

Els amfibis més antics de Catalunya: recerca, divulgació, protecció i reconstrucció digital dels fòssils del jaciment paleontològic de la Móra (Tagamanent, Vallès Oriental)

JOSEP FORTUNY,¹ ÀNGEL GALOBART,¹ JOSEP MARMI,¹ RODRIGO
GAETE,² ALFREDO LÓPEZ-GARCÍA³

RESUM

Aquest treball vol constituir una síntesi de la història de la recerca paleontològica al Triàsic del Montseny, i alhora mostrar l'estat actual dels coneixements científics, incidint en la importància d'aquest territori per la seva gran diversitat fòssilífera. Un punt essencial d'aquest article correspon a la descripció de les restes de l'amfibi més antic conegut a Catalunya, recuperades al jaciment de la Móra, i assignades al grup dels Capitosaures. Per aquest motiu es fa una aproximació sobre aquest grup d'amfibis. Finalment, es descriuen tècniques no invasives per a l'estudi dels fòssils (en especial la tomografia computeritzada) amb els consegüents beneficis que ofereix aquest mètode aplicat als Capitosaures de la Móra.

1. INTRODUCCIÓ

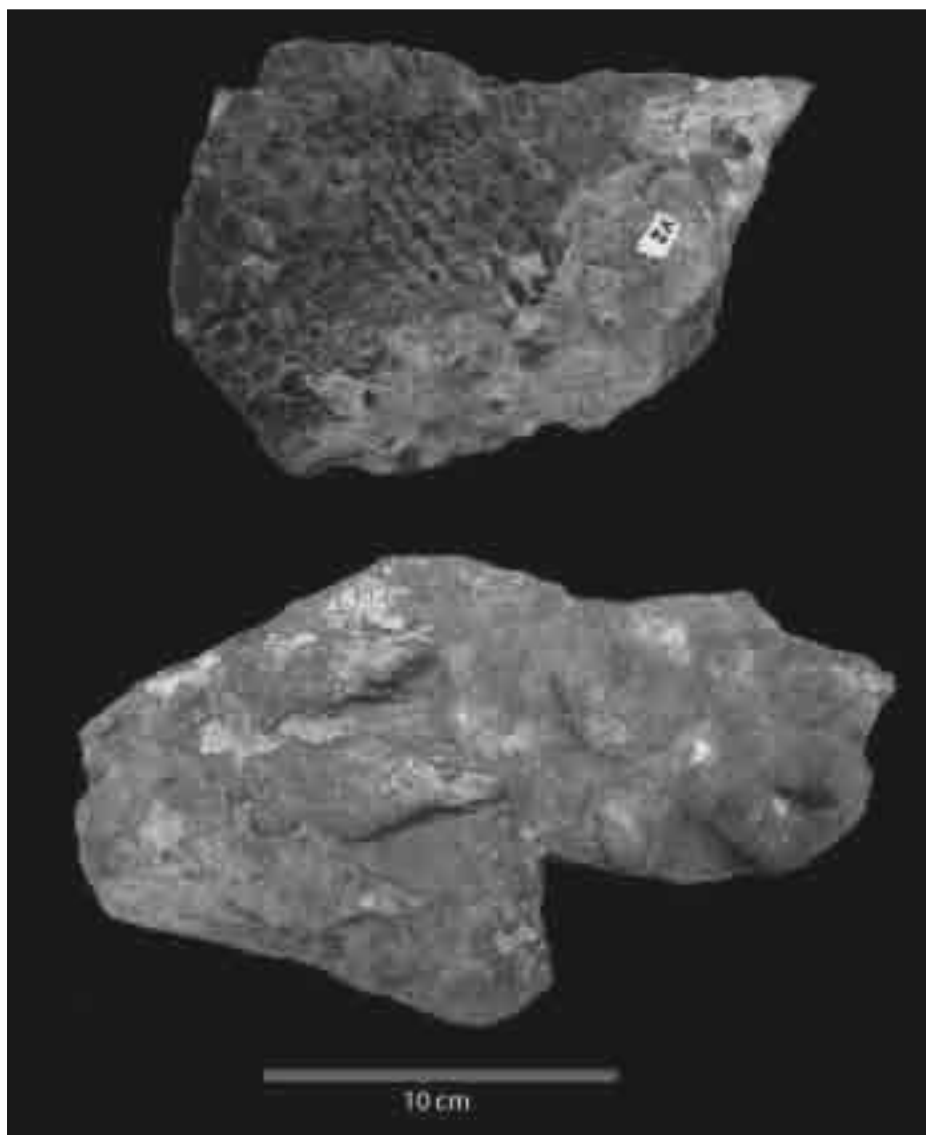
Les primeres evidències fòssils de vertebrats en el Triàsic del Montseny es remunten a l'any 1933, amb la descoberta al terme municipal de Centelles de restes de peixos (fauna ictiològica) (Figura 1), acompanyada d'altra fauna invertebrada, en les fàcies Muschelkalk, per part dels doctors Josep Fernández Villalta i Noel Llopis Lladó, durant el transcurs d'un estudi geològic de la vall del Congost (Llopis-Lladó, 1942; Bauza-

1. Institut Català de Paleontologia - Mòdul ICP - Facultat de Biociències Campus de la Universitat Autònoma de Barcelona

2. Museu d'Isona i Conca Dellà

3. Hospital Mútua de Terrassa

Rullan, 1954). No fou, però, fins a la dècada dels anys vuitanta que se citen a la bibliografia les dues primeres evidències de la presència de tetràpodes al Triàsic del Montseny. En la primera d'aquestes (Sanz, 1980) es posa en evidència la presència d'un rèptil marí, de tipus notosàurid, en fàcies Muschelkalk (actualment dipositat al Museu



*Figura 1. A la part superior, fragment de peix recuperat a les fàcies Muschelkalk de Centelles; a sota, petjada assignada a l'icnogènere *Chirotherium*, recuperada a les fàcies Buntsandstein de Tagamanent*

Geològic del Seminari de Barcelona); en la segona (Calzada, 1987), es mostra el potencial fossilífer de les fàcies Buntsandstein, formades en ambients continentals, en descobrir una abundant diversitat de petjades (Figura 1), entre les quals es reconeix la presència dels icnogèneres *Chirotherium* (tradicionalment interpretats com pertanyents a una forma reptiliana de tipus arcosauriforme) i *Rhynchosauroides* (assignat a formes reptilianes de tipus lepidosauriforme), a més de la possible presència de l'icnogènere *Synaptichnium* (una altra tipologia arcosauriforme).

Un gir remarcable en el coneixement de la fauna de vertebrats fòssils a la zona tindrà lloc a partir l'any 1989, quan dos grans afeccionats a l'arqueologia i coneixedors al detall de l'orografia del Montseny, Emili Ramon i Pere Font (Figura 2), en el transcurs d'una de les seves habituals excursions a la zona, varen descobrir dues estructures que identificaren com a ossos fòssils. La primera corresponia a un esquelet parcial articulat de grans dimensions, en tant que la segona consistia en un conjunt d'ossos no identificables prop de l'ermita de la Móra, totes dues situades en els sediments vermells de les fàcies Buntsandstein. Aquestes troballes foren notificades al conservador del Museu de Ciències Naturals La Tela de Granollers, Antoni Arrizabalaga, qui al seu torn va donar avís al Servei d'Arqueologia de la Conselleria de Cultura de la Generalitat de Catalunya, organisme competent en el camp de la protecció del patrimoni paleontològic. Aquest organisme va contactar ràpidament amb Josep Santafé, investigador de l'Institut de Paleontologia de Sabadell Miquel Crusafont, que en aquell moment era l'organisme que portava a terme el gruix de les excavacions de vertebrats fòssils a Catalunya. A causa de l'escàs registre fossilífer d'aquests sediments triàsics, la primera impressió de Santafé va ser que podrien correspondre a les restes d'un cocodril molt primitiu, que en tot cas devia tenir una gran importància científica. Davant del fet que no hi havia cap especialista en l'estudi de cocodrils i amb el perill evident de degradació del jaciment, es va sol·licitar una excavació d'urgència que es va fer entre els dies 27, 28 i 29 de juny de l'any 1990 (Galobart et al. 1990). En aquesta excavació hi va participar un equip de paleontòlegs i geòlegs format per Àngel Galobart, Rodrigo Gaete, Xavier Ros i Jordi Palomar. El jaciment va lliurar centenars de restes òssies que varen ser dipositades a l'Institut de Paleontologia M. Crusafont. Posteriorment, l'any 1996, durant el transcurs d'una jornada de camp per conèixer millor la geologia de la zona, l'equip format per Carles de Santisteban, Rodrigo Gaete i Àngel Galobart va descobrir, a pocs metres de la localitat fossilífera, noves petjades assignades a l'icnogènere *Chirotherium*.

Un cop acabada la campanya d'excavació de 1990, els membres de l'equip d'excavació varen ser conscients de la importància del jaciment, el qual podia aportar una valuosa informació que ajudaria a omplir el buit de coneixements sobre paleontologia de vertebrats del període Triàsic. Tot i que hi va haver un gran interès per part de la que aleshores era l'arqueòloga territorial de la zona del Vallès, Araceli Martín, per tirar endavant un pla de preparació i estudi del material, la falta d'un investigador interessat en els possibles "rèptils triàsics" en el si de l'Institut de Paleontologia M. Crusafont i, també el fet de no disposar d'un pressupost dedicat a les tasques de preparació d'aquests fòssils, van fer que, a partir d'aquell moment, tant les feines de preparació com l'estudi dels fòssils es fes sense cap tipus de suport econòmic. Pel que fa a les feines de preparació, aquestes mai no han estat senzilles, principalment a causa de la duresa de la matriu que envolta els ossos i de la pròpia fragilitat d'aquests, que



Figura 2. Els descobridors de la primera troballa, Emili Ramon i Pere Font, en l'acte d'homenatge on se'ls va lliurar una rèplica del material que varen descobrir

es fracturen amb molta facilitat impedit una òptima preparació dels materials amb l'ús de tècniques mecàniques. El sediment que envolta els fòssils és un gres quarstític amb una matriu molt carbonatada i molt cimentada, de gra molt fi i amb una presència important d'òxids de ferro. Això fa que bona part del material només s'hagi pogut preparar en superfície, deixant a la vista el contorn d'alguns ossos, ja que no s'han pogut extreure completament de la matriu. El fet que algunes de les plaques mostren una gran acumulació d'ossos, molt propers entre ells, encara complica més la preparació dels fòssils.

Les primeres observacions sobre el material preparat varen deixar clar que la major



Figura 3. Instantània de l'exposició sobre el *Capitosaure del Montseny*. S'hi observa una reconstrucció de l'animal i de com devia ser l'hàbitat on vivia

part dels ossos podrien pertànyer a algun membre del grup dels laberintodonts, literalment “dent amb forma de laberint” (actualment aquesta nomenclatura es troba en desús, i és més correcte la utilització del terme *Capitosaure* (vegeu més endavant)), la qual cosa constituïa la primera documentació d'àmbit triàsic peninsular. D'acord amb les restes cranials, es va proposar l'assignació del material al gènere *Parotosuchus* (Gaete *et al.*, 1993a, 1994, 1996), tot i destacar-ne algunes diferències respecte d'alguns caràcters que el definien.

Des d'aleshores aquest grup d'amfibis fòssils ha sofert àmplies revisions per part d'investigadors d'arreu del món, de manera que se n'ha pogut augmentar, en gran mesura, el coneixement taxonòmic, sistemàtic i també les relacions filogenètiques que es donen entre els taxons que el componen (Schoch, 2000; Damiani, 2001a). Aquesta sinergia també ha tingut lloc a casa nostra, on recentment es va reprendre l'estudi d'aquest material per part de noves generacions de paleontòlegs (Suñer, 2006; Fortuny, 2007) que han permès demostrar que els trets morfològics estudiats en les restes fòssils descarten la seva atribució al gènere *Parotosuchus* alhora que aporten nova llum sobre la seva reconstrucció i la seva posició filogenètica. L'ús de tècniques no invasives (com la tomografia computeritzada) ha permès observar caràcters inèdits en alguns dels fragments ossis que es troben inclosos a la matriu (Fortuny i Galobart, 2008; Fortuny *et al.*, 2009b).

També, des d'un bon inici, es va tenir en compte l'atractiu potencial divulgatiu del jaciment i de les seves faunes (Gaete *et al.*, 1993b). La primera reconstrucció del crani de l'amfibi (d'uns 40 cm de longitud) es va fer a principis dels anys noranta amb mot-

lles de silicona, a partir de diversos fragments de crani identificats entre les restes. Així mateix, l'escultor Ricardo Batista va fer un model de la reconstrucció de l'amfibi en vida (Figura 3), a partir de les instruccions anatòmiques proveïdes pels autors de l'estudi, el qual es va mostrar en un diorama amb la reconstrucció de l'ambient on podrien haver viscut aquests animals, feta pel també escultor i especialista en models prehistòrics Ramon Lòpez. Aquests materials gràfics varen formar part de l'exposició itinerant "Triàsic" promoguda pel Museu de Ciències Naturals La Tela de Granollers i l'Institut de Paleontologia Miquel Crusafont de Sabadell l'any 1995.

2. CONTEXT GEOGRÀFIC I GEOLÒGIC

El jaciment de la Móra està situat al municipi de Tagamanent (Vallès Oriental) i forma part del pla de la Calma, que es troba inclòs dins el Parc Natural del Montseny. La unitat geogràfica del Montseny pertany a la serralada Prelitoral catalana, que s'estén en direcció NE-SO (serralades costaneres catalanes, anteriorment anomenades els Catalànids). En el si de les serralades costaneres catalanes es delimiten sis unitats litostratigràfiques pel Mesozoic, que des de la seva base fins al seu sostre corresponen a: fàcies Buntsandstein (conglomerats, gresos i lutites vermelles), fàcies Muschelkalk inferior (dolomites i calcàries), Muschelkalk mitjà (detrítiques i evaporites), Muschelkalk superior (dolomites i calcàries), fàcies Keuper (Evaporites detrítiques) i la formació d'Imón (Virgili, 1958; Marzo i Calvet, 1985). Segons la potència i les característiques litològiques, els afloraments del Buntsandstein de les serralades costaneres catalanes poden agrupar-se en tres dominis: Montseny-Llobregat, Garraf i Miramar-Prades-Priorat.

El jaciment de la Móra (Figura 4) forma part del domini Montseny-Llobregat (Calvet i Marzo, 1994), que correspon a una unitat paleogeogràfica inclosa a la subconca situada al sector més oriental de la placa ibèrica. En aquest sector, els dipòsits de les fàcies Buntsandstein es troben adaptats a un substrat irregular format per materials del massís Ibèric, i mostren un increment de potència des del NE (145 m) al SW (310 m), en relació amb l'activitat sinsedimentària del sistema de fractures de sòcol (Calvet i Marzo, 1994). Els materials sedimentaris d'aquesta subconca són principalment gresos, llims i argiles vermelles (unitat de gresos i lutites del Figaró), tot i que localment s'ha descrit la presència de conglomerats (unitat de gresos conglomeràtics de Caldes) i bretxes (unitat de bretxes basals). Segons diversos autors (Marzo, 1980; Calvet i Marzo, 1994) aquests materials són dipòsits fluvials distribuïts per un sistema d'aportacions dirigit de NW-NE cap a SE-SW. Per les seves característiques litològiques, podem afirmar que la secció de la Móra està formada únicament per materials de la unitat de gresos i lutites del Figaró, d'uns 25 metres d'espessor, amb intercalacions de nivells d'argiles, llims i gresos.

L'edat absoluta atribuïble al jaciment de la Móra no és del tot clara, els primers estudis palinològics a la zona (Solé de Porta *et al.*, 1987) varen caracteritzar-lo com Anisià, que és el primer estatge del Triàsic mitjà. Més recentment, un estudi combinat de magnetostratigrafia i biostratigrafia en aquest sector (Dinarès-Turell *et al.*, 2005) ha exclòs la possibilitat que es tracti de Triàsic inferior, i torna a inferir una edat d'Anisià, en aquest cas amb una major aproximació a la seva franja inferior-mitjana (entre 246 i 240 milions d'anys) per la unitat de gresos i lutites del Figaró.



Figura 4. Mapa geològic del Montseny. Emmarcada es pot veure l'àrea on es troba el jaciment de la Móra. Font: Institut Geològic de Catalunya 2009, www.igc.cat

3. APROXIMACIÓ AL GRUP DELS CAPITOSAURES (AMPHIBIA: TEMNOSPONDYLÍ)

Els Capitosaus foren un extens grup d'amfibis que varen existir durant gairebé tot el període Triàsic. Pertanyen a l'ordre d'amfibis conegut com a Temnospòndils, abundant a finals del Paleozoic i que va resistir la gran extinció permiana i va perdurar fins al Cretaci. Els Temnospòndils, segons la literatura més clàssica, han estat inclosos dins del grup dels laberintodonts, per la seva morfologia dental on l'esmalt dibuixa una estructura que recorda un laberint, la qual és present també en altres taxons com els Ichthyostegàlids (on trobem els primers tetràpodes com *Ichthyostega* o *Acanthostega*) o els Antracosàurids. El primer exemplar trobat amb aquesta característica fou precisament un Temnospòndil, descrit com a *Mastodonsaurus*, per les seves dimensions impressionants (uns 6 metres de longitud del cap a la cua), per Jaeger l'any 1828. Més endavant, l'any 1841, el famós paleontòleg Richard Owen va redescriure aquest taxó i l'anomenà *Labyrinthodon*. Un any després, mentre aquest mateix paleontòleg encunyava el terme Dinosauria, von Meyer erigia el superordre Labyrinthodontidae, que ha estat

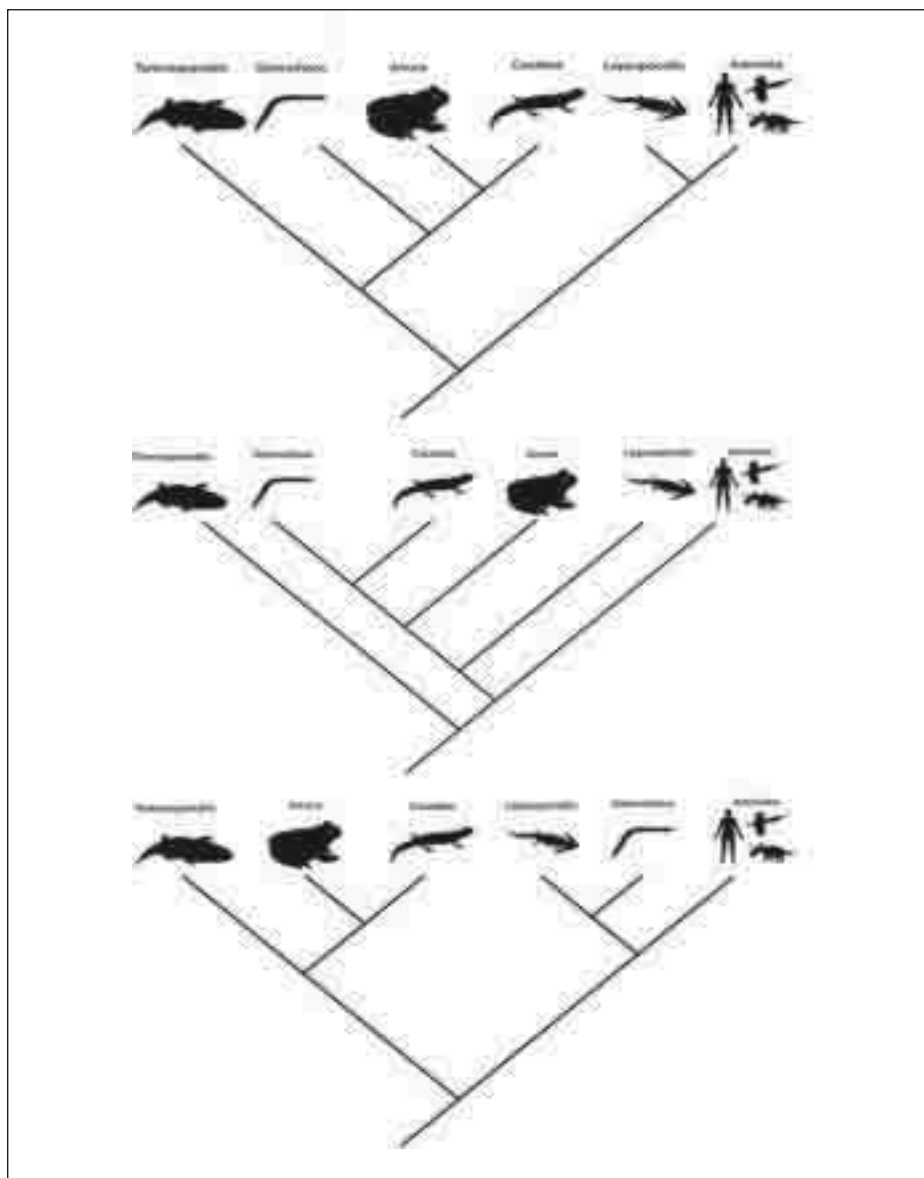


Figura 5. Origen dels amfibis actuals. A dalt: hipòtesi que defensa que els actuals amfibis tenen el seu origen en els Temnospondils. Al centre: hipòtesi on els Lepospondils són el grup basal dels actuals amfibis. A baix: hipòtesi que defensa un origen polifilètic, on els Temnospondils es troben a la base dels ordres Anura (granotes i gripaus) i Caudata (salamandres, axolots i tritons) i els Lepospondils en l'ordre Gymnophiona (cecílies)

acceptat i freqüentment utilitzat durant més d'un segle. No obstant això, les revisions filogenètiques recents del grup, des d'una perspectiva cladística, han demostrat que Labyrinthodontidae es tracta d'un grup parafilètic (Milner *et al.* 1986), és a dir compost per un grup on tots els seus integrants tenen un ancestre comú, però no tots els descendents d'aquest ancestre són presents al grup, fent que aquesta terminologia sigui actualment obsoleta. En conseqüència, s'ha reinterpretat la filogènia dels grups basals dels tetràpodes i recuperat el nom inicialment usat per Jaeger per al primer dels Temnospòndils descrits (*Mastodonsaurus*). Per tant, el terme Capitosaure és el correcte per referir-nos a les restes recuperades al Montseny, que pertanyen a l'ordre dels Temnospòndils, en lloc de parlar de Laberintodonts.

Pel que fa a l'origen dels amfibis actuals, aquest ha estat motiu de gran controvèrsia (Figura 5). La hipòtesi més acceptada és que els Temnospòndils són el grup que va donar lloc als lissamfibis, on trobem els ordres actuals Anura (granotes i gripaus), Caudata (salamandres, tritons i axolots) i Gymnophiona (cecílies) (Ruta *et al.*, 2003). Per contra, alguns autors han plantejat la possibilitat que siguin els Lepospòndils (un important grup de tetràpodes del Paleozoic) els veritables antecessors dels actuals lissamfibis (Vallin i Laurin, 2004). Recentment, també s'ha plantejat un origen polifilètic, el qual situa els Temnospòndils com l'origen d'Anura i Caudata i els Lepospòndils com origen de Gymnophiona (Anderson, 2007).

Entre els Temnospòndils, el grup més abundant i divers foren els Capitosaus, animals amb morfologies majoritàriament de tipus cocodriliforme, i amb alguns subgrups que mostraren tendències vers la neotènia, és a dir que els individus adults d'alguns taxons tenien trets morfològics propis de les formes juvenils, com es dona avui en dia en l'axolot (*Ambystoma mexicanum*), on els adults mantenen presents i visibles les brànquies, donant-los un aspecte de capgrossos gegants. Tot i algunes excepcions, els Temnospòndils tenien un rang de mides d'entre 1 i 3 metres de longitud, amb un musell allargat. El tronc d'aquests animals era dorsalment aplanat i molt ample, i les vèrtebres presenten processos transversos allargats i costelles extenses, amb una cua moderadament llarga la qual estava lateralment comprimida. Els integrants del grup dels Capitosaus mostren unes extremitats relativament més llargues que les observades en altres Temnospòndils, però amb unes cintures escapulars i pèlviques que mostren els ossos escapulocoracoides, ili i pubis sense gran desenvolupament. Aquesta estructura probablement no estava preparada per suportar grans tensions (Schoch i Milner, 2000). Aquests animals probablement eren actius nedadors, i devien mostrar semblances locomotores amb certes formes actuals de cocodrils. Tant per la seva estructura cranial com per la postcranial, se suposa que la seva alimentació es basava en la captura d'invertebrats i vertebrats de mida petita, tot i que els animals de major mida podrien depredar vertebrats més grans, com ara dipnous (peixos pulmonats) o petits rèptils (Damiani, 2001b).

Un fet distintiu del grup dels Temnospòndils (i per tant, també dels Capitosaus) és la presència d'una profunda escotadura o incisió òtica en la regió posterior del crani. La gradació d'aquest caràcter, en funció de la seva oclusió posterior, ha estat durant molts anys la característica principal en què s'ha basat la taxonomia d'aquest grup. Noves filogènies, que tenen en compte el caràcter de l'escotadura òtica, i també altres caràcters cranials, demostren que aquest grup posseeix un important grau d'homoplàsia, és a dir que una mateixa forma d'una estructura òssia no ha de tenir el mateix origen evolutiu, de forma que espècies que clàssicament havien estat classificades en un mateix grup, ara s'ha pogut demostrar que no

necessàriament tenien un avantpassat comú. Amb aquestes noves anàlisis filogenètiques es van clarificar, en gran mesura, les relacions entre els taxons inclosos al grup dels Temnospòndils.

Com hem vist fins ara, la classificació taxonòmica dels fòssils no està exempta de dificultat i el cas dels materials del jaciment de la Móra no en són una excepció. Les restes varen ser assignades inicialment al gènere *Parotosuchus* (Gaete *et al.*, 1993a, 1994, 1996), en clara sintonia amb les classificacions vigents a finals de segle XX, on només es tenien en consideració els caràcters derivats de l'escotadura òtica, provocant que aquest gènere es convertís en un calaix de sastre. Una nova revisió del material, i ja en consonància amb les darreres aportacions sistemàtiques sobre aquest grup, va conferir temptativament el material al gènere *Eryosuchus* (Suñer, 2006). Aquesta mateixa assignació del material del Montseny ja havia estat donada en un treball de revisió del grup (Damiani, 2001a), a partir dels caràcters observats en les publicacions prèvies del material (Gaete *et al.* 1993a, 1994, 1996). Tot i així, i tal com aquest mateix autor—i d'altres (Damiani, 2008; Schoch, 2008)—va observar posteriorment, les restes fòssils adscrites al gènere *Eryosuchus* es restringeixen a la plataforma est europea (principalment als països de l'antiga Unió Soviètica), fet que exclouria els materials del Montseny d'aquest gènere. Aquesta redefinició del gènere *Eryosuchus* ha impulsat de nou l'estudi del Capitosaure del Montseny, on l'ús de noves metodologies ha estat clau i ha permès obtenir una informació nova i inèdita (Fortuny, 2007).

4. METODOLOGIES DIGITALS EN L'ESTUDI DELS FÒSSILS DEL TRIÀSIC

4.1 Introducció a les tècniques no invasives

La paleontologia, entesa com una ciència multidisciplinària, ha aprofitat, des dels seus orígens, les innovacions i els recursos tecnològics emergents d'altres disciplines, com la medicina o l'enginyeria, incorporant-los i adaptant-los a les seves particularitats per tal d'obtenir noves dades del registre fòssil.

Aquest és el cas de la tomografia computeritzada (Figura 6); es tracta d'una tècnica d'anàlisi i visualització basada en la quantificació de l'absorció de raigs X al seu pas per una mostra. Els raigs X provenen de l'acceleració d'electrons (-), generats en un filament incandescent (cànode), i que frenen bruscament en xocar contra un ànode (+) d'un tub de raigs X. En passar per la mostra en exposició, els raigs X pateixen una atenuació diferencial, la quantificació de la qual és la base per a l'elaboració de la visualització per densitats. Aquesta atenuació depèn dels factors següents: energia del raig emès, densitat i gruix de la mostra i nombre atòmic dels elements que la componen. Tots els raigs X, tan si travessen la mostra de forma perpendicular, com si no ho fan, són recollits pels detectors. La suma de tots els raigs X emesos (i posteriorment recollits) permet a l'equipament realitzar una mitjana i obtenir una informació real del objecte d'estudi. Aquesta informació queda recollida en imatges bidimensionals i/o tridimensionals. En conjunt, s'obtenen múltiples talls o seccions de la peça, amb una distància entre tall determinada prèviament.

En resum, els tomògrafs computeritzats combinen per una banda les característiques pròpies dels aparells de raigs X (visualització de l'interior de cossos opacs), amb la composició tridimensional generada gràcies a la combinació d'imatges preses radial-

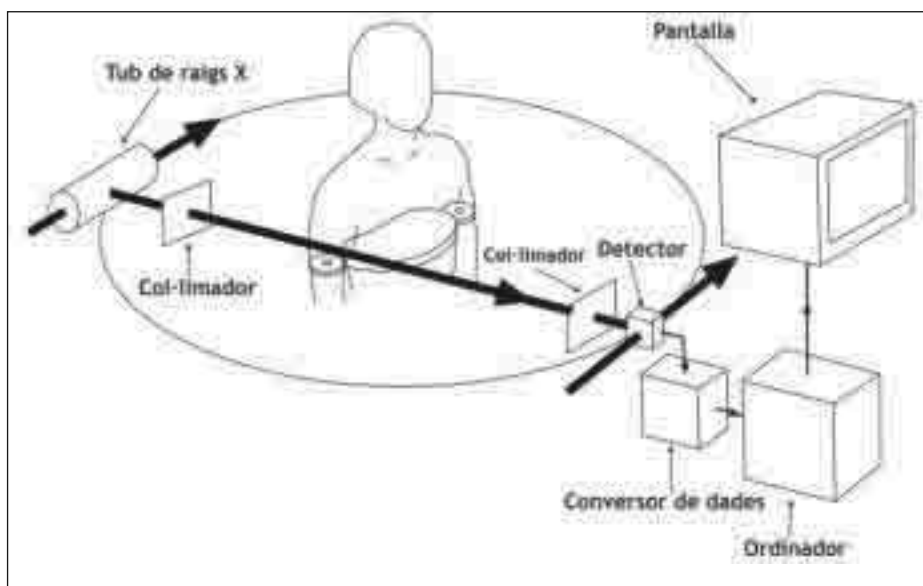


Figura 6. CT mèdic: esquema del funcionament d'un sistema de tomografia mèdic

ment a l'eix de la mostra; això permet obtenir models tridimensionals per treballar en sistemes CAD.

Quan es treballa amb material paleontològic s'han de tenir en compte els processos que han patit les restes pel procés de fossilització (fossilidagènesi), que poden generar canvis en la densitat del fòssil, fins a confondre'l amb la matriu que l'inclou. El principal problema a l'hora de processar les imatges consisteix a establir correctament el llinard de densitats entre les restes fòssils i la matriu, per tal de discernir, amb la major precisió possible, les zones de contacte entre la matriu i l'os. Cal puntualitzar que hi ha en l'actualitat diverses tipologies de tomògrafs. Els tomògrafs mèdics aconsegueixen una escala de resolució de mil·límetres, amb aparells que arriben a fer talls de 0,1 mm. Aquest és el tipus d'aparell utilitzat en aquest treball. D'altra banda, hi ha tomògrafs industrials d'alta resolució que permeten l'ús de grans dosis de radiació sobre materials inerts. Aquest tipus d'aparells tenen usualment una resolució de 100 a 10 micres, mentre que els aparells considerats com a microtomògrafs arriben a resolucions d'1 micra, però és possible millorar aquesta resolució si els microtomògrafs treballen amb radiacions derivades d'un sincrotró.

Les mesures digitals obtingudes amb l'ús de tècniques digitals són més precises i alhora permeten la creació de sistemes de representació i simulació d'alta resolució, obrint noves línies d'investigació en camps com la paleobiologia, la biomecànica o la tafonomia, per citar-ne algunes.

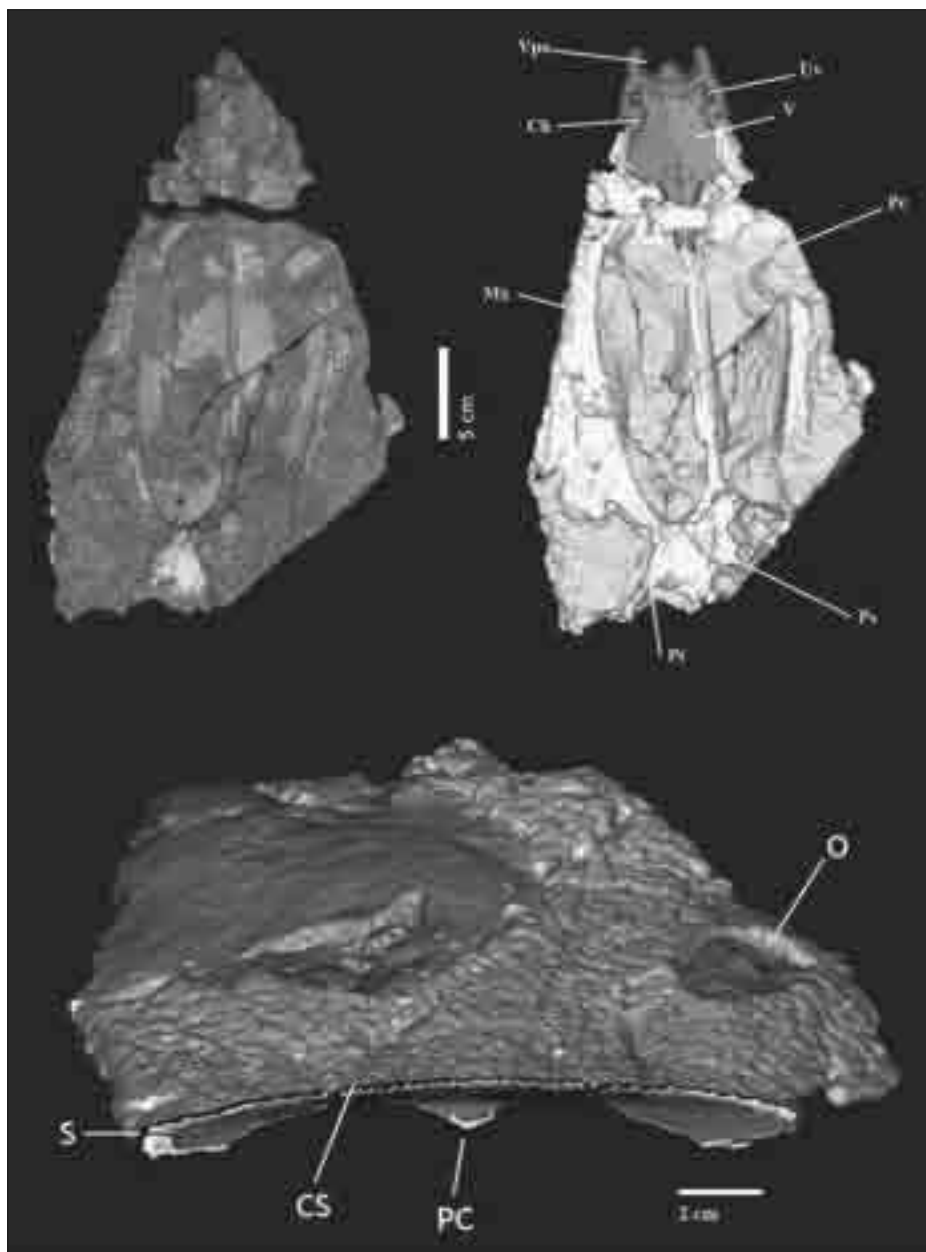


Figura 7. Procés de reconstrucció. A dalt, a l'esquerra: fragment de crani en vista ventral; a la dreta: reconstrucció del crani en vista ventral, s'observa la reconstrucció de la zona anterior. A baix: secció de crani on s'observa la diferència de densitat entre os i matriu

4.2 Metodologia usada en l'estudi del capitosau del Montseny

En el cas dels fòssils recuperats a la Móra, es varen seleccionar 5 peces diferents per tal d'avaluar-les digitalment. Es varen incloure els fragments cranials més ben preservats i una hemimandíbula completa. El material fou escanejat amb un tomògraf computeritzat (en endavant TC) multidetector (Sensation 16, Siemens) a la Mútua de Terrassa. L'amplada i alçada del tall en tots els escàners fets va ser de 512 x 512 píxels. En funció del volum i la superfície de cada peça escanejada es van ajustar els diferents paràmetres de treball com: mida de píxel (resolució), gruix dels talls o algoritme de reconstrucció. Aquesta última variable afecta la qualitat de les imatges obtingudes, per tant, és de gran importància l'elecció del més idoni en cada cas, per tal de poder observar amb millor definició la zona de contacte entre diferents restes òssies i poder-les separar adequadament. Les dades obtingudes del TC foren compilades posteriorment amb el software Mimics® 11.11 de Materialise. La metodologia de treball es va centrar en l'eliminació de la matriu que envolta el fòssil, aprofitant les ínfimes variacions que hi ha entre la densitat de l'os i la de la matriu (Figura 7). Per aquest motiu, l'obtenció del llinard entre el patró observat per la matriu i el de l'os va ser un objectiu important, i es van cercar protocols que permetessin discernir les zones límit, sense que es provocessin artefactes que poguessin provocar problemes de visualització.

Aprofitant els plans de simetria es varen reconstituir parts desaparegudes a partir de l'efecte mirall, que permet visualitzar la morfologia de parts d'interès taxonòmic o senzillament reconstruir els elements no conservats. Després es va fer un reposicionament virtual de les peces, provant de situar-les en la que seria la seva posició anatòmica natural. Un exemple d'aquestes accions és el reposicionament i la duplicació posterior del fragment de paladar recuperat, que permet observar la doble vacuïtat anterior que posseïa el taxó estudiat. Finalment, es va obtenir un model tridimensional que permet visualitzar un crani pràcticament complet (Figura 8) del capitosàurid recuperat al Montseny, i que va servir de base per redescrivre el material (Fortuny, 2007. Vegeu més endavant).

5. ESTAT ACTUAL DE LA RECERCA

5.1 Resultats científics

Gràcies a la creació d'aquest model digital, es va poder dur a terme una reavaluació dels caràcters diagnòstics d'aquest taxó per tal de comparar-lo amb la resta de membres d'aquest grup d'amfibis, d'acord amb la bibliografia, i també amb les observacions directes dels caràcters d'altres gèneres i espècies d'aquest grup. Caràcters que eren desconeguts o confusos pel fet que estaven coberts per la matriu que embolcalla els fòssils varen poder ser avaluats correctament. D'acord amb totes les dades obtingudes, es varen identificar les restes cranials com a pertanyents a un nou taxó, actualment en fase de publicació (Fortuny *et al.* en revisió) fet que prova l'única combinació de caràcters observada. Una anàlisi cladística preliminar (Fortuny *et al.*, 2009c) ha demostrat una posició més derivada d'aquest taxó respecte del gènere *Parotosuchus* i una clara diferenciació filogenètica respecte *Eryosuchus*, on s'havia assignat anteriorment.



Figura 8. Reconstrucció tridimensional del crani del Capitosaure recuperat al Montseny

No hem d'oblidar, però, que en la primera campanya d'excavació, el jaciment va lliurar restes de rèptils. Actualment aquestes restes es troben en fase d'estudi, i de forma temptativa, s'han assignat gràcies, a les restes dentàries recuperades, a dos grups taxonòmics: els arcossaumorfes i els procolophonids (Fortuny *et al.*, 2009a). La presència d'aquest darrer grup al Triàsic del Montseny representa la primera cita a la península Ibèrica i, per tant, una troballa important que ens esperona a continuar la recerca en aquesta àrea.

A més, tal com s'ha comentat prèviament, a les fàcies Buntsandstein del Montseny s'ha citat la presència d'icnites de tetràpodes. Una revisió recent i preliminar d'aquestes icnites (Valdiserri *et al.*, 2009) ha corroborat la presència dels icnogèneres

Rhynchosauroides, *Chirotherium barthii* i *Synaptichnium*, però també ha mostrat la presència de diversos icnogèneres, com *Isochirotherium*, en especial *I. soergeli*, *Procolophonichnium*, *Dycinodontipus* o *Rotodactylus*, en alguns casos preservats de forma excepcionalment bona, fins al punt que en alguns casos s'han preservat traces de pell.

5.2 Treballs de camp

D'ençà de la primera campanya d'excavació, l'any 1990, no s'havia fet cap nova actuació paleontològica al massís del Montseny. Aquesta dinàmica va canviar l'any 2008, quan es va encetar el Projecte d'Investigació dels Afloraments Triàsics amb Fauna de Vertebrats de Catalunya 2008-2011. Gràcies a aquest projecte, al juliol de l'any 2008 es va fer una segona campanya d'excavació al jaciment de la Móra, codirigida per Àngel Galobart, Josep Marmi i Josep Fortuny, que va permetre recuperar un important nombre de restes cranials i postcranials d'amfibis i rèptils, a més de confirmar la presència de restes vegetals i de descobrir una segona localitat fossilífera a poca distància del primer jaciment, que haurà de ser excavada en el futur.

Durant el mes de juny de l'any 2009 es va fer una nova actuació paleontològica de prospecció als materials triàsics del Montseny, dirigida per Albert Garcia-Selles, Arnau Bolet i Josep Fortuny. En aquesta campanya es varen prospectar els sediments de les fàcies Buntsandstein i Muschelkalk, a les comarques del Vallès Oriental i Osona, incloent-hi els termes municipals de Tagamanent, Aiguafreda, el Brull, Figaró-Montmany, Seva, l'Abella i Centelles. En total, es varen localitzar una trentena de punts on es conservaven evidències fòssils directes (restes òssies, vegetals i invertebrats) i indirectes (icnites), amb diferents graus de conservació en ambdues fàcies. Aquestes evidències mostren, una vegada més, l'important potencial que presenten les fàcies triàsiques del Montseny, la majoria de les quals incloses en el Parc Natural del Montseny.

6. CONCLUSIONS

D'ençà de les primeres troballes ictiològiques durant la dècada dels anys trenta, les fàcies Muschelkalk i Buntsandstein han demostrat un important potencial fossilífer de vertebrats. La major part de restes fòssils provenen de les fàcies Buntsandstein, que han lliurat interessants restes òssies d'amfibis i rèptils, alhora que mostren una gran diversitat en el registre icnològic de tetràpodes. En un context més ampli, el Buntsandstein del Montseny és l'àrea de la península Ibèrica on s'està recuperant un major nombre de taxons i material fòssil d'ecosistemes no marins del període Triàsic.

L'amfibi capitosàurid recuperat al Montseny representa un nou taxó que pot resultar clau en els estudis filogenètics d'un grup que va tenir una gran diversificació just al Triàsic mitjà, edat del jaciment de la Móra.

Aquestes noves troballes paleontològiques estan íntimament lligades als avenços tecnològics que han permès superar notablement les problemàtiques derivades de la preparació dels materials. En especial, la tomografia computeritzada ha permès observar regions inexplorades fins al moment. A més, s'han iniciat treballs que tenen per objectiu la preparació física i química de les restes òssies recuperades (Fortuny et al.

2009b), usant noves metodologies que permetin superar els problemes derivats de la preparació mecànica dels materials. Finalment, les noves intervencions paleontològiques a les fàcies Buntsandstein del Montseny han posat de manifest la necessitat de conservar i protegir les àrees susceptibles de contenir restes fòssils. La major part de les restes de vertebrats han estat recuperades en les comarques del Vallès Oriental i Osona, incloses sovint en el Parc Natural del Montseny. Ocasionalment, els treballs de recuperació o manteniment de vies rurals i urbanes o construccions arquitectòniques afecten les fàcies Buntsandstein i Muschelkalk en àrees que són altament susceptibles de contenir restes fòssils. És per aquest motiu que, davant de l'especificitat paleontològica d'aquesta zona, considerem que s'hauria de proposar alguna de les figures de protecció establertes a la Llei de patrimoni cultural català (Llei 9/1993) i en el Reglament de protecció del patrimoni arqueològic i paleontològic (78/2002), com podrien ser un espai de protecció arqueològica (zona paleontològica).

AGRAÏMENTS

Els autors volen agrair especialment a Pere Font, Emili Ramon i Antoni Arrizabalaga l'interès i l'entusiasme que han dedicat al jaciment de la Móra. Les tasques d'excavació no haurien estat possibles sense el treball de tot l'equip que en va formar part i en especial, d'Albert Garcia-Selles, Arnau Bolet, Manel Mendez, Xavier Ros i Jordi Palomar. Les tomografies del material fòssil de la Móra s'han fet en les instal·lacions de l'Hospital Mútua de Terrassa, gràcies al conveni de col·laboració entre aquesta institució i l'Institut Català de Paleontologia. Finalment volem agrair a Elisabet Blaya la seva invitació a participar a la Tribuna d'Arqueologia.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J. S. (2007). "Incorporating ontogeny into the matrix: A phylogenetic evaluation of developmental evidence for the origins of modern amphibians". A: ANDERSON, J. S.; SUES H.-D. (ed.) *Major transitions in vertebrate evolution*. Bloomington: Indiana University Press, p. 182-227.
- BAUZA-RULLAN, J. (1954) "Contribuciones al conocimiento de la Ictiología fósil de España. Los peces triásicos de Gorg Negre de Centelles". *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Tomo homenaje a E. Hernandez-Pacheco)*, p. 97-103.
- CALVET, F.; MARZO, M. (1994) "El Triasico de las Cordilleras Costero Catalanas: estratigrafía, sedimentología y analisis secuencial". A: Arche A. (ed.) *Excursiones del III Coloquio Estratigrafico y Paleogeografico del Permico y Triasico de España*. Cuenca, 53 pàgines.
- CALZADA, S. (1987) "Niveles fosilíferos de la facies Buntsandstein (Trias) en el sector norte de las Catalanides". *Cuadernos de Geología Ibérica*, núm.11, p. 256-271.
- DAMIANI, R.J. (2001a) "A systematic revision and phylogenetic analysis of Triassic mastodonsauroids (Temnospondyli: Stereospondyli)". *Zoological Journal of the Linnean Society*, núm. 133, p. 379-482.
- DAMIANI, R.J. (2001b) "Cranial anatomy of the giant middle Triassic temnospondyl

- Cherninia megarhina* and a review of feeding in mastodonsauroids”. *Palaeontologia Africana*, núm.37, p.41-52.
- DAMIANI, R.J. (2008) “A giant skull of the temnospondyl *Xenotosuchus africanus* from the Middle Triassic of South Africa and its ontogenetic implications”. *Acta Palaeontologica Polonica*, núm. 53 (1), p. 75-84.
- DINARÈS-TURELL, J.; DIEZ, J.B.; REY, D.; ARNAL, I. (2005) «“Buntsandstein” magnetostratigraphy and biostratigraphic reappraisal from eastern Iberia: Early and Middle Triassic stage boundary definitions through correlation to Tethyan sections». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, núm. 229, p. 158-177.
- FORTUNY, J. (2007) “Reconstrucció digital del crani de l'estereospòndil capitosàurid del jaciment de la Móra (pla de la Calma, Barcelona)”. Memòria de DEA. Universitat de Barcelona. Inèdit.
- FORTUNY, J.; GALOBART, A. (2008) “CT tools for the vertebrate virtual preparation: the case of the temnospondyl capitosaur skulls in the Buntsandstein rocks”. *Progressive Paleontology*, Manchester, p. 16.
- FORTUNY, J.; GALOBART, À.; DE SANTISTEBAN, C.; SELLES, A.G. (2009a) “The vertebrate assemblage of La Mora (Middle Triassic, NE of Iberian Peninsula): Preliminary results”. *10th Mesozoic Terrestrial Ecosystems Symposium abstract book, Teruel*, p.161-162.
- FORTUNY, J.; GARCIA-ALIX, A.; GARCIA MARTINEZ, R.; VAL, S. (2009b) “MATRIX: Technological world against the hard sediments”. *I Conservation Workshop, Sabadell*.
- FORTUNY, J.; GALOBART, À.; DE SANTISTEBAN (2009c) “New capitosaur taxa (Amphibia:Temnospondyli) from the middle Triassic (early-middle Anisian) of Iberian Peninsula”. *Journal of Vertebrate Paleontology*, núm. 29(3), p. 97A.
- GAETE, R.; GALOBART, A.; ROS, X. (1993a) “Primera noticia del hallazgo de un *Parotosaurus* (Capitosauridae, Amphibia) en el Triásico inferior del Macizo del Montseny”. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, núm. 3, p. 61-66.
- GAETE, R.; GALOBART, A.; ROS, X. (1993b) “El laberintodont de la Calma: Un amfibi de 230 milions d'anys trobat al Montseny”. *Lauro*, núm. 5, p. 27-40.
- GAETE, R.; GALOBART, A.; PALOMAR, J.; MARZO, M. (1994) “Hallazgo de *Parotosuchus* sp. (Amphibia, Temnospondyli) en las facies Buntsandstein del Pla de la Calma (Cordilleras Costeras Catalanas): Resultados preliminares”. *Geogaceta*, núm. 16, p. 61-63.
- GAETE, R.; GALOBART, A.; PALOMAR, J.; MARZO, M. (1996) “Primeros resultados sistemáticos y bioestratigráficos del yacimiento de tetrápodos fósiles de la facies Buntsandstein de La Mora (Pla de la Calma, Barcelona)”. *Cuadernos de Geología Ibérica*, núm. 20, p. 331-345.
- GALOBART, A., GAETE, R. ; ROS, X., (1990) “Informe sobre l'extracció de les restes d'un vertebrat fòssil del Buntsandstein a l'ermita de la Mora (Tagamanent, Vallès Oriental) el 27, 28 i 29 de Juny de 1990”. *Memòria de la intervenció paleontològica*. Departament de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya, p.1-8.
- LLOPIS-LLADÓ, N. (1942) *Estudio geológico del Valle del Congost, Instituto Geológico Topográfico*. Diputació de Barcelona. Barcelona, 102 pàgines.
- MARZO, M. (1980) *El Buntsandstein de los Catalánides. Estratigrafía y procesos de sedimentación. Tesis Doctoral*. Universitat de Barcelona, 317 pàgines.

- MARZO, M.; CALVET, F. (1985) *Guía de la excursión al Triásico de los Catalánides*. II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España. La Seu d'Urgell. 175 pàgines.
- MILNER, A.R.; SMITHSON, T.R.; MILNER, A.C.; COATES, M.I.; ROLFE, W.D.I. (1986). "The search for early tetrapods". *Modern Geology*, núm 10, p. 1-28.
- RUTA, M.; JEFFREY J.E.; COATES, M.I. (2003) "A supertree of early tetrapods". *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, núm. 270, p. 2507-2516.
- SANZ, J.L. (1980) *Los notosaurios españoles, análisis filogenético y sistemático de los sauropterigios triásicos*. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 442 pàgines.
- SCHOCH, R.R. (2000) "The origin and intrarelationships of Triassic capitosaurid amphibians". *Palaeontology*, núm. 43(4), p. 705-727.
- SCHOCH, R.R. (2008) "The Capitosauria (Amphibia): characters, phylogeny and stratigraphy". *Palaeodiversity*, núm.1, p. 189-226.
- SCHOCH, R.R.; MILNER A.R. (2000) *Stereospondyli*. A: Wellnhofer, P. (ed.) *Encyclopedia of paleoherpetology*. Munich, núm. 3B, 203 pàgines.
- SOLE DE PORTA, N.; CALVET, F.; TORRENTÓ, L. (1987) "Análisis palinológico del Triásico de los Catalánides (NE España)". *Cuadernos de Geología Ibérica*, núm. 11, p. 237-254.
- SUÑER, M. (2006) "Revisión de *Parotosuchus* sp. (Amphibia, Temnospondyli "Capitosauroida", "Capitosauridae") del yacimiento de La Mora de facies Buntsandstein (Pla de la Calma, Barcelona)". *Memoria de DEA*. Universitat de Valencia. Inèdit.
- VALDISERRI, D.; FORTUNY, J.; GALOBART, A. (2009) "New insight on old material: Triassic tetrapods footprints in Catalonia (NE Iberian Peninsula)". *10th Mesozoic Terrestrial Ecosystems Symposium abstract book*. Teruel, p. 163-164.
- VALLIN G.; LAURIN, M. (2004) "Cranial morphology and affinities of *Microbrachis*, and a reappraisal of the phylogeny and lifestyle of the first amphibians". *Journal of Vertebrate Paleontology*, núm. 24, p. 56-72.
- VIRGILI, C. (1958) "El Triásico de los Catalánides". *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, núm. 69, p. 1-856.