

La zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà (Pallars Jussà, Catalunya)

Rodrigo Gaete Harzenetter¹, Bernat Vila Ginestí^{2,3}, Violeta Riera Rubio¹

1 Introducció

La Conca Dellà és una àrea geogràfica amb un registre fòssil i geològic singular, situada a l'extrem oriental de la Conca de Tremp, al sud-est de la comarca del Pallars Jussà. Queda delimitada al nord per les serres de Carreu, Carrànima i Sant Corneli, al sud per la serra de la Campaneta i la serra de la Vall de Llimiana, a l'oest per la serra Mitjana i serres adjacents i a l'est pel riu Noguera Pallaresa. Comprèn de manera parcial un total de cinc municipis: Isona i Conca Dellà, Abella de la Conca, Gavet de la Conca, Llimiana i Tremp. En aquesta àrea afloren extensament materials sedimentaris dipositats durant la part final del Cretaci, concretament durant el Campanià i el Maastrichtià. Aquests materials s'agrupen en dues formacions geològiques (Formació Gre-

sos d'Areny i Formació Tremp o fàcies garumnianes) que conserven nombrosos jaciments amb restes fòssils de vertebrats, invertebrats i vegetals.

Formant part d'aquesta conca hi ha la zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà (expedient de BCIN; resolució DOGC 5879 de 16/05/2011) que inclou els jaciments més importants del municipi homònim però també inclou el jaciment dels Nerets (situat al terme municipal de Tremp). Aquest treball pretén exposar sintèticament els resultats de la intensa tasca de recerca duta a terme durant els darrers anys en aquestes localitats, atesa la seva importància i singularitat paleontològica. El conjunt d'aquestes localitats ha permès conèixer millor les darreres faunes del Mesozoic pirinenc i establir un model de com va afectar l'esdeveniment global d'extinció finicretàica els ecosistemes del sud d'Europa.

1. Museu de la Conca Dellà. Carrer del Museu, 4. 25650 Isona (Lleida)

2. Grupo Aragosaurus-IUCA. Paleontología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza

3. Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont. Carrer Escola Industrial, 23, E-08201 Sabadell (Barcelona)

2 Context geològic

2.1. Els Pirineus

Els Pirineus (Fig. 1) s'estenen geogràficament d'oest a est des de la plataforma Cantàbrica fins a la Provença, amb una longitud de 1.500 km i una amplada mitjana de 200 km. En sentit geològic, els Pirineus són la serralada alpina que es va formar al límit entre les plaques Europea i Ibèrica, com a resultat d'una col·lisió continental entre les dues entre el Cretaci superior i el Miocè inferior (Muñoz, 1992). Aquesta col·lisió ocasionà la inversió positiva i deformació de les conques sedimentàries mesozoiques. Són constituïts per un sòcol paleozoic deformat durant l'Hercinià i una cobertura sedimentària en la qual es desenvolupa una faixa de plects i encavalcaments de doble vergència (vergència nord a la zona nord i vergència sud a la sud) que els confereixen la seva estructura característica en forma de ventall dissimètric. Els Pirineus es divideixen en tres unitats: la zona nord-pirinenca, la zona axial i

la zona sud-pirinenca. Les conques d'avantpaís respectives són la Conca d'Aquitània al nord i la de l'Ebre al sud.

La zona sud-pirinenca (Mattaueu i Henry, 1974) és constituïda per una sèrie d'unitats al·lòctones: les làmines encavalcants inferiors, formades per materials de cobertura i sòcol, i les làmines encavalcants superiors, formades per dipòsits de cobertura essencialment mesozoics (Muñoz *et al.*, 1984). Dins les làmines encavalcants superiors, al Pirineu central es poden identificar tres fronts, que de nord a sud són: la làmina encavalcant de Bóixols – Sant Corneli, la làmina encavalcant del Montsec i les làmines encavalcants que formen el conjunt d'unitats imbricades de les serres Marginals. Al Pirineu oriental es troben les làmines encavalcants del Pedraforca i el Cadí (Vergés, Muñoz, 1990). Les làmines encavalcants del Montsec i el Pedraforca contenen les conques de collibè (*piggy-back*) de Tremp i Vallcebre, respectivament (Fig. 1). De la mateixa manera, les làmines de les serres Marginals i el Cadí contenen les conques d'Àger i Ripoll.

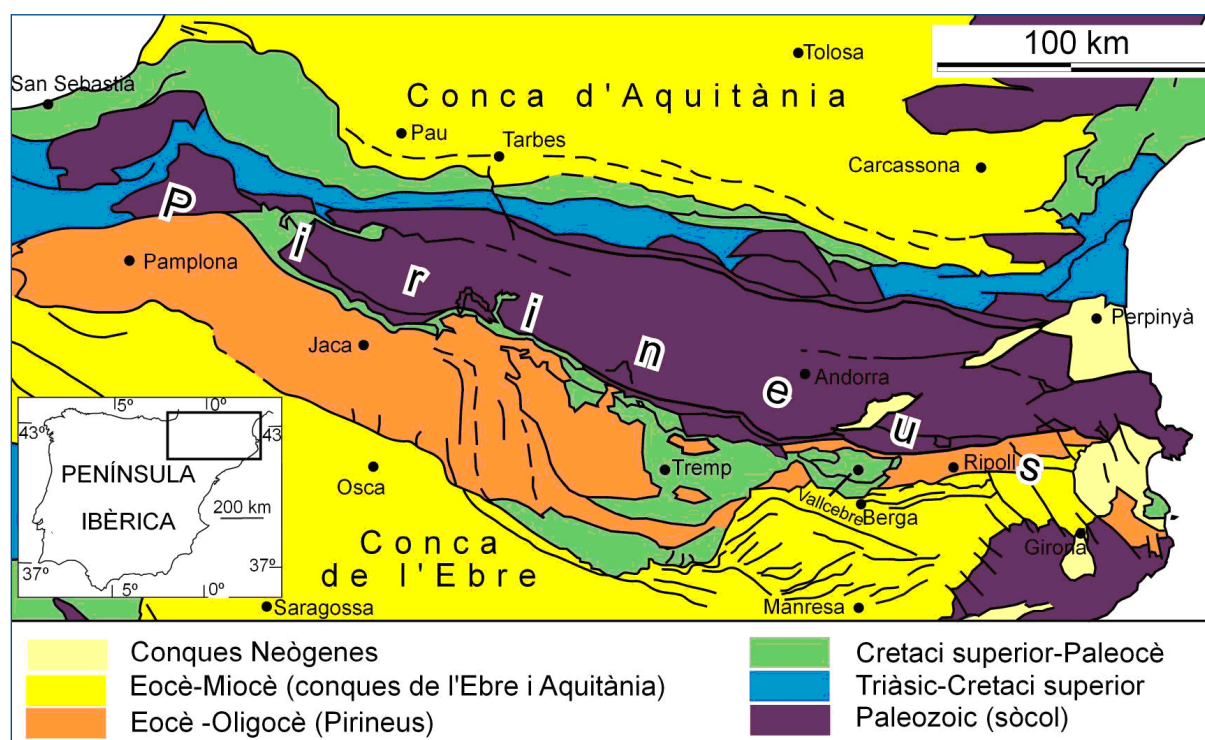


Figura 1. Mapa geològic dels Pirineus (adaptat de Vergés i Muñoz, 1990)

2.2. La conca de Tremp

La conca de Tremp (o conca de Graus-Tremp) se situa al sostre de la làmina encavalcant del Montsec. A gran escala, es presenta com un sinclinal molt lax en direcció ONO-ESE, tot i que a la part est de la conca descriu un anticlinal obert (anticlinal d'Isona). Al nord és limitada pel mantell de Cotiella i l'anticlinal de Sant Corneli (unitat mesozoica de Cotiella-Bóixols) i al sud per l'encavalcament del Montsec (Cámara, Klimowitz, 1985; Vergés, Muñoz, 1990). La conca és formada per una sèrie mesozoica d'uns 3.000 metres de potència, principalment representada per materials carbonàtics del Juràssic i Cretaci (especialment del Cretaci superior) i materials paleògens sovint detrítics.

El final del Cretaci (Campanià-Maastrichtià) està representat per dues formacions geològiques compostes per materials d'origen continental i de transició (Fig. 2). La Formació Gresos d'Areny es va formar a partir de sorres de zones costaneres, sobretot de platges. La Formació Tremp o Garumnià presenta extensos afloraments a la Conca Dellà, i els jaciments amb restes de vertebrats hi són abundants. Dintre d'aquesta formació queda enregistrat el límit entre el Cretaci i el Paleocè. Es divideix en quatre unitats (Rosell *et al.*, 2001): *a*) unitat grisa, formada per argiles, gresos, calcàries i carbons de zones costaneres i aiguamolls. S'hi troben restes de dinosaures, tortugues i cocodrils; *b*) unitat vermella inferior: constituïda per gresos i argiles formats en una plana fluvial propera al mar i amb vegetació abundant. S'hi han trobat la majoria de jaciments amb restes de dinosaures de la Conca Dellà. En aquesta unitat es troba enregistrada l'extinció del final del Cretaci; *c*) calcàries de Vallcebre i equivalents laterals: formades a partir dels fangs acumulats al fons de llacs. Són d'edat paleocena i no han lliurat restes fòssils de vertebrats; *d*) unitat vermella superior: composta per gresos i argiles formats en una plana fluvial. Les restes fòssils hi són molt escasses i principalment consisteixen en dents de petits mamífers i fragments de closques d'ous d'ocells.

3 Antecedents paleontològics

La zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà és un enclavament molt important en la paleontologia de dinosaures europea. Històricament, l'interès per les troballes de fòssils en aquesta àrea ha estat notable. Així, trobem que la primera cita de restes òssies de dinosaure a la Conca de Tremp correspon a la nota de l'any 1927 titulada "Un yacimiento de huesos fósiles en Tremp-Talarn (Lérida)". Aquesta notícia fou donada a conèixer per l'enginyer Joaquín Maluquer a partir de la troballa d'unes restes de grans rèptils descobertes a les rodalies de Tremp per Bartolomé Castell. L'any 1929, A. Marín i R. Bataller van presentar una nota al Congrés de Ciències Naturals de Barcelona on descrivien un grup de restes òssies de dinosaure irrecuperables, situades molt a prop de la central hidroelèctrica de Tremp (Marín, Bataller, 1929). Cap a l'any 1940, J. Mendizábal, comte de Peñafloreda, recollí diverses restes prop del sondatge que es va fer a Suterranya arran de les investigacions petrolíferes que s'hi duïen a terme. Aquestes restes van ser lliurades a la col·lecció de l'Institut Geològic i Miner d'Espanya, a Madrid, on encara hi són dipositades.

Durant els anys 1953 i 1954 el paleontòleg alemany Dr. Walter Georg Kühne va efectuar una campanya d'exploració pels terrenys del Cretaci superior de la Conca de Tremp, i va assolir èxit en diversos punts amb l'ajuda i assessorament dels senyors Nadal i Montané. A finals de l'estiu de l'any 1955 Kühne va enviar a l'Institut Lucas Mallada (actualment Museu de Ciències Naturals de Madrid), patrocinador de les exploracions, algunes restes òssies d'un dinosaure sauròpode trobat a Orcau. Els detalls d'aquelles campanyes d'exploració van ser comentats per J. Talens (1955 a i b). L'any següent el professor Emiliano Aguirre en representació del Consell Superior d'Investigacions Científiques i Albert F. de Lapparent (Fig. 3) es van afegir a les exploracions i van donar a conèixer algunes de les localitats que podrien ser explorades, així com una primera atribució taxonòmica de les restes extretes (Lapparent, Aguirre,

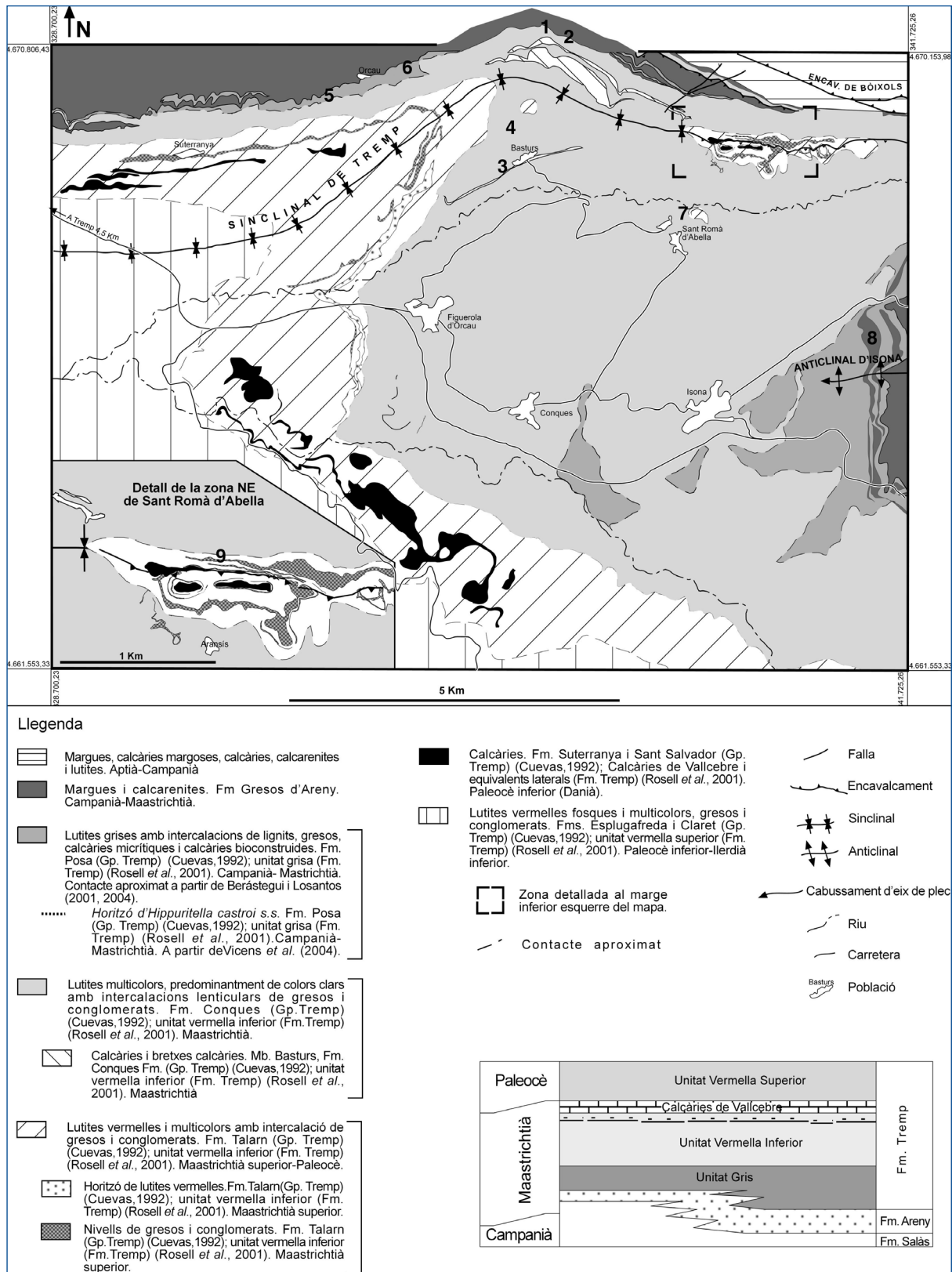


Figura 2. Mapa geològica i situació dels principals jaciments de la zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà. 1: Basturs-1; 2: Basturs-2; 3: Basturs Poble; 4: la Llau de la Costa; 5: Orcau-1; 6: Orcau-2; 7: Molí del Baró; 8: la Posa; 9: Sant Romà d'Abella. Modificat a partir de Riera et al. (2009)



Figura 3. Albert Félix de Lapparent (1905-1975). Arxius de l'Institut Geològic Albert de Lapparent (IGAL), Institut Politècnic LaSalle-Beauvais

1956 a i 1956 b, 1957). Lapparént (1958, 1959) també localitzà el gran jaciment d'ous de Bas-turs, el tercer en importància a escala mundial en aquella època. Des d'aquell moment i fins a la dècada de 1980 la prospecció i l'excavació dels jaciments de la conca de Tremp romangué aturada i només quan Bataller l'any 1960 va fer una revisió de totes les formes de vertebrats trobades al Cretaci espanyol (Bataller, 1960) o quan Rosell (1967) localitzà restes al barranc de la Munya trobem de nou una referència al registre fòssil de la zona.

A la mitjana dels anys vuitanta, Brinkmann (1984) descriu dos ísquiums d'hadrosaures trobats pel Dr. Krebs l'any 1964 prop de Moror (terme municipal de Sant Esteve de la Sarga), que són les primeres restes d'hadrosaures citades a la península Ibèrica.

El mateix any un equip format per membres de l'Institut de Paleontologia de Sabadell, de les universitats Autònoma de Barcelona i Autònoma de Madrid i de l'Institut d'Estu-

dis Ilerdenscs varen reprendre les excavacions a la zona, amb l'aportació de nous jaciments (Buscalioni *et al.*, 1986; Casanovas *et al.*, 1987; 1988; 1993; 1995). S'iniciava aleshores la recerca moderna a la conca, durant la qual es van localitzar nous jaciments, entre els quals els Nerets de Vilamitjana (Tremp), Sant Romà d'Abella (Isona i Conca Dellà) i el Barranc d'Orcau (Isona i Conca Dellà), Orcau-2 (Llompart *et al.* 1984) i la Posa (Santafé *et al.*, 1997). L'any 1988 els geòlegs del Museu de Geologia de Barcelona Àlicia Masriera i Joan Ullastre citaren la presència, a Estanya (Llimiana), d'un fragment d'húmer que atribueixen a un titanosau (Masriera, Ullastre, 1988). A les darreries de la dècada dels anys noranta, el nombre de jaciments era ja força important, i incloïa, per exemple, més de cent localitats amb restes d'ous (López-Martínez, 2000).

A partir de l'any 2001, des del Museu de la Conca Dellà s'inicia una prospecció paleontològica sistemàtica dels materials del Cretaci superior continental de la Conca de Tremp. En principi, aquesta prospecció es va centrar en el que coneixem com la zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà, però en anys posteriors s'ha estès als municipis veïns d'Abella de la Conca, Gavet de la Conca i Tremp. El resultat d'aquestes campanyes de prospecció ha estat la localització de prop de 60 nous jaciments d'ous, icnites, restes vegetals i, sobretot, restes òssies de dinosaures i altres vertebrats (Gaete i Bravo, 2002; Vila *et al.*, 2006), que demostren de nou que aquesta àrea pirinenca esdevé una de les regions més importants d'Europa amb restes dels darrers dinosaures (Vila *et al.*, 2006, Riera *et al.*, 2009, Galobart *et al.*, 2011).

4 Jaciments destacats de la zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà

A la zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà s'han localitzat nombrosos jaciments amb diferents tipus de restes fòssils, fet que està ajudant a l'estudi dels ecosistemes del final del Cretaci des de diferents punts de vista. Com s'ha esmentat anteriorment, els jaciments han lliurat restes òssies de dinosaures i d'altres animals que hi van

conviure; icnites de diferents tipus d'organismes; nius, ous individuals i fragments de closques d'ou de dinosaures i cocodrils i, finalment, diferents tipus de restes vegetals. A continuació oferim una petita descripció dels jaciments més importants que se situen a la Fig. 2.

Basturs Poble (Fig. 4A). És el jaciment que més restes esquelètiques de dinosaures ha lliurat fins ara a la zona paleontològica. Va ser trobat pel geòleg aficionat Marc Boada i la primera intervenció es va fer durant l'hivern del 2001. Des de llavors s'han fet excavacions gairebé cada any, i s'hi han recuperat fins avui prop de 1.000 restes òssies. Aquestes pertanyen majoritàriament a dinosaures ornitòpodes del grup dels hadrosaures, mentre que una petita part correspon a cocodrils i dinosaures teròpodes. Per la quantitat de restes conservades, Basturs Poble es considera un dels jaciments de dinosaures més importants d'Europa. S'hi han fet estudis de sedimentologia (Riera, 2010), tafonomia (Martín *et al.*, 2007), taxonomia (Gaete *et al.*, 2007; Gaete, 2009) i paleobiologia (Fondevilla, 2012).

Molí del Baró-1 (Fig. 4B). Situat molt a prop de la població de Sant Romà d'Abella, aquest important jaciment ha lliurat una gran diversitat de restes de dinosaures i altres vertebrats, així com de restes d'invertebrats i vegetals. El jaciment està format per gresos i argiles de color gris dipositats en un ambient fluvial, segurament al fons d'una petita acumulació d'aigua en un meandre abandonat o en una zona molt propera a un riu.

La major part de restes recuperades pertanyen a hadrosaures de diferents mides, però també s'hi han recuperat dents de dinosaures teròpodes, fragments de closques d'ous de titanosaures, així com nombroses restes òssies de cocodrils i peixos. Algunes restes recuperades pertanyen a la closca de cargols terrestres del gènere *Lychnus*. Les restes més abundants corresponen a restes de diferents espècies de vegetals, entre les quals destaquen les fulles de la palmera *Sabalites*. A part de fulles, s'han recuperat fòssils de troncs i llavors.

Orcau-1. És segurament el primer jaciment que es va excavar al vessant sud-pirinenc i va ser localitzat i excavat per primera vegada a la dècada de 1950 per l'equip liderat pel doctor

Walter Georg Kühne de la Universitat de Berlín (Talens, 1955 a i b). A la dècada de 1980 un equip de paleontòlegs de l'Institut de Paleontologia de Sabadell, encapçalat pels doctors M.L. Casanovas i J.V. Santafé i amb la col·laboració de la secció de Paleontologia de l'Institut d'Estudis Ilerdencs, va reobrir el jaciment. Des d'aleshores ha romàs inexplorat malgrat que els autors dels primers treballs apuntaven la presència d'abundants restes òssies de dinosaures sauròpodes.

Orcau-2. El jaciment es troba al sostre d'unes calcàries d'origen lacustre de la base de la Formació Tremp que conserven desenes d'icnites de dinosaure. Els primers estudis en aquest jaciment són de Llompart *et al.* (1984) els quals fan una primera descripció del jaciment i reconeixen dues morfologies que atribueixen a icnites de dinosaures ornitòpodes. Recentment, però, una reavaluació de la localitat ha atribuït la majoria de les restes a petjades de sauròpodes (Vila *et al.*, 2011). Algunes de les icnites formen rastres i en general hi ha dues morfologies corresponents a la forma del peu i de la mà del dinosaure que les va produir. Les dels peus són grosses (poden superar els 60 centímetres de longitud) i ovalades, mentre que les produïdes per les mans són petites i en forma de mitja lluna.

La Llau de la Costa (Fig. 4C) En aquest jaciment, situat a prop de la població de Basturs, es conserven icnites produïdes per dinosaures ornitòpodes del grup dels hadrosaures. Aquestes petjades fòssils presenten tres dits molt ben marcats, d'acabament arrodonit, i corresponen a animals relativament petits, ja que la longitud màxima de les icnites és d'uns 30 centímetres.

Basturs-1 i Basturs-2 (Fig. 4D). Són els jaciments d'ous de dinosaures més importants de la Conca i uns dels més importants d'Europa. Es troben al nord de la població de Basturs, en gresos vermells del sostre de la Formació Gresos d'Areny. Van ser localitzats durant la dècada de 1950 (Lapparént, 1958, 1959), però no s'hi van començar a fer estudis científics fins a partir de la dècada de 1990 (Sanz *et al.*, 1995, Vianey-Liaud, López-Martínez, 1997, Sander *et al.*, 1998, Díaz-Molina *et al.*, 2007).

En aquests jaciments es poden veure centenars d'ous de dinosaure, sobretot en forma de seccions circulars, tot i que en alguns es pot observar el seu volum esfèric. Són ous d'uns 20 centímetres de diàmetre i l'estudi de la microestructura de la closca ens ha permès classificar-los dintre de l'oogènere *Megaloolithus*. Aquest oogènere s'associa a dinosaures sauròpodes del grup dels titanosaures. A la roca on es conserven aquests ous també es conserven una gran quantitat de petits fragments de closques. Es considera que els jaciments de Basturs reflecteixen una àrea recurrent de nidificació, és a dir, era una zona on els titanosaures acudien periòdicament a niar (Sanz *et al.*, 1995).

La Posa. És el jaciment més conegut de la Conca Dellà i l'únic que ha estat adaptat per a la visita. Consisteix en una enorme superfície

corresponent al sostre d'un estrat de gres de la Formació Gresos d'Areny on es conserven centenars de depressions d'una mida màxima d'uns 50 centímetres. Inicialment es va creure que aquestes depressions eren icnites produïdes per dinosaures del grup dels sauròpodes (Santafé *et al.*, 1997), però nombroses característiques del jaciment, com per exemple el fet que l'estrat presenti proves d'un origen costaner (restes fòssils de diferents tipus d'invertebrats marins, marques deixades pels corrents i les marees, etc.), així com la presència en diferents jaciments de la Conca de dents de rajades cretàiques, han dut posteriorment a interpretar les icnites com a marques d'alimentació de rajades (Martinell *et al.*, 2001), i s'han assignat a l'icnogènere *Piscichnus*. Les rajades són peixos condriactis, és a dir, d'esquelet cartilaginós que, per alimentar-se a les zones intermareals, fan

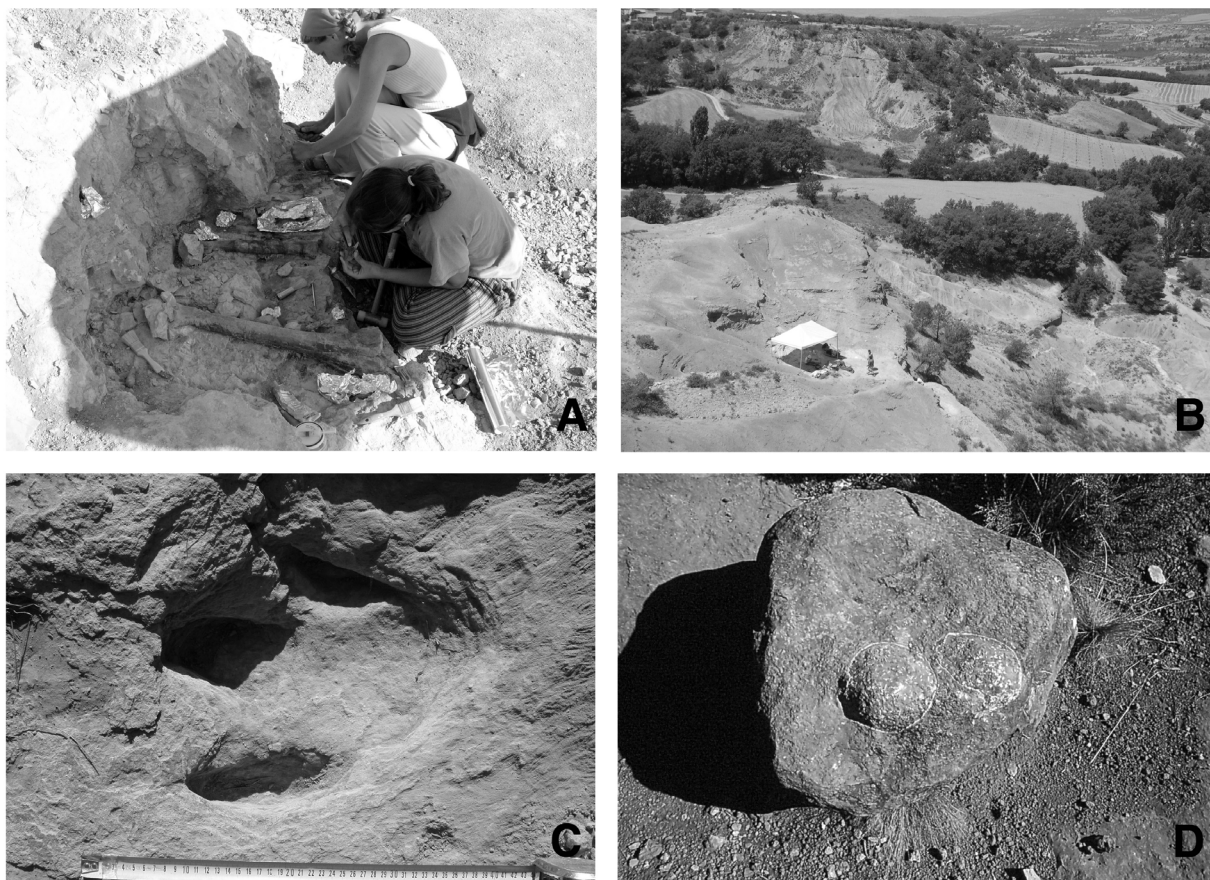


Figura 4. A. Excavació de restes òssies d'hadrosaures al jaciment de Basturs Poble. B. Vista general del jaciment de Molí del Baró-1, situat a prop de la població de Sant Romà d'Abella. C. Icnita de dinosaure ornitòpode al jaciment de Llau de la Costa. D. Ous de dinosaure conservats en un bloc de gres del jaciment de Basturs-1

forats al fons del mar per aconseguir els invertebrats marins dels quals s'alimenten.

Els Nerets. Aquest jaciment, situat entre les poblacions de Vilamitjana i Suterranya, al terme municipal de Tremp, ha lliurat restes d'una gran diversitat d'espècies. Hadrosaures, titanosàures, teròpodes i nodosaures entre els dinosaures, així com restes de cocodrils i tortugues. Entre els invertebrats, es conserven bivalves (principalment ostrèids), gasteròpodes i també nombrosos tipus de restes vegetals. Aquest conjunt de restes fa dels Nerets el jaciment que presenta una major diversitat de tota la Conca. Aquest jaciment ha estat excavat des de mitjan la dècada de 1980 (Casanovas *et al.*, 1985; 1987; 1988; 1995) i s'hi va fer una darrera intervenció l'any 2013.

Sant Romà d'Abella. Es troba a les rodalies del Tossal de la Doba, al nord-est de la població de Sant Romà d'Abella. Va ser excavat en diverses campanyes durant les dècades de 1980 i 1990 per l'equip de l'Institut de Paleontologia de Sabadell (Casanovas *et al.*, 1993); posteriorment, l'any 2003 s'hi va fer una darrera campanya d'excavació. En aquest jaciment s'han trobat diverses restes cranials i postcranials d'hadrosaure, que han permès descriure un nou gènere i espècie: el *Pararhabdodon isonensis*. Aquest és un hadrosaure del grup dels lambeosaurins (hadrosaures amb cresta cranial buida) d'uns 7 metres de longitud (Prieto-Márquez *et al.*, 2006).

A part d'aquest breu recull de localitats cal citar altres punts fossilífers importants de la zona com són el Barranc de Guixers, Biscarri (López-Martínez *et al.*, 2000), Faidella (Bravo *et al.*, 2000), la Cabana de Gori, el Serrat del Corb, les Llaus, la Casa Fabà, la Planta del Mestre, la Costa de les Solanes, entre molts altres.

5 El registre fòssil del Cretaci superior d'Isona i Conca Dellà

L'estudi de les restes lliurades pels diferents jaciments de la Conca estan permetent conèixer les faunes i flores que van viure al final del Cretaci a la zona pirinenca. Les restes fòssils

més remarcables pertanyen a dinosaures, però els jaciments han lliurat restes molt destacables d'altres vertebrats, invertebrats i vegetals.

5.1. Dinosaures

Ornitischia, Tyreophora. Els tireòfors són dinosaures herbívors i quadrúpedes, caracteritzats pel fet de tenir el cos cobert de plaques i/o punxes. A la zona paleontològica hi estan representats per unes poques restes òssies postcranials, dents i algunes plaques dèrmiques que pertanyen al grup dels petits nodosaures. Les poques restes trobades fins ara impedeixen una determinació taxonòmica a escala de gènere. Aquestes restes s'han trobat als jaciments dels Nerets, de Biscarri i de Suterranya (Gaete *et al.*, 2011).

Ornitischia, Ornithopoda. Els ornitòpodes són dinosaures herbívors típics del Cretaci i a la zona paleontològica estan representats exclusivament pels hadrosaures (Hadrosauridae), i les restes òssies d'aquest grup són les més abundants de la Conca Dellà. Les seves restes es troben en nombrosos jaciments (els Nerets, Basturs Poble, Molí del Baró-1, Llau de la Costa, Serrat del Corb, Barranc de Guixers, etc.). Les restes d'alguns jaciments han permès concretar la presència d'hadrosaures del grup dels lambeosaurins o hadrosaures de cresta cranial buida (Gaete *et al.*, 2007). El jaciment de Sant Romà d'Abella ha lliurat restes que han permès descriure una nova espècie d'hadrosaure lambeosaurí: el *Pararhabdodon isonensis* (Casanovas *et al.*, 1993; Prieto-Márquez *et al.*, 2006).

Saurischia, Sauropoda. Els sauròpodes són les grans formes herbívores i quadrúpedes típicament caracteritzats per posseir un coll i una cua llargs i un tronc robust. A la zona paleontològica estan representats per restes òssies, icnites i ous de titanosàures. Aquests grans dinosaures fitòfags ja van ser citats a les primeres intervencions que es van fer a la Conca, a la dècada de 1950 (Talens, 1955a). Les restes òssies dels titanosàures s'han recuperat als jaciments d'Orcau-1, els Nerets, Lo Bas i el Molí del Baró-2. Al jaciment d'Orcau-2 es conserva un important conjunt

d'icnites d'aquests animals i els jaciments de Basturs-1 i Basturs-2, entre altres, han lliurat gran quantitat de restes d'ous de l'oogènere *Megaloolithus*, atribuïts a titanosaures. L'estudi d'elements postcranials de les restes de titanosaures de la Conca Dellà i d'altres jaciments pirinencs ha estat cabdal a l'hora d'avaluar la diversitat taxonòmica d'aquests dinosaures, que ha resultat ser més gran del que es pensava fins fa pocs anys (Vila *et al.*, 2012).

Saurischia, Theropoda. Les primeres restes de dinosaures carnívors o teròpodes són citades per Casanovas *et al.* (1988). Es tracta d'un radi esquerre procedent dels Nerets que els autors atribueixen a un teròpode alosauroid. La resta de troballes corresponen a dents aïllades trobades a diversos jaciments, com l'Abeller o Suterranya-1 (Prieto-Márquez *et al.*, 2000), la Cabana de Gori o el Molí del Baró-1.

5.2. Altres vertebrats

Les faunes de vertebrats no dinosaures de les formacions Tremp i Gresos d'Areny inclouen nombrosos grups que han estat, de moment, poc estudiats, en la majoria de casos perquè no han lliurat suficients restes com per fer-ne estudis acurats. No obstant això, en els darrers anys s'ha iniciat una tasca de recerca important per tal d'avançar en aquest aspecte.

Entre els peixos, Soler-Gijón i López-Martínez (1998) citen la presència de sis tàxons de peixos cartilaginosa (condrictis) en diversos jaciments de la Conca i de la Vall d'Àger. Els quelonis estan representats en diversos jaciments de la Conca (Murelaga *et al.*, 1998), però en general es tracta de restes molt fragmentàries de la closca. No obstant això, els jaciments del Barranc de Torrebilles han lliurat restes prou completes com per definir una nova espècie de tortuga bothremidida: *Polysternon isonae* (Marmi *et al.*, 2012). Els cocodrils també estan presents en nombrosos jaciments de la Conca, i les dents i les plaques dèrmiques en són els elements més comuns. Els Nerets, el Molí del Baró, Basturs Poble, Lo

Bas-1 o la Casa Fabà han lliurat diverses restes de cocodrils que actualment es troben en estudi. Sobre la taxonomia d'aquestes restes, Buscalioni *et al.* (2001) atribueixen les recuperades als Nerets (o Vilamitjana) al gènere *Alloposuchus*, tot i que posteriorment Delfino *et al.* (2008) consideren que les restes de l'oest d'Europa devien pertànyer a un taxó diferent. Finalment, descobriments recents indiquen la presència de pterosaures, amfibis i lepidosaures en diferents jaciments de la Conca. Les restes pertanyents a aquests tàxons es troben en un procés preliminar d'estudi.

5.3. Restes vegetals

Les restes fòssils de vegetals estan permetent un coneixement cada vegada més complet de la flora del final del Cretaci a la Conca Dellà. La diversitat d'espècies vegetals era molt elevada, sobretot en zones costaneres. Principalment hi havia palmeres (el gènere *Sabalites* era molt comú), coníferes, sequoies i angiospermes o plantes amb flors (Marmi *et al.*, 2011).

6 Discussió

La zona paleontològica d'Isona i Conca Dellà inclou un singular conjunt de jaciments amb restes fòssils de vertebrats i altres organismes del final del Cretaci (Maastrichtià). Aquests jaciments es troben en diferents nivells estratigràfics de les formacions Gresos d'Areny i Tremp. A més, els diferents jaciments representen paleoambients variats, des de fàcies de platges, a planes fluvials i lacustres. Aquestes característiques estan ajudant a conèixer la successió de vertebrats i d'ambients al sud d'Europa durant els darrers milions d'anys del Cretaci, just abans de l'important esdeveniment d'extinció que marca el límit Cretaci-Paleocè (Riera *et al.*, 2009).

Les faunes de dinosaures consisteixen en sauròpodes titanosaures, teròpodes, ornitòpodes hadrosaures i anquilosaures nodosaures. La successió dels principals jaciments de la zona paleontològica indica que els titanosaures

res estan presents en tota la sèrie, tot i que la seva distribució varia en funció dels ambients. Així, semblen ser més abundants al sostre de la formació Gresos d'Areny i a la base de la formació Tremp. Això pot assenyalar que aquests animals es concentraven més a les zones costaneres (els ambients de la base de la sèrie) per niar i pasturar.

Les restes de nodosaures són escasses, però estan restringides a la part basal de la formació Tremp, fet que indicaria una forta dependència d'aquests animals d'ambients costaners.

Pel que fa als teròpodes, les seves restes es troben repartides a tota la sèrie finicretàtica, però les identificacions taxonòmiques detallades no són, de moment possibles, a causa de la poca quantitat de restes que hi ha.

Els hadrosaures es troben representats en gairebé tota la sèrie estudiada, i són molt més abundants als jaciments pròxims al límit Cretaci-Paleocè. Les restes identificades com a pertanyents a lambeosaurins s'han trobat totes en cossos de gresos fluvials molt pròxims al límit que marca el final del Mesozoic. Aquest fet suggereix que els lambeosaures podrien ser un element d'aparició tardana en aquesta successió.

Les restes d'altres vertebrats (pterosaures, cocodrils, quelonis, peixos), així com les de restes vegetals són, de moment, molt escasses per contribuir significativament a l'estudi de l'evolució dels ecosistemes del final del Cretaci al sud d'Europa.

Els jaciments situats a prop del límit Cretaci-Paleocè han lliurat una diversitat elevada de restes de vertebrats, fet que suggereix un esdeveniment d'extinció ràpid (de la mateixa manera que s'ha observat a l'Àfrica del Nord i a Àsia).

7 Agraïments

Els autors volen expressar el seu agraïment a la resta de codirectors i participants de les excavacions fetes a la zona paleontològica, així com a l'Ajuntament d'Isona i Conca Dellà pel suport logístic. El finançament de les activitats de camp ha estat possible gràcies al projecte

CGL2011-30069-C02-01 (Ministeri de Ciència i Innovació) i al Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya. B. Vila agraeix el finançament del Ministeri de Ciència i Innovació (Subprograma Juan de la Cierva –MICINN-JDC– 2011).

8 Bibliografia

- BATALLER, J.R. (1960). "Los vertebrados del Cretácico español". A: *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, núm. 60, p. 141-164.
- BERÁSTEGUI, X.; LOSANTOS, M. (coord.) (2001). Isona (290-2-1). Mapa Geològic de Catalunya 1:25.000. Institut Cartogràfic de Catalunya.
- BERÁSTEGUI, X.; LOSANTOS, M. (coord.) (2004). Vilamitjana (290-1-1). Mapa Geològic de Catalunya 1:25.000. Institut Cartogràfic de Catalunya.
- BRAVO, A.M.; MORATALLA, J.J.; SANTAFÉ, J.V.; DE SANTIESTEBAN, C. (2000). "Faidella, a new Upper Cretaceous nesting site from the Tremp basin (Lérida province, Spain). Extended Abstracts". A: *First International Symposium on Dinosaur eggs and babies, Isona (Lleida)*, p. 15-21.
- BRINKMANN, W. (1984). "Erster Nachweis eines Hadrosauriers (Ornithischia) aus dem unteren Garumnium (Maastrichtium) des Beckens von Tremp (provinz Lérida, Spanien)". *Paläontologische Zeitschrift*, núm. 58, p. 295-305.
- BUSCALIONI, A.D.; SANZ, J.L.; CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V. (1986). "An Eusuchian Crocodile from the Upper Cretaceous of Spain (Vilamitjana, Province of Lerida)". *Journal of Vertebrate Paleontology*, núm. 6(3), p. 209-214.
- BUSCALIONI, A.D.; ORTEGA, F.; WEISHAMPPEL, D.B.; JIANU, C.M. (2001). "A revision of the crocodyliform *Allodaposuchus precedens* from the Upper Cretaceous of the Hateg Basin, Romania. Its relevance in the phylogeny

- of Eusuchia". *Journal of Vertebrate Paleontology* núm. 21 (1), p. 74-86.
- CÁMARA, P.; KLIMOWITZ. (1985). "Interpretación geodinámica de la vertiente centro-occidental surpirenaica (Cuencas de Jaca-Tremp)". *Estudios Geológicos*, 41, p. 391-404.
- CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V.; SANZ, J.L.; BUSCALIONI, A. (1985). "Orthomerus (Hadrosaurinae, Ornithopoda) del Cretácico Superior del yacimiento de "Els Nerets" (Tremp, España)". *Paleontologia i Evolució*, núm. 19, p. 155-162.
- CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V.; SANZ, J.L.; BUSCALIONI, A.D. (1987). "Arcosaurios (Crocodilia, Dinosauria) del Cretácico Superior de la Conca de Tremp (Lleida, España)". A: *Estudios Geológicos. Volumen extraordinario Galve-Tremp*, p. 95-110.
- CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V.; SANZ, J.L. (1988). "La primera resta fòssil d'un Teròpode (Saurischia, Dinosauria) en el Cretaci superior de la Conca de Tremp (Lleida, Espanya)". *Paleontologia i Evolució*, núm. 22, p. 77-81.
- CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V.; ISIDRO, A. (1993). "*Pararhabdodon izonense* n. gen. n. sp. (Dinosauria). Estudio morfológico, radio-tomográfico y consideraciones biomecánicas". *Paleontologia i Evolució*, núm. 26-27, p. 121-131.
- CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V.; SANZ, J.L.; POWELL, J.E. (1995). "Nuevos restos de dinosaurios (Titanosauria y Ornithopoda) en el Cretácico superior de las cuencas de Tremp y Dellà (Lleida, España)". *Estudios Geológicos*, núm. 51, p. 277-283.
- CUEVAS, J.L. (1992). "Estratigrafía del "Garumniense" de la Conca de Tremp. Prepireneo de Lérida". *Acta Geológica Hispánica*, 27 (1-2), p. 95-108.
- DELFINO, M.; CODREA, V.; FOLIE, A.; DICA, P.; GODEFROIT, P.; SMITH, T. (2008). "A complete skull of *Allodaposuchus precedens* Nopcsa, 1928 (Eusuchia) and a reassessment of the morphology of the taxon based on the Romanian remains". *Journal of Vertebrate Paleontology*, núm. 28, p. 11-122.
- DÍAZ-MOLINA, M.; KÄLIN, O.; BENITO, M. I.; LOPEZ-MARTINEZ, N.; VICENS, E. (2007). "Depositional setting and early diagenesis of the dinosaur eggshell-bearing Aren Fm at Bastus, Late Campanian, south-central Pyrenees". *Sedimentary Geology*, núm. 199, p. 205-221.
- FONDEVILLA, V. (2012). *Bone histology of hadrosauroid remains from Basturs Poble (late Maastrichtian, south-central Pyrenees): paleobiological implications*. Màster tesi, inèdita, Universitat Autònoma de Barcelona, p. 1-36.
- GAETE, R. (2009). *Sistemática y filogenia del hadrosáurido (Dinosauria: Ornithopoda) del yacimiento de Basturs Poble (Pirineos sur-centrales, Isona i Conca Dellà, Lleida)*. Màster tesi, inèdita, Universitat Autònoma de Barcelona, p. 1-136.
- GAETE, R.; BRAVO, A.M. (2002). "Nuevos yacimientos de vertebrados del Cretácico Superior de la Cuenca de Tremp (Lleida)". A: *Congreso Internacional sobre Dinosaurios y otros Reptiles Mesozóicos de España*. Logroño, Noviembre 2002. Resúmenes, p. 18-19.
- GAETE, R.; PRIETO-MÁRQUEZ, A.; RIERA, V.; OMS, O.; GALOBART, A. (2007). "New discoveries of lambeosaurine hadrosaurids from the Tremp Basin (Maastrichtian, Southern Pyrenees): description and stratigraphic setting". A: LISTON, Jeff (ed.). *55th Symposium of Vertebrate Palaeontology and Comparative Anatomy and the 16th Symposium of Palaeontological Preparation and Conservation*. Glasgow. Abstract of Presentations. 37.
- GAETE, R.; CANUDO, J.I.; SANTOS-CUBEDO, A. (2011). "Ornithischians through time". A: GALOBART, A.; SUÑER, M.; POZA, B. (ed.). *Dinosaurs of Eastern Iberia*. Indiana University Press, p. 169-198.
- GALOBART, A.; SUÑER, M.; POZA, B. (ed.) (2011). *Dinosaurs of Eastern Iberia*. Indiana University Press, 323 p.

- LAPPARENT, A.F. (1958). "Découverte d'un gissement d'oeufs de dinosauriens dans le Crétacé supérieur du bassin de Tremp (province de Lérida, Espagne)". *C.R. Acad. Sci. Paris*, núm. 247, p. 1879-1880.
- LAPPARENT, A.F. (1959). "Descubrimiento de huevos de dinosaurios en el Cretáceo superior de la depresión de Tremp (provincia de Lleida, España)". *Not. Com. Inst. Geol. Min. España*, núm. 54, p. 51-53.
- LAPPARENT, A.F.; AGUIRRE, E. (1956a). "Présence de Dinosauriens dans le Crétacé supérieur du bassin de Tremp (province de Lérida, Espagne)". A: *Compte rendu sommaire des séances de la Société Géologique de France* (1956), p. 261-262.
- LAPPARENT, A.F.; AGUIRRE, E. (1956b). "Algunos yacimientos de Dinosaurios en el Cretácico Superior de la Cuenca de Tremp". *Estudios Geológicos*, núm. 31-32, p. 377-382.
- LAPPARENT, A.F.; AGUIRRE, E. (1957). "Presencia de dinosaurios en el Cretáceo superior de la cuenca de Tremp (prov. de Lérida, España)". *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, núm. 47. III trimestre, p. 149-152.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. (2000). "Eggshell sites from the Cretaceous-Tertiary transition in South-central Pyrenees (Spain). Extended Abstracts". A: *First International Symposium on Dinosaur eggs and babies, Isona (Lleida)*, p. 95-115.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; MORATALLA, J.J.; SANZ, J.L. (2000). "Dinosaurs nesting on tidal flats". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, núm. 160, p. 153-163.
- LLOMPART, C.; CASANOVAS, M.L.; SANTAFÉ, J.V. (1984). "Un nuevo yacimiento de icnitas de dinosaurios en las facies garumnienses de la Conca de Tremp (Lleida, España)". *Acta Geológica Hispánica*, núm. 19(2), p. 143-147.
- MARÍN, A.; BATALLER, J.R. (1929). "Nuevos datos sobre el cretácico superior de la cuenca de Tremp (Lérida)". *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias*. Sección IV. Ciencias Naturales, p. 25-28.
- MARMI, J.; MARTÍN-CLOSAS, C.; DELCLÒS, X.; POZA, B. (2011). "Fauna and flora in the age of dinosaurs". A: GALOBART, A.; SUÑER, M.; POZA, B. (ed.). *Dinosaurs of Eastern Iberia*. Indiana University Press. 199-224.
- MARMI, J.; LUJÁN, A.H.; RIERA, V.; GAETE, R.; OMS, O.; GALOBART, A. (2012). "The youngest species of *Polysternon*: A new bothremydid turtle from the uppermost Maastrichtian of the southern Pyrenees". *Cretaceous Research*, núm. 35, p. 133-142.
- MARTÍN, M.; GAETE, R.; GALOBART, A.; RIERA, V.; OMS, O. (2007). "A new hadrosaurian bonebed in the Maastrichtian of the southern Pyrenees: a stratigraphic and taphonomic approach". A: LISTON, JEFF (ed.). *55th Symposium of Vertebrate Palaeontology and Comparative Anatomy and the 16th Symposium of Palaeontological Preparation and Conservation*. Glasgow. Abstract of Presentations. 40.
- MARTINELL, J.; DE GIBERT, J.M.; DOMÈNECH, R.; EKDALE, A.A.; STEEN, P.P. (2001). "Cretaceous Ray Traces?: An Alternative Interpretation for the Alleged Dinosaur Tracks of La Posa, Isona, NE Spain". *Palaios*, núm.16, p. 409-416.
- MASRIERA, A.; ULLASTRE, J. (1988). "Nuevos datos sobre las capas maestrichtienses con *Septorella*: su presencia al norte del Montsec (Pirineo catalán)". *Acta Geológica Hispánica*, núm. 23 (1), p. 71-77.
- MATTAUER, M.; HENRY, J. (1974). "The Pyrénées". A: SPENCER, A. M. (ed.). *Mesozoic-Cenozoic Orogenic Belts. Data for Orogenic Studies*. Geological Society of London, Scottish Academic Press. 814 p. (Special Publication; 4)
- MUÑOZ, J. A. (1992). "Evolution of a continental collision belt: ECORS-Pyrenees crustal balanced cross-section". A: K. R. MC CLAY (ed.). *Thrust Tectonics*. London: Chapman & Hall, p. 235-246.

- MUÑOZ, J. A.; PUIGDEFÀBREGAS, C.; FONTBOTÉ, J. M. (1984). "Orógenos alpinos III. 4. 1. A: Pirineo. IGME. Ed. Libro Jubilar J. M. RIOS, *Geología de España*, 2, p. 161-205.
- MURELAGA, X.; PEREDA-SUBERBIOLA, X. AS-TIBIA, H.; LAPPARÉNT DE BROIN, F. (1998). "Primeros datos sobre los quelonios del Cretácico superior de Lleida". *Geogaceta*, núm. 24, p. 239-242.
- PRIETO-MÁRQUEZ, A.; GALOBART, A.; GAETE, R.; ARDÈVOL, L. (2000). "A *Richardoestesia*-like theropod associated to a dinosaur nesting site from the Upper Cretaceous foredeep, south-central Pyrenees, Spain". *Eclogae Geologiae Helvetiae*, núm. 93, p. 497-501.
- PRIETO-MÁRQUEZ, A.; GAETE, R.; RIVAS, G.; GALOBART, A.; BOADA, M. (2006). "Hadrosauroid dinosaurs from the Late Cretaceous of Spain: *Pararhabdodon isonensis* revisited and *Koutalisaurus kohlerorum*, gen. et sp. nov.". *Journal of Vertebrate Paleontology*, núm. 26, p. 929-943.
- RIERA, V. (2010). *Estudio integrado (geología y paleontología) de la sucesión de dinosaurios (Maastrichtiense) de la vertiente surpirenaica*. Tesis doctoral (inèdita). Departament de Geologia, Facultat de Ciències, Universitat Autònoma de Barcelona. 210 p.
- RIERA, V.; OMS, O.; GAETE, R.; GALOBART, A. (2009). "The end-Cretaceous dinosaur succession in Europe: The Tremp Basin record (Spain)". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, núm. 283 (3-4), p. 160-171
- ROSELL, J. (1967). "Estudio geológico del sector del Prepirineo comprendido entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana (Provincia de Lérida)". *Pirineos*, núm. 75 al 78. Año XXI. 225 p.
- ROSELL, J.; LINARES, R.; LLOMPART, C. (2001). "El "Garumniense" prepirenaico". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, núm. 14(1-2), p. 47-56.
- SANDER, P.M.; PEITZ, C.; GALLEMÍ, J.; COUSIN, R. (1998). "Dinosaurs nesting on a red beach?". *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la terre et des planètes/ Earth & Planetary Sciences*, núm. 327, p. 67-74.
- SANTAFÉ, J.V.; CASANOVAS, M.L.; LLOMPART, C. (1997). *Els dinosaures i el seu entorn geològic. Isona i Conca Dellà: Impremta Provincial de la Diputació de Lleida, Lleida*. 69 p.
- SANZ, J.L.; MORATALLA, J.J.; DÍAZ MOLINA, M.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; KÄLIN, O.; VIANEY-LIAUD, M. (1995). "Dinosaur nests at the sea shore". *Nature*, núm. 376, p. 731-732.
- SOLER-GIJÓN, R.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. (1998). "Sharks and rays (chondrichthyes) from the Upper Cretaceous red beds of the south-central Pyrenees (Lleida, Spain): indices of an India-Eurasia connection". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, núm. 141, p. 1-12.
- TALENS, J. (1955a). "Descubrimiento de dinosaurios en Tremp (Lérida)". *Estudios Geológicos*, tomo XI, núm. 25, p. 86.
- TALENS, J. (1955b). "Exploraciones sobre los dinosaurios de la Cuenca de Tremp (Lérida)". *Estudios Geológicos*, tomo XI, núm. 28, p. 456.
- VERGÉS, J.; MUÑOZ, J.A. (1990). "Thrust sequences in the Southern Central Pyrenees". *Bulletin de la Société Géologique de France*, núm. 8, p. 265-271.
- VIANEY-LIAUD, M.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N. (1997). "Late Cretaceous Dinosaur Eggshells from the Tremp basin, Southern Pyrenees, Lleida, Spain". *Journal of Paleontology*, núm. 71 (6), p. 1157-1171.
- VICENS, E.; ARDÈVOL, L.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; ARRIBAS, M.E. (2004). "Rudist biostratigraphy in the Campanian-Maastrichtian of the south-central Pyrenees, Spain". *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, núm. 247, p. 113-127.
- VILA, B.; GAETE, R.; GALOBART, À.; OMS, O.; PERALBA, J.; ESCUER, J. (2006). "Nuevos hallazgos de dinosaurios y otros tetrápodos continentales en los Pirineos Sur-centrales y orientales: resultados preliminares". A: COLECTIVO ARQUEOLÓGICO-PALEONTOLÓGICO

- SALENSE (ed.). *Actas de las III Jornadas sobre Dinosaurios y su Entorno. Salas de los Infantes, Burgos, España*, p. 365-378.
- VILA, B.; MORATALLA, J.J.; GAETE, R.; SANTOS, V.; GALOBART, À. (2011). "New titanosaur trackways from southern Pyrenees: Orcau-2 locality (Late Cretaceous) revisited". *Dinosaur Track Symposium 2011, Obernkirchen. Abstracts Volume*, p. 34-35.
- VILA, B.; GALOBART, À.; CANUDO, J. I.; LE LOEUFF, J.; DINARÈS-TURELL, J.; RIERA, V.; OMS, O.; TORTOSA, T.; GAETE, R. (2012). "The diversity of sauropod dinosaurs and their first taxonomic succession from the latest Cretaceous strata of Southwestern Europe: clues to demise and extinction". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, núm. 350-352, p. 19-38.