

# Deducción de un accidente tectónico anterior al Senoniense en la clusa de Les Conclues (Sierras marginales sudpirenaicas, Huesca - Lleida, España)

Juan ULLASTRE\* y Alicia MASRIERA\*\*

## ABSTRACT

ULLASTRE, J. and MASRIERA, A. Deduction of a tectonic phase prior to the Senonian in Les Conclues gap (South-Pyrenean marginal ranges, Huesca - Lleida, Spain).

The discovery of a tectonic phase prior to the Santonian in the Sierras marginales (S of the Montsec, Central South-Pyrenean Unit) satisfactorily accounts for the juxtaposition in this region of a compartment to the N, that has a very complete Jurassic (Lias-Dogger-?Malm) with another to the S (of almost 600 Km<sup>2</sup>), in which the stratigraphic units prior to the Upper Cretaceous transgression are limited to the Rhaetian - Hettangian. This tectonic phase should be added to the succession of alpine phases, that affected the Central South-Pyrenean Unit in its entirety before the Middle - Upper Eocene. Once again this shows the complex evolution of the south side of the Pyrenean orogen, not adequately explained by simple, generally accepted models.

**Key words:** Tectonics, Jurassic, Upper Cretaceous, Pyrenees, Catalonia, Aragon, Spain.

## RESUMEN

El descubrimiento de una fase tectónica distensiva anterior al Santoniense en las Sierras marginales al S del Montsec (unidad sudpirenaica central) permite explicar satisfactoriamente la yuxtaposición de un compartimento al N con Jurásico muy completo (Lías-Dogger-?Malm) con otro al S (de casi 600 Km<sup>2</sup>) en el que los terrenos anteriores a la transgresión del Cretácico superior quedan limitados al Rhetiense - Hettangiense.

Esta fase tectónica debe añadirse a la sucesión de fases alpinas, distensivas unas y compresivas otras, que afectaron la unidad sudpirenaica central en su conjunto antes del Eoceno medio-superior. Con ello se demuestra, una vez más, la complejidad evolutiva de la vertiente S del orógeno pirenaico, que no se explica bien con los modelos sencillos generalmente aceptados.

**Palabras clave:** Tectónica distensiva, Jurásico, Cretácico superior, Pirineo, Cataluña, Aragón, España.

---

\* Ronda de Sant Pere, 50. 08010 Barcelona, España.

\*\* Museu de Geologia, Parc de la Ciutadella. 08003 Barcelona, España.

## INTRODUCCIÓN

En el límite de las provincias de Huesca y Lleida, el río Noguera Ribagorçana corre de N a S cortando transversalmente los relieves estructurales de la cobertera mesozoico-cenozoica sudpirenaica.

Al S del Montsec, el curso fluvial ha disecado la bóveda del anticlinal de Millà (Figs. 1 y 2) en virtud de un fenómeno de sobreimposición como lo demuestran los conglomerados del Paleógeno superior - Neógeno inferior de Fet que fosilizan las estructuras.

La magnífica clusa de Les Conclues, que allí el río ha excavado, tiene una profundidad de casi 600 m. Esta cortadura es la única que se observa a lo largo de los casi 16 Km en dirección WNW-ESE que tiene el eje del anticlinal de Millà; es por tanto un lugar de excepción para el análisis de la estratigrafía y la estructura del núcleo del pliegue.

En la cartografía geológica regular de España a escala 1:50.000, hoja de Benabarre nº 289, publicada en 1959, figura el Cretácico superior de la vuelta anticlinal reposando sobre las dolomías jurásicas; éstas resiguen todo el contorno de las pequeñas combas, occidental y oriental, de Les Conclues, así pues, en planta, se ve un anillo de dolomías jurásicas rodeadas por el Cretácico superior suprayacente.

Esta disposición del Jurásico no es del todo ajustada a la realidad según veremos.

Interpretaciones estructurales posteriores (cf. Martínez-Peña & Pocoví, 1988) han retenido este dato cartográfico inexacto, con lo cual ha pasado inadvertido el precioso y trascendente fenómeno que allí se observa y que ha dado lugar al presente trabajo.

## ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO

En el anticlinal de Millà, en Les Conclues, deben considerarse por una parte los materiales de la cobertera cretácica, que tienen una clara continuidad entre el flanco N y el S a través de la charnela (Fig. 3, A), y por otra el monoclinal jurásico que constituye su núcleo (Fig. 3, B).

En la porción baja de ambos flancos la erosión no se ha llevado los terrenos del Paleoceno (E 1-2) y del Maastrichtiense (Mc) continentales, (Fig. 4, A). Estratigráficamente por debajo, las calizas bioclásticas y/o arrecifales del Senoniense marino (Csb) cierran la vuelta anticlinal. En ellas, grosso modo, se distingue un paquete superior, potentísimo, de calizas grises y un tramo calcáreo inferior decamétrico marcadamente arenoso-ferruginoso. En la discontinuidad que separa ambos términos una hilada de unos 2 m de marga dura contiene (en el lado oriental de Les Conclues) abundantes rinconélidos: *Owenirhynchia globata* (Arnaud), (Coniaciense-Campaniense), (6).

Por debajo del tramo arenoso-ferruginoso (en el lado occidental) de arriba abajo hemos podido distinguir:

- 1-2 m de caliza gris detrítica.
- 7-8 m de calizas nodulosas con rudistas: *Hippurites praecessor* Douville (3) y *Vaccinites beaussetensis* Toucas (4); (Santoniense).
- 10-11 m de areniscas y calizas arenosas ferruginosas con *Lacazina elongata* Schlumberger en la parte alta.

- 1 m de limos calcáreos arenosos ocreos o rojizos con *Meandropsina vidali* Schlumberger (5) y *Vidalina hispanica* Schlumberger.
- 8-9 m de limos arenosos.

Muro: calizas y dolomías del Jurásico medio-?superior.

La fauna de foraminíferos que acabamos de mencionar es análoga a la que, más al S, se encuentra en el yacimiento clásico del Santoniense de Tragó de Noguera (Ullastre & Masriera, 1999, p. 104, nota 2).

El monoclinial jurásico del núcleo del pliegue es un enorme paquete de materiales buzando al N de unos 450 m de potencia (Fig. 3, B). De arriba abajo comprende:

- 50 m de dolomías negras y calizas dolomíticas atribuibles al Dogger-?Malm (J).
- 230 m de margas y margocalizas ocreas fosilíferas del Lías medio-superior (L2); parcialmente cubiertas por derrubios.
- 50 m de calizas oolíticas y micríticas del Lías inferior (L1b)
- 120 m de margocalizas dolomíticas con microrritmos del Rético? - Lias inferior (L1a) ligeramene plegadas.

Una pequeña zona triangular entre dos fracturas (Fig. 3, B) está constituida por margas y margocalizas fosilíferas del Lías medio-superior (L2). En su lado oriental hemos recogido abundantes rinconélidos: *Homoeorhynchia cynocephala* (Richard), (Toarciense superior - Aalenense), (6), *Gryphaea* sp. y un fragmento de ammonites. En su lado occidental, junto a las margas con braquiópodos hay un retazo métrico de calizas ricas en belemnites y pectínidos.

## INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

Los casi 450 m de materiales jurásicos que en paraconformidad y buzando unos 35° al N se disponen bajo el Senoniense del flanco septentrional del anticlinal de Millà, en Les Conclues, por el S entran súbitamente en contacto, sin plegamiento sensible, con el flanco meridional verticalizado de material senoniense. El contacto, a nuestro modo de ver, debe hacerse por medio de una estrecha zona de fractura que no afecta la continuidad de la charnela anticlinal (Fig. 4, B); fractura que, por ello, debe considerarse anterior a los primeros depósitos detríticos del Senoniense, datados como del Santoniense.

Esta fractura fue retomada por la tectónica compresiva del Eoceno medio-superior y, en virtud de un mecanismo de inversión tectónica, predeterminó la ubicación del anticlinal de Millà. La elevación del compartimento septentrional obligó a la cobertera cretácica a despegarse por el flanco S de su substrato de edad Lías inferior - Trías superior.

La evolución tectonosedimentaria idealizada en la Fig. 5 y la interpretación gráfica de la Fig. 4, B, vienen corroboradas por lo que se observa a escala regional. En efecto, al SSW del anticlinal de Millà (Figs. 1 y 2), que se extiende desde el W de Les Conclues hasta Tartareu junto al manchón triásico de Les Avellanes, en una vasta región de unos 600 kilómetros cuadrados, el Cretácico superior reposa invariablemente sobre el Lías más bajo o sobre el Trías superior. La desaparición de la mayor parte del Jurásico es una evidencia.

Esta paleofractura que subyace en el anticlinal de Millà y que su continuidad por el ESE queda truncada por el Trías de Les Avellanès, es probable que tenga su expresión en el límite meridional de la unidad del Mont-roig al NNE de Balaguer (Fig. 1), (7). Allí, como en la zona estudiada, aparecen enfrentados dos sectores con una composición estratigráfica muy distinta: por el N (Mont-roig) un compartimento con un potente Jurásico (Lías completo, Dogger - ?Malm) subyacente del Cretácico superior; por el S pequeñas unidades con Lías inferior - Trías superior bajo el Cretácico superior. Algunos autores, sin demostración alguna, han visto en ello el efecto de un cabalgamiento de notable extensión. Como vemos, los hechos bien seguro que tienen otra explicación.

## CONCLUSIÓN

Con el descubrimiento de una fase tectónica (distensiva) anterior al Senoniense en las Sierras marginales al S del Montsec, que debe interpolarse en la sucesión de fases conocidas: la anteaubiense de Bóixols (Ullastre & Masriera, 2006), la antecenomaniense de Bóixols - Montsec (Ullastre, 1998) y las del Maastrichtiense-Paleoceno-Eoceno inferior de Bóixols - Coll de Nargó - Montsec - Os de Balaguer (Ullastre & Masriera, 2006; *idem*, 1999), se amplía la complejidad evolutiva de una parte importante del orógeno pirenaico (unidad sudpirenaica central), antes de las fases mayores del Eoceno medio-superior - Oligoceno.

Con ello se demuestra otra vez que los modelos de inspiración libresco, que han pretendido explicar rápidamente la realidad de las estructuras sudpirenaicas, carecen de un buen fundamento.

---

## NOTAS

- (1) En el trabajo de Tragó de Noguera (Ullastre & Masriera, 1999) deben hacerse las siguientes correcciones; p. 89, línea 32, pone 218, debe poner 219; p. 89, última línea, pone Senoniense inferior, debe poner superior; p. 91, fig. 2, la escala debe ser 44 mm = 10 km; p. 92, línea 29, pone *elipsoidalis*, debe poner *ellipsoidalis*; p. 94, línea 37, pone matiz, debe poner matriz; p. 95, línea 35, pone limonitas, debe poner limolitas; p. 96, línea 9, pone E, debe poner W; p. 97, línea 24, pone corte II, debe poner III.
- (2) En la cartografía geológica hemos dibujado el cauce del río Noguera Ribagorçana tal como era antes de que comenzara a funcionar la presa de Canelles. Asimismo figuran los terrenos inundados cuando el pantano alcanza su nivel máximo (superficie a 506 m de altitud), cosa poco frecuente. En septiembre de 2007 hemos podido explorar la mayor parte de los terrenos sujetos a inundación por estar el pantano en uno de sus niveles más bajos.
- (3) [=*H. (Orbignya) praecessor*, (in Pons, 1977, p. 62); = *H. (H.) praecessor*, (in Bilotte, 1985, p. 342)]
- (4) [=*H. (Vaccinites) beaussetensis*, (in Pons, 1977, p. 57); = *Pseudovaccinites beaussetensis*, (in Bilotte, 1985, p. 345)]
- (5) Al mencionar esta especie nos referimos a las “formas adultas” descritas por Schlumberger (1898), con ejemplares recogidos por nosotros de hasta 15 mm de diámetro y cuya localidad tipo está en el renombrado yacimiento de Tragó de Noguera, descubierto por L.M. Vidal, del cual se da su situación precisa in Ullastre & Masriera (1999, p. 104, nota 2).  
No consideramos por tanto las supuestas “formas jóvenes” de *M. vidali* descritas por Schlumberger (1899) y que según Silvestri (1939) no deben atribuirse a esta especie.
- (6) Determinaciones debidas a la gentileza del Dr. Sebastià Calzada (Museu Geològic del Seminari de Barcelona).
- (7) Un estudio en curso aporta argumentos a favor de esta interpretación.

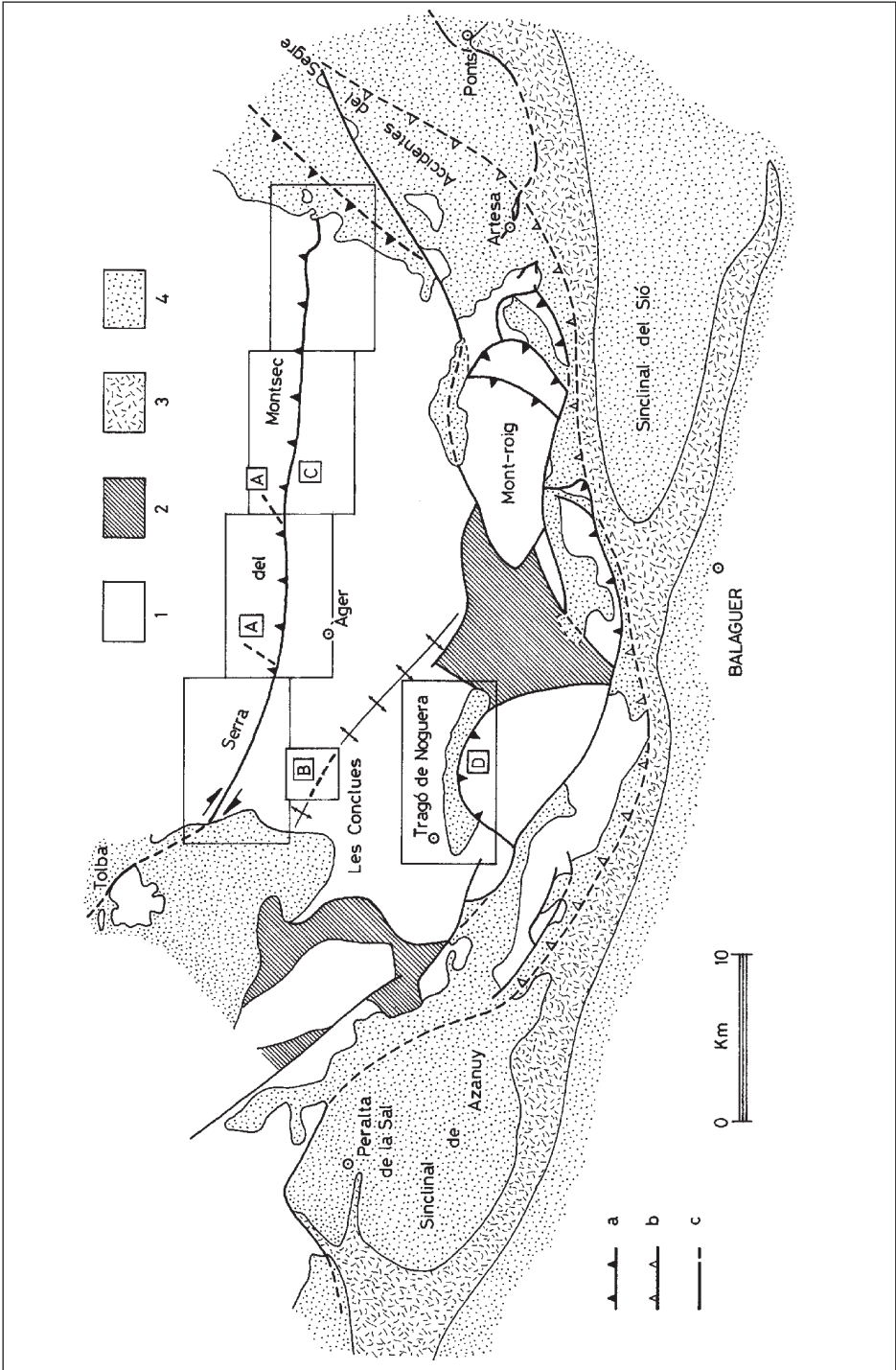


Fig. 1. Situación en el marco geológico regional del anticlinal de Millà y la clusa de Les Conclues objeto del presente estudio. Se han situado además los sectores próximos relacionados: por el N el del Montsec (Ullastre & Masriera, 1992; Ullastre, 1998) con un Jurásico completo y potente; por el S el de Tragó de Noguera (Ullastre & Masriera, 1999) (1) que forma parte de la gran porción de la unidad sudpirenaica central en la que el Jurásico está reducido al Lias más bajo o está ausente. En el corazón del anticlinal de Millà, como veremos, está el nexa entre ambos dominios.

**1.** Mesozoico-Cenozoico sudpirenaico. **2.** Trías diapírico de Les Avellanes al E y de Estopanyà al W. **3.** Evaporitas del Eoceno superior del antepaís. **4.** Terciario sin y post tectónico: Eoceno superior - Oligoceno - ?Mioceno.

**a)** Cabalgamientos intra y post Eoceno superior - Oligoceno. **b)** Cabalgamientos intra Eoceno superior. **c)** Fallas subverticales con transposición vertical y/u horizontal de edad intra y post Eoceno superior - Oligoceno.

**A,** Fallas antecenomanienses. **B,** Falla anterior al Senoniense invertida por las fases mayores de la tectónica sudpirenaica (**a**). **C, D,** Accidentes tectónicos de edad funcional Maastrichtiense - Paleoceno - Eoceno inferior, retomados por las fases mayores de la tectónica sudpirenaica (**a**).

Fig. 1. Location of the Millà anticline and Les Conclues gap, subject of the present study, within the geological setting of the region. We are also located the neighbouring areas in relation: to the N the Montsec area (Ullastre & Masriera, 1992; Ullastre, 1998) with a complete and great thickness Jurassic; to the S the Tragó de Noguera area (Ullastre & Masriera, 1999) (1), that constitute one part of the large area of the Central South-Pyrenean Unit in which the Jurassic is reduced to lowermost Liasic or it is inexistent. The nexa between the two domains can be seen in the core of the Millà anticline.

**1,** South-Pyrenean Mesozoic-Cenozoic. **2,** Diapiric Triassic of Les Avellanes (to the E) and the Estopanyà (to the W). **3,** Upper Eocene evaporities of the foreland. **4,** synchronous and post tectonic Tertiary: Upper Eocene - Oligocene - ?Miocene.

**a)** Intra and post Upper Eocene - Oligocene thrusts. **b)** Intra Upper Eocene thrusts. **c)** Subvertical faults with vertical and/or horizontal transposition intra and post Upper Eocene - Oligocene in age.

**A,** Ante-Cenomani faults. **B,** Ante-Senonian normal fault inverted by the major phases of the south-pyrenean tectonics (**a**). **C, D,** Maastrichtian - Paleocene - Lower Eocene faults affected by the major phases of the South-Pyrenean tectonics (**a**).

Fig. 2. Esquema estructural de la cobertera mesozoico-cenozoica sudpirenaica catalano-aragonesa entre la sierra del Monsec al N y el sinclinal de Os de Balaguer al S, con el “diapiro” triásico de Estopanyà al W y el de Les Avellanes al E.

**1**, Anticlinal de Tolva-Montsec. **2**, Sinclinal de Àger. **3**, Anticlinal de Millà. **4**, Sinclinal de Blancafort. **5**, Anticlinal de Canelles. **6**, Sinclinal de Tragó de Noguera. **7**, Sinclinal de Os de Balaguer.

**A**, Una de las fallas anteriores al Cenomaniense superior que se conocen en el Montsec. **B**, Falla anterior al Senoniense invertida por las fases mayores de la tectónica sudpirenaica. **C**, Paleooccidente del Montsec de edad funcional Maastrichtiense?-Paleoceno-Eoceno inferior; el salto en dirección occidental y el cabalgamiento oriental son el resultado de la fase tectónica sudpirenaica del Eoceno superior - Oligoceno; **D**, Accidente de la Obaga d’Alberola: su extremo oriental es un paleooccidente de edad funcional Maastrichtiense-Paleoceno-Eoceno inferior; el cabalgamiento hacia el N es posterior al Oligoceno.

El Triás de Estopanyà y de Les Avellanes perforó diapíricamente la cobertera en el Eoceno superior (?Bartoniense).

Fig. 2. Structural sketch of the South-Pyrenean mesozoic-cenozoic cover (Catalonia and Aragon) between the sierra del Montsec to the N and the Os de Balaguer syncline to the S, with the triassic diapirs of Estopanyà to the W and Les Avellanes to the E.

**1**, Tolva-Montsec anticline. **2**, Àger syncline. **3**, Millà anticline. **4**, Blancafort syncline. **5**, Canelles anticline. **6**, Tragó de Noguera syncline. **7**, Os de Balaguer syncline.

**A**, One of the faults ante-Upper Cenomanian knowable in the Montsec. **B**, Ante-Senonian fault inverted by the major phases of the South-Pyrenean tectonics. **C**, Montsec paleo-fault of Maastrichtian?-Paleocene - Lower Eocene age; **D**, Obaga d’Alberola fault. The Triassic of Estopanyà and Les Avellanes perforated the cover (diapir) in the Upper Eocene (?Bartonian).



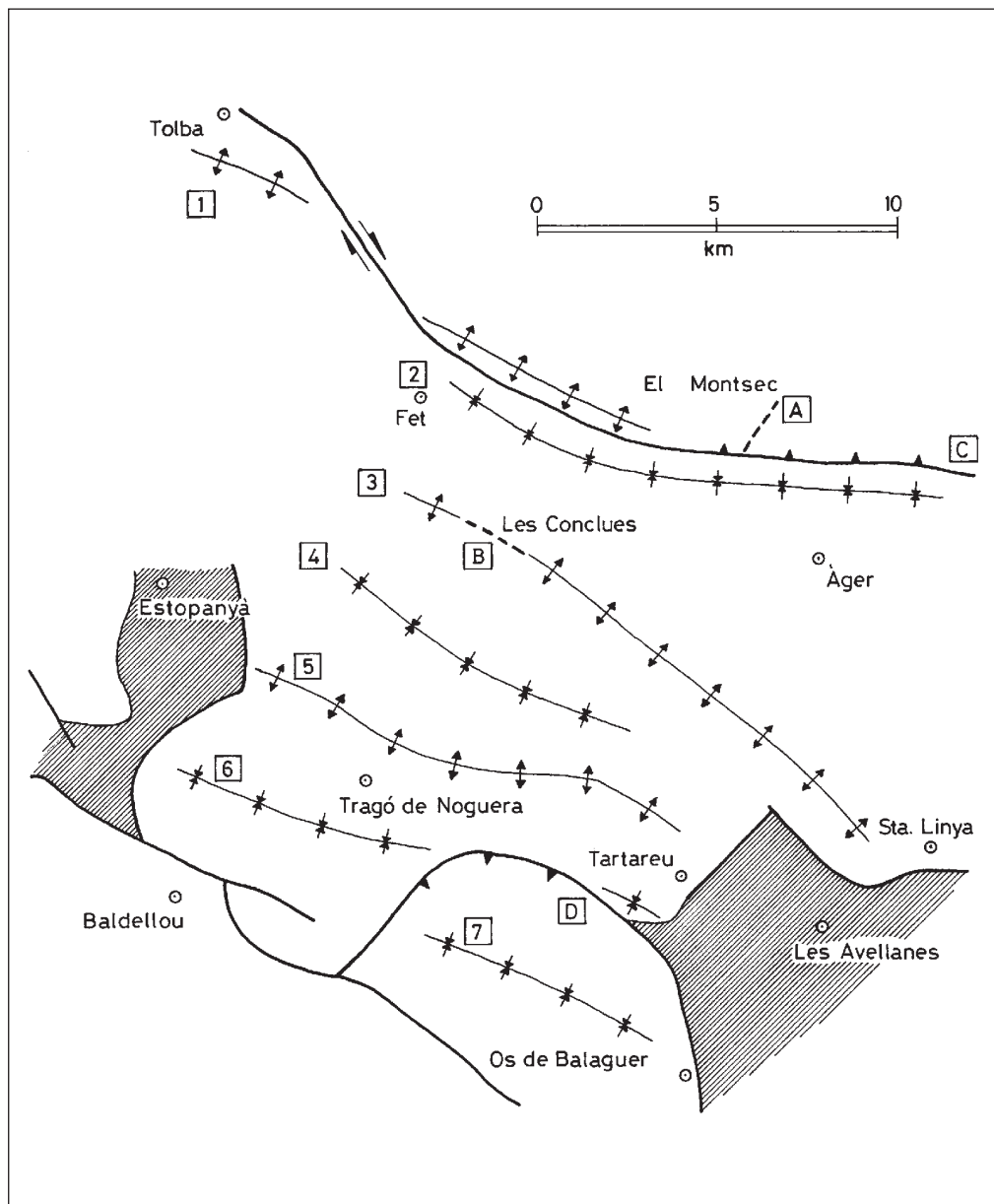




Fig. 3 A. Vista panoràmica (N-S) del anticlinal de Millà en la clusa de Les Conclues (lado occidental). Foto: Guillem Ullastre

Fig. 3 A. Panoramic view (N-S) of the Millà anticline in Les Conclues gap (western side). Photo: Guillem Ullastre

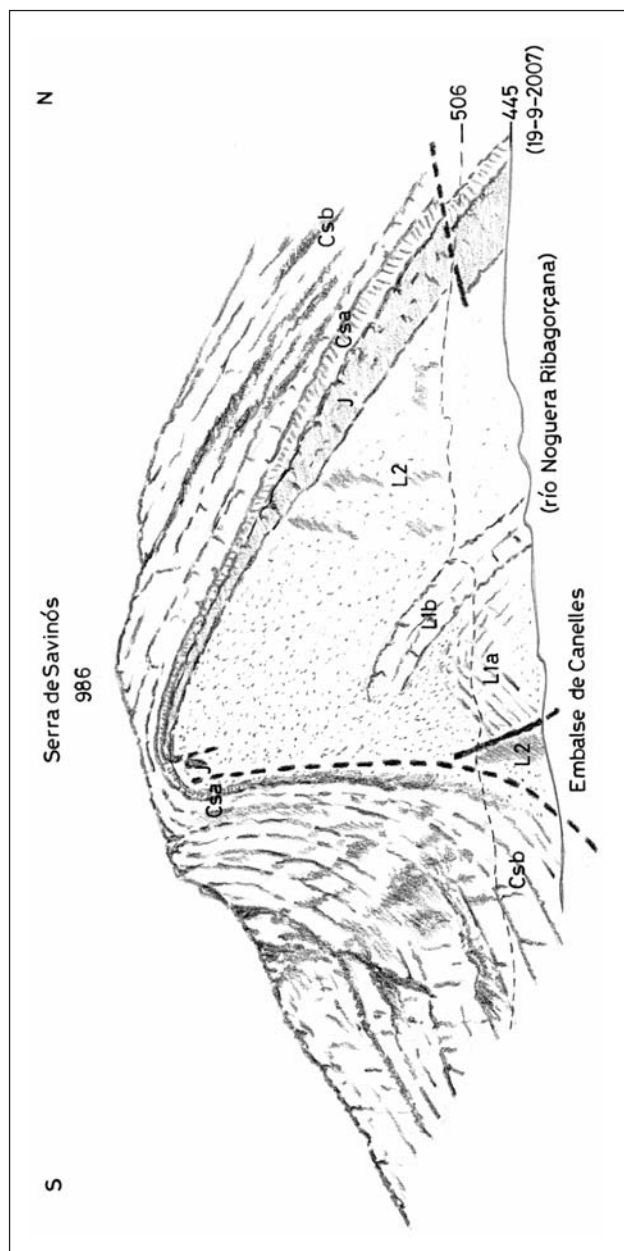


Fig. 3 B. Croquis de la vista anterior detallando la disposici3n estratigr3fica. S3mbolos iguales a los de la Fig. 4A.

Fig. 3B. Sketch of the precedent view showing the stratigraphic disposition . The symbols are the same of the Fig. 4A.

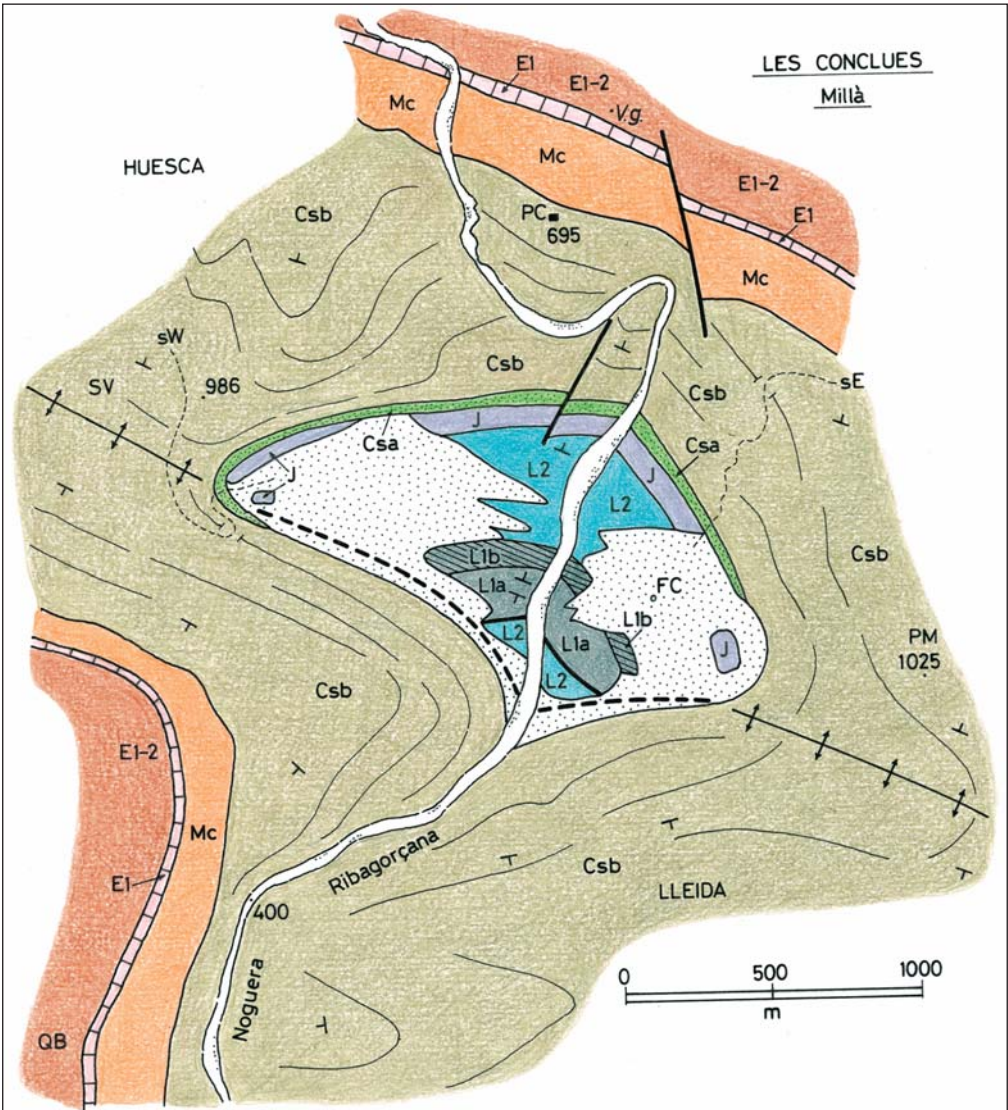


Fig. 4A. Cartografía geológica de Les Conclues trazada sobre fotos aéreas no restituidas (2).

Terrenos: **L1a**, Rético?-Lías inferior: margocalizas dolomíticas con microrritmos. **L1b**, Lías inferior: calizas micríticas y oolíticas. **L2**, Lías medio-superior: margas y margocalizas. **J**, Jurásico medio-?superior: dolomías negras y calizas. **Csa**, Santoniense: limos arenosos, areniscas calcáreas ocre y/o rojizos y calizas, con fauna marina. **Csb**, Senoniense indiferenciado: calizas arenosas, bioclásticas y ferruginosas, en la base; por encima calizas grises marinas con tramos arrecifales. **Mc**, Maastrichtiense continental: calizas lacustres, margas y areniscas. **E1**, Dano-Montiense: caliza lacustro-palustre (cf: "caliza de Vallcebre"). **E1-2**, Dano-Montiense-Thanetiense: limos rojo ladrillo con *Microcodium*, horizonte de margas rosadas con *Vidaliella gerundensis* (V.g.), calizas lacustres alternando con limos y margas con *Microcodium*. En trazos gruesos discontinuos: falla anterior al Senoniense invertida durante el plegamiento cenozoico. ►



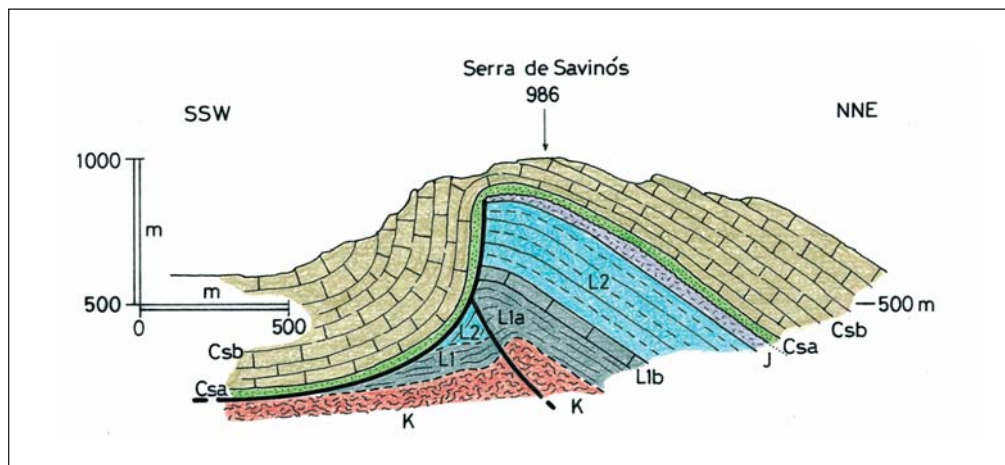


Fig. 4B. Corte interpretativo, ortogonal al eix del anticlinal de Millà, seguint la clusa de Les Conclues. Símbols iguals a los de la Fig. 4A, con el añadido de **K** = Trías superior margo-yesoso.

Fig. 4B. Interpretative cross section, orthogonal to the fold axis of the Milla anticline, following Les Conclues gap. The same symbols of the Fig. 4A, with addition of **K** = marly-gypsiferous Upper Triassic.

► Abreviaturas: **sE**, senda de acceso al interior de la comba oriental; **sW**, idem occidental; **FC**, Font de les Conclues (la cabeza de fuente está desbaratada; sólo se identifica por las humedades difusas); **PC**, Portaclusa (Torre de les Conclues); **PM**, Puig de Millà; **QB**, La Quadra de Blancafort; **SV**, Serra de Savinós.

Fig. 4A. Geological cartography of Les Conclues (2).

Stratigraphic units: **L1a**, Rhaetian?-Lower Liasic: dolomitic marly-calcareous with microrhythms. **L1b**, Lower Liasic: micritic and oolitic limestones. **L2**, Middle-Upper Liasic: marls and marly-calcareous. **J**, Middle-?Upper Jurassic: black dolomites and limestones. **Csa**, Santonian: sandy silts, brown yellow and/or red calcareous sandstones and limestones, with marine fauna. **Csb**, undifferentiated Senonian: to the base bioclastic and ferruginous sandy limestones, above grey marine limestones with reef layers. **Mc**, continental Maestrichtian: lacustrine limestones, marls and sandstones. **E1**, Dano-Montian: lacustrine-palustral limestones (cf: "caliza de Vallcebre"). **E1-2**, Dano-Montian-Thonetian: red silts with *Microcodium*, horizon of pink marls with *Vidaliella gerundensis* (V.g.), lacustrine limestones alternating with silts and marls with *Microcodium*.

In broken lines: ante-Senonian fault reversed during the cenozoic folding.

Symbols: **sE**, path of access to the interior of the eastern gap; **sW**, idem of the western gap; **FC**, Font de les Conclues (spring of water only visible by the humidity in its surroundings); **PC**, Portaclusa (Torre de les Conclues); **PM**, Puig de Millà; **QB**, La Quadra de Blancafort; **SV**, Serra de Savinós.

Fig. 5. Esquema en el que se muestra cómo evolucionaron las Sierras marginales sudpirenaicas al S del Montsec entre el final del Jurásico y la transgresión marina del Cretácico superior.

**I,** Tras los depósitos del Jurásico medio-?superior comenzó un hiato sedimentario de unos 60-70 Ma que terminó con la sedimentación del Santoniense.

**II,** Durante este lapso de tiempo una fase tectónica distensiva (?antecenomaniense o ?antesenoniense) produjo una fractura WNW-ESE determinando la línea sobre la cual, en el Eoceno, se modeló el anticlinal de Millà.

**III,** Creación de la superficie de erosión que precedió a la transgresión marina del Cretácico superior.

**IV,** Sedimentación del Senoniense que, en Les Conclues, al S inmediato del Montsec, comienza en el Santoniense.

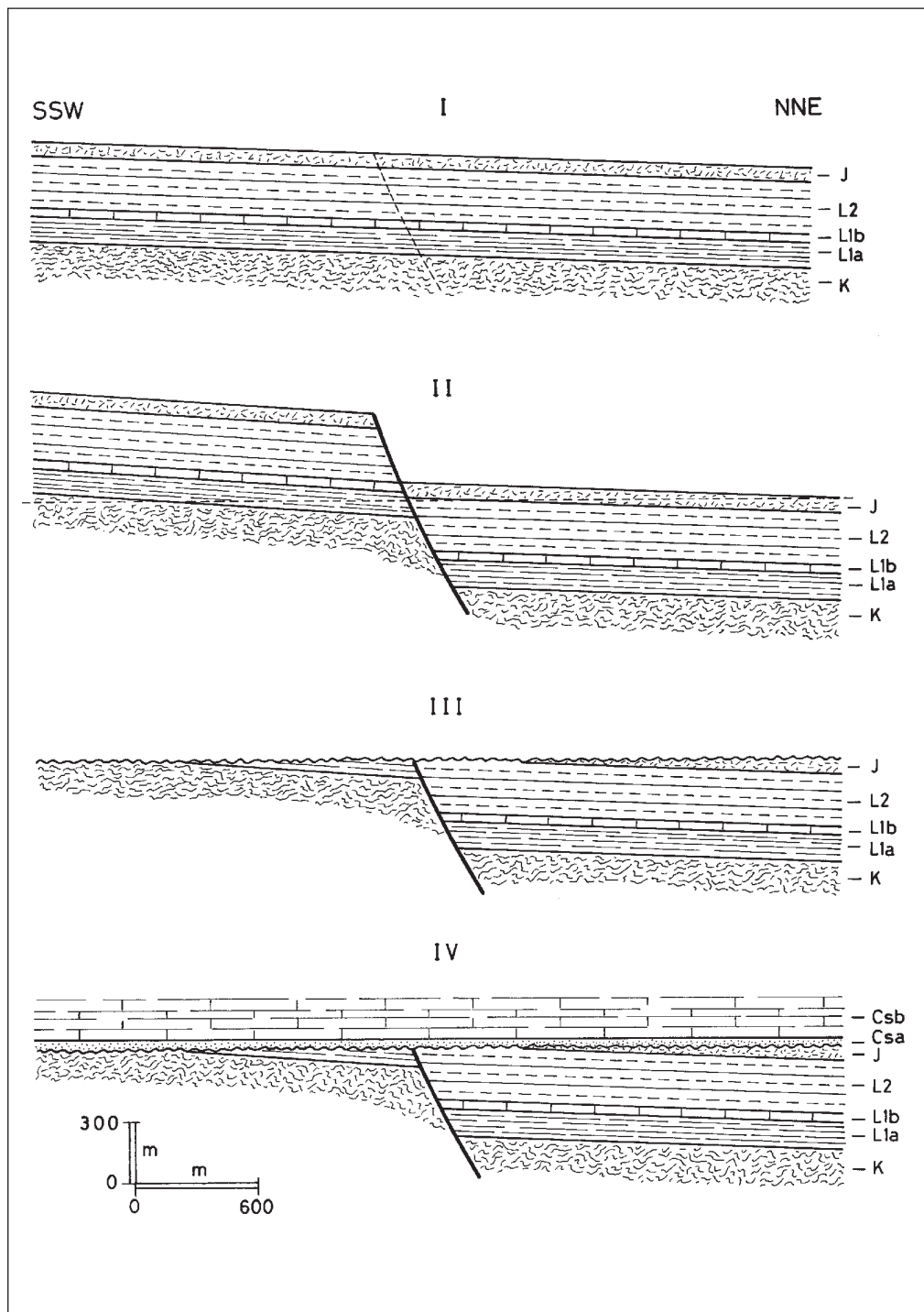
Fig. 5. Sketch showing the evolution of the South-Pyrenean marginal ranges (Sierras marginales) to the S of the Montsec between the end of the Jurassic and the Upper Cretaceous marine transgression.

**I,** After the Middle-?Upper Jurassic deposition a sedimentary hiatus of about 60-70 Ma began, finishing with the Santonian sedimentation.

**II,** During this lapse of time a tectonic phase (ante-Cenomanian or ante-Senonian) produced a WNW-ESE fault establishing the line over which, in the Eocene, the Millà anticline was shaped.

**III,** Origin of the erosion surface that preceded the Upper Cretaceous marine transgression.

**IV,** Senonian sedimentation which, in Les Conclues, immediately to the S of the Montsec, begins in the Santonian time.



---

**BIBLIOGRAFÍA**

- Bilotte, M. 1984-1985. Le Crétacé supérieur des plates-formes est-pyrénéennes. *Strata*, (2) **1**: 45 pls.; (2) **5**: 1-438, 121 figs., 53 tpls.
- Martínez-Peña, M. B. & Pocoví, A. 1988. El amortiguamiento frontal de la estructura de la cobertera surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer. *Acta Geol. Hispànica*, **23** (2): 81-94.
- Pons, J. M. 1977. Estudio estratigráfico y paleontológico de los yacimientos de Rudístidos del Cretácico superior del Prepirineo de la provincia de Lérida. *Publ. Geol. Univ. Autònoma de Barcelona*, **3**: 1-105, 87 láms.
- Schlumberger, C. 1898. Note sur le genre *Meandropsina* Mun.-Chalm., n.g. *Bull. Soc. géol. France*, **26**: 336-339, láms. 8-9.
- Schlumberger, C. 1899. Note sur quelques Foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé d'Espagne. *Bull. Soc. géol. France*, **27**: 456-465, láms. 8-11.
- Silvestri, A. 1939. Illustrazione di specie caratteristica del Cretaceo superiore. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, vol. LVIII (2-3): 225-234, 1 lám.
- Ullastre, J. 1998. Boceto para un mapa geológico detallado del frente del Montsec (Pirineo catalano-aragonés, España). *Treb. Mus. Geol. Barcelona*, **7**: 175-186, 6 láms. plegadas aparte.
- Ullastre, J. & Masriera, A. 1992. L'accident frontal du Montsec (Pyrénées catalano-aragonaises, Espagne): sa signification et ses multiples jeux. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **315** (série II): 579-586, 2 láms.
- Ullastre, J. & Masriera, A. 1999. Análisis estratigráfico del Paleógeno del sinclinal de Tragó de Noguera: su importancia en la geología regional (Pirineo catalano-aragonés, España). *Treb. Mus. Geol. Barcelona*, **8**: 85-111.
- Ullastre, J. & Masriera, A. 2006. El anticlinal de Bóixols-Muntanya de Nargó: consideraciones estratigráficas y estructurales basadas en una nueva cartografía geológica (Pirineo catalán, España). *Treb. Mus. Geol. Barcelona*, **14**: 5-35, 1 lám. plegada aparte.