributarios de sumideros anteriores (29).

Desde la primera ubicación del sumidero en esta fase el curso del Ter viró en varias ocasiones prácticamente 180º para aprovechar tramos del subsistema de dirección que se habían ajustado al trazado de una falla. De este modo superó el frente de cuesta de la Fm Folgueroles con un recorrido en zigzag formando lo que se pueden llamar pseudomeandros estructurales con una sinuosidad de 3,13 (30). En la cuesta del flanco sur se reconocen hasta 4 posiciones del subsistema de dirección de las que 3 pertenecen a esta fase.

Fase del Ter

En el inicio de esta fase el sumidero se situó en la cota 525 msnm al E de Roda de Ter (31). Sobre la Fm Vic el actual Ter ha migrado 6 km hacia el W y se ha encajado 105 m (A, posición actual del sumidero, Fig. 1). Este encajamiento contribuyó a la captura del subsistema de dirección de la fase anterior, es decir, el río Ges. El hecho más importante de esta fase es la nueva incisión del subsistema de dirección norte en el núcleo del anticlinal, y en esta ocasión remontando mucho más allá, hasta el punto de capturar una red de drenaje mucho más antigua y establecida con cabecera en el Pirineo axial. Este suceso tuvo unas consecuencias extraordinarias para la cuenca. En poco tiempo se dobló la superficie de drenaje. Se pasó de altitudes máximas de poco más de 1.000 msnm hasta casi los 3.000. Se incrementaron considerablemente los caudales y por tanto se tuvo que redimensionar toda la red de drenaje. Se aumentó la envergadura de las terrazas, y se incorporaron nuevas áreas fuente de sedimentos que cambiaros sus litologías. Es de destacar la incorporación masiva de clastos de gneis procedentes del macizo del Canigó.

Conclusiones

En la formación del valle de dirección de la Plana de Vic se pueden descartar procesos de epigenia o sobreimposición de una red de drenaje más antigua que fluyera hacia el sur o hacia el este. En su lugar, se plantea un proceso de captura de una red más antigua y situada en una posición topográfica más elevada que fluía hacia centro de CE y que obedecía a un régimen hidrográfico distinto.

La formación de la cuenca erosiva de la Plana de Vic presenta distintas fases de evolución controladas por aspectos litoestratigráficos (alternancias de unidades de comportamiento diferencial frente a la erosión) y por aspectos estructurales (disposición monoclinal de la serie, trazado del sistema de fallas de zócalo, dirección de capa).

La expansión lateral de la red de drenaje en formación sobre una capa menos resistente interacciona con una gran estructura de plegamiento sur-pirenaica en diversos puntos, mostrando al mismo tiempo diferentes grados de penetración en esta estructura y en otras de adyacentes, y diferentes modos de interacción con redes de drenaje más antiguas que fluían en posiciones más elevadas hacia el centro de la CE.

Agradecimientos

Se agradecen a A. Arche y a un revisor anónimo los comentarios que han aportado para mejorar la calidad del trabajo final.

Referencias

Almera, J. (1906). *Memorias de la Real Academia de las Ciencias y las Artes* V, 20, 50 p.

Anadón, P., Colombo, F., Esteban. M., Marzo, M., Robles, S., Santanach, P. y Solé Sugrañés, L. (1979-1982). *Acta Geologica Hispanica* 14, 242-270.

Barnolas, A., Busquets, P., Colombo, F., Reguant, S., Serra-Kiel, J. y Vilaplana, M. (1983). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 332 (Vic) y memoria.* IGME, Madrid.

Castelltort, F.X., Balasch, J.C., Cirés, J. y Colombo, F. (2016a). In: *Geophysical Research Abstracs* 18, EGU2016, 16998

Castelltort, F.X., Balasch, J.C., Cirés, J. y Colombo, F. (2016b). *Geogaceta* 60, 51-54.

Chevalier, M. (1928). *El Paisatge de Catalunya.* Barcino, Barcelona, 172 p.

Llobet, S. y Gómez Ortiz, A. (1985). *Revista de Geografia* XIX: 5-40.

Panzer, W. (1933). *Association pour l'étude géologique de la Mediterranée occidentale,* III. 36 p.

Saula, E., Picart, J., Mató, E., Llenas, M., Losantos, M., Berástegui, X. y Agustí, J. (1994). Acta Geológica Hispánica 29, 57-75.

Solé Sabarís, Ll. (1958). *Geografia de Catalunya I.* Aedos, Barcelona, 665 p.

Vidal, Ll. M. (1900). *Memorias de la Real Academia de las Ciencias y las Artes II*, 527-538.

Ward, S. (2004). En: *Encyclopedia of Geomorphology* (A. S. Goudie, Ed.). Routledge,