La recerca paleontològica al sinclinal de Vallcebre (Berguedà)

BERNAT VILA,[1,2] BEGOÑA POZA,[2] JOSEP MARMI,[1] ÀNGEL GALOBART[1] I ORIOL OMS[3]

Resum

Aquest treball té com a objectiu descriure i sintetitzar els resultats de la recerca feta en el sinclinal de Vallcebre en el marc del *Projecte de recerca del trànsit Mesozoic-Cenozoic continental català: implicacions paleoecològiques i biogeogràfiques* durant el període 2002-2006. El conjunt de troballes que s'han fet han permès obtenir un registre fòssil fins ara inèdit de vertebrats i vegetals. Entre el material fòssil de vertebrats destaquen les restes directes i indirectes d'arcosaures (dinosaures i cocodrils) i peixos. El registre paleobotànic disposa de noves restes de meso i macroflora (angiospermes i gimnospermes). La contextualització temporal i paleoambiental de les restes fòssils recuperades permet caracteritzar les associacions de vertebrats continentals de finals del Cretaci als Pirineus i l'evolució dels ambients fins al moment de l'extinció dels darrers dinosaures.

1. Introducció

Els Pirineus meridionals contenen un important registre fòssil de dinosaures i altres vertebrats mesozoics al llarg de cinc conques principals. Aquestes són, d'est a oest, el sinclinal de Vallcebre (Berguedà), l'àrea de Coll de Nargó (Alt Urgell), la conca de Tremp-Isona (Pallars Jussà), el sinclinal d'Àger-àrea de Fontllonga (Noguera), i l'àrea d'Areny (Ribagorça, Aragó). Malgrat la complementarietat de les successions estratigràfiques i del registre fòssil a les diferents conques, el coneixement estratigràfic, sedi-

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

2. Consorci Ruta Minera, Carretera de Ribes, 20, E-08698 Cercs (Barcelona).

3. Dep. Geologia (Estratigrafia), Fac. de Ciències Universitat Autònoma de Barcelona E-08193 Bellaterra (Barcelona)

mentològic i paleontològic en cadascuna ha estat molt desigual. A diferència d'altres àrees pirinenques com la conca de Tremp, on les prospeccions paleontològiques es van iniciar molt aviat, àrees com el sinclinal de Vallcebre no han rebut fins ben recentment una atenció per part dels especialistes. Des de l'any 2002, l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont i la Universitat Autònoma de Barcelona coordinen juntament amb altres centres universitaris i museístics d'arreu de Catalunya, el *Projecte de recerca del trànsit Mesozoic-Cenozoic continental català: implicacions paleoecològiques i biogeogràfiques*. A l'àrea del Berguedà la recerca s'ha desenvolupat en el marc d'una estreta col·laboració amb el Consorci Ruta Minera, ens local que gestiona els jaciments de Fumanya, i ha permès d'obtenir un important volum de noves dades de gran interès paleontològic i estratigràfic, principalment. Aquest article té com a objectiu descriure i sintetitzar els resultats dels treballs fets en el marc del projecte esmentat durant el període 2002-2006.

2. SITUACIÓ GEOGRÀFICA I CONTEXT GEOLÒGIC

El sinclinal de Vallcebre inclou part dels termes municipals de Fígols, Cercs, Saldes, Vallcebre i Guardiola de Berguedà, a la comarca del Berguedà (província de Barcelona), a uns 20 quilòmetres al nord de Berga als Pirineus Orientals (Fig. 1a). A grans trets l'àrea està situada al nord-oest de la comarca, vorejant en gran part la serra d'Ensija, a l'oest del riu Llobregat i amb el riu Saldes com a límit septentrional. Bona part de la zona d'estudi es troba situada en els afloraments d'antigues explotacions de carbó a cel obert, finalitzades a les darreries dels anys vuitanta. Seguint de sud a nord el vessant est de la serra d'Ensija els principals jaciments amb icnites de dinosaure, objecte d'una de les parts destacades dels treballs, es distribueixen contínuament passant a través de l'anomenat coll de Fumanya (Fígols) fins a arribar gairebé al coll de Pradell (Vallcebre). S'accedeix al conjunt de l'àrea paleontològica a través de les carreteres BV-4025 i BV-400, que surten de la principal C-16.

Des d'un punt de vista geològic, el sinclinal de Vallcebre es troba en la que es pot considerar com la prolongació més oriental de l'anomenada Unitat Sud-pirinenca Central que correspon, en sentit geogràfic, als Prepirineus. Aquesta unitat està composta pels mantells superiors dels Pirineus meridionals que, a l'àrea del Berguedà, estan constituïts per làmines d'encavalcament (els mantells superior i inferior del Pedraforca), que al seu torn s'encavalquen sobre la seva unitat al·lòctona inferior, el mantell del Cadí. Aquestes làmines van patir la seva major intensitat de deformació durant el Paleogen, època en què es van produir els seus emplaçaments (Vergés, 1992).

Al nucli del sinclinal s'hi troben els materials continentals de la Formació Tremp (Mey *et al*., 1968), també clàssicament coneguda com a fàcies garumniana. Aquests materials han estat l'element central en les principals recerques estratigràfiques i paleontològiques a la zona. Aquesta formació, juntament amb la Formació Areny (present en altres conques pirinenques), registra la regressió marina que va tenir lloc a finals del Cretaci superior als Pirineus i al conjunt de l'àrea sud-europea. Ambdues unitats han lliurat durant dècades un registre molt destacat d'ossos, petjades i ous de diversos vertebrats continentals en tot el Pirineu sud-central (Casanovas *et al*., 1987; López-Martínez *et al*., 2001). A la zona d'estudi la Formació Tremp està composta bàsicament per lutites grises i versicolors, carbons, margues, calcàries i nivells de sorrenques.

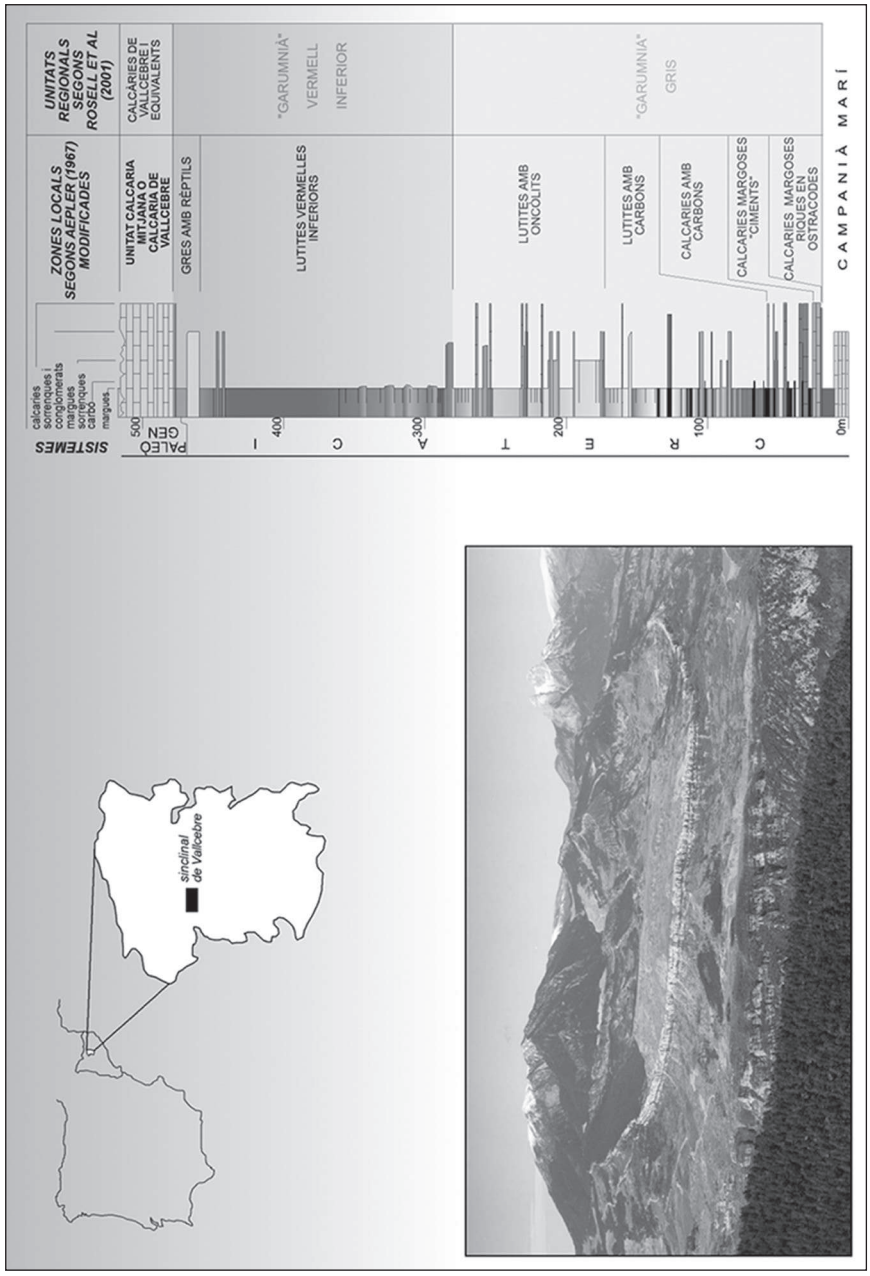

Figura 1. Situació geogràfica, visió panoràmica (esquerra i a baix), i successió estratigràfica de la Formació Tremp (dreta) al sinclinal de Vallcebre. Fotografia: cortesia del Consorci Ruta Minera (Fotografia Luigi Berga).

Aquests materials han estat dividits en unitats litoestratigràfiques que presenten una edat tant cretàcica com terciària (Oms *et al*., 2003). Les unitats continentals i de transició cretàciques són Calcàries margoses o *ciments*, Calcàries inferiors amb carbons, Lutites amb carbons, Lutites amb oncòlits, Lutites roges inferiors i Gresos amb rèptils. Per damunt, la unitat Calcària de Vallcebre presenta ja una edat terciària (Fig. 1b). El conjunt d'unitats corresponen als trams de Garumnià gris i Garumnià roig inferior de Rosell *et al*., (2001) i representen la part final del cicle regressiu del Cretaci superior als Pirineus. D'altra banda els recents estudis magnetostratigràfics han permès correlacionar la successió de Vallcebre amb l'escala estàndard de polaritats magnètiques i establir una edat de Maastrichtià per als materials de la Formació Tremp (Oms *et al*., 2007a).

3. ANTECEDENTS DE RECERCA

Les primeres cites i descripcions de material fòssil del sinclinal de Vallcebre són de finals del segle XIX i mitjan segle XX (Vidal, 1871, 1874; Talens, 1955) i corresponen a fòssils d'invertebrats. No és fins a finals dels anys seixanta que es té constància de la presència de fòssils de vertebrats, concretament fragments d'ossos i ous de dinosaures (Aepler, 1967). Posteriorment diversos autors catalans i francesos descriurien vàries espècies de caròfits, ostràcodes, palinomorfs, gasteròpodes i traces d'artròpodes (Feist i Colombo, 1983; Masriera i Ullastre, 1983; Ullastre i Masriera, 1983; Médus *et al*., 1988; Mayoral i Calzada, 1998). Als anys vuitanta i inicis del 2000 es publiquen noves cites de fragments de closques, ous i fragments d'ossos (Ullastre i Masriera, 1983; Médus *et al*., 1988; Peitz, 2000; Galobart *et al*., 2002) i es dóna a conèixer la localitat icnològica de Fumanya (Viladrich, 1986). Aquesta darrera localitat ha centrat bona part de l'interès científic de diversos grups de recerca (Le Loeuff i Martínez, 1997; Schulp i Brokx, 1999; Vila *et al*., 2005a) que han permès aprofundir en el coneixement de centenars de petjades i rastres fòssils d'un dels jaciments icnològics més importants d'Europa (Lockley i Meyer, 2000). Paral·lelament, la ràpida i severa degradació observada en la superfície vertical que conté les icnites (Vila *et al*., 2006a) ha estat motiu de diversos estudis de conservació (Álvarez *et al*., 2005; Badia *et al*., 2005; Gamarra, 2005). Altres troballes fetes en els darrers anys a la zona fruit de les investigacions que es detallen en aquest treball fan referència a ous, petjades i ossos de diversos vertebrats (vegeu Vila *et al*., 2006b).

4. TREBALLS REALITZATS I METODOLOGIA (PERÍODE 2002-2006)

4.1 Prospecció paleontològica sistemàtica

Entre els anys 2003 i 2004 es va dur a terme una prospecció paleontològica inicial de forma sistemàtica. Atesa l'escassetat de treballs fets a la zona en aquest sentit es va creure oportú iniciar una primera prospecció sobre el terreny que permetés, entre altres objectius, la identificació de localitats susceptibles de lliurar nou material fòssil en excavacions programades. Entre els mesos d'octubre i inicis de desembre de 2003 es van prospectar principalment les àrees de Fígols i Vallcebre, els primers afloraments

prospectats de les quals foren aquells que es trobaven propers a les superfícies amb icnites de Fumanya (afloraments dels cels oberts de Fumanya Sud, Pedra Ronyosa, Fumanya Nord, Mina Esquirol i Mina Tumí). Així es van inventariar, per exemple, les restes de macroflora fòssil de les parets verticals de Fumanya. L'any següent, durant els mesos d'agost a novembre de 2004 es van continuar les prospeccions als termes municipals de Fígols (Peguera), Vallcebre (Quijoles i Terrers) però també al terme municipal de Saldes.

Els treballs de prospecció van consistir en la localització amb coordenades UTM i sobre mapes 1:5.000, dels punts d'interès que podien aparèixer. De cada nou punt o troballa se'n van prendre les dades de situació geogràfica i geològica i les principals característiques d'interès que aquest presentava. Tenint en compte l'aflorament dels materials susceptibles de contenir restes fòssils es van fer prospeccions allà on aquests afloraven d'una manera òptima (torrents, barrancs, antigues zones d'explotació, etc.).

4.2 Mostreig, rentatge i triatge de sediments

Durant el 2004 es van dur a terme els treballs de mostreig, rentatge i triatge de sediments a l'àrea de Vallcebre, amb la qual cosa s'iniciaven els estudis de micropaleontologia de vertebrats a la zona. La micropaleontologia és la ciència que estudia els microfòssils. Els microfòssils, són aquells fòssils l'estudi dels quals es basa en l'ús de microscopi a causa de les seves dimensions. Actualment es considera A. D. d'Orbigny (1802 – 1857) com el fundador d'aquesta disciplina paleontològica. La vessant aplicada de la micropaleontologia va començar l'any 1877, quan es va determinar l'edat d'una successió d'estrats en un sondeig d'Àustria gràcies als foraminífers. Des de llavors ha esdevingut una eina molt important en la recerca geològica i paleontològica. Els microfòssils engloben una gran varietat d'entitats biològiques; per una banda hi ha microorganimes com per exemple foraminífers o ostracodes, o vegetals, per exemple el pol·len, però també són microfòssils les parts o fragments molt petits d'organismes vertebrats, com per exemple dents, ossos o altres. La metodologia emprada en l'obtenció de microfòssils es divideix en tres fases de treball (Fig. 2); la primera és la prospecció i el mostreig que es desenvolupa en el camp, la segona és la fase de rentatge o dissolució, que, segons la quantitat de mostra, es pot fer al camp o al laboratori, i l'última fase és el triatge o separació dels microfòssils.

Figura 2. Treballs de recol·lecció de sediment al camp (A) i les cubetes que contenen el sediment abans de ser rentat (B). Al fons es pot veure la taula garbelladora. El triatge del concentrat es fa amb una lupa binolucar al laboratori (C; cortesia de Cheyenn Rotgers).

En la primera fase d'aquest estudi es varen mostrejar aquells nivells que havien estat seleccionats en els treballs de prospecció previs. Es van escollir nivells amb litologies argiloses perquè és un material apte per ser rentat. Les mostres del mostreig inicial, provinents d'un total de nou nivells estratigràfics, varen ser analitzades i es va valorar la facilitat del sediment per rentar-se i el seu contingut en micròfossils. Finalment se seleccionaren tres nivells per dur a terme la recerca de microfòssils i se'n varen recol·lectar uns 100 sacs, aproximadament van ser 2.000 quilos de sediment per nivell seleccionat. En anys posteriors s'amplià l'estudi micropaleontològic als jaciments paleontològics de l'àrea del sinclinal de Vallcebre i la recol·lecció del material es féu simultàniament a l'execució de la intervenció paleontològica en els jaciments de macrovertebrats. El tractament posterior de les mostres al laboratori permeté recuperar els fòssils de microvertebrats, que per la seva mida microscòpica, no era possible distingir a ull nu al jaciment. Es mostrejaren sediments dels jaciments de fòssils de dinosaure de Peguera-1 i de la Font del Bullidor, i es processà un volum de 6.500 quilos de sediment.

L'objectiu de la fase de rentatge és desfer el sediment i aconseguir separar el microfòssil de la fracció argilosa que conforma el sediment. El rentatge comença amb l'estesa del sediment sobre plàstics. Un cop està sec, el sediment s'aboca dins de cubetes que s'omplen d'aigua per desfer el sediment. Finalment s'aboca el fang de les cubetes sobre les taules garbelladores. Aquest sistema, ideat pel paleontòleg holandès M. Freudenthal, està format per tres taules disposades esglaonadament, en el fons de les quals hi ha una malla metàl·lica de llum decreixent: la primera taula de 2,5 mil·límetres, la segona de 0,7 mil·límetres i la tercera de 0,5 mil·límetres. D'aquesta manera s'aconsegueix que cada taula-garbell atrapi una fracció de material siliciclàstic. El material que queda atrapat a cada taula és el que s'anomena concentrat. Una vegada el concentrat està sec es posa dins sacs i s'envia al laboratori.

L'última etapa del procés és el triatge. Aquest es fa en el laboratori, i consisteix a seleccionar les restes micropaleontològiques que pugui contenir el concentrat dels grans minerals. La fracció grollera es tria a ull, mentre que en el triatge de la fracció mitjana i fina s'utilitza la lupa binocular. Cada nivell es tria per separat per evitar possibles contaminacions. Els fòssils recuperats es guarden en capses prèviament siglades i seran identificats i estudiats per l'equip de paleontòlegs.

4.3 Excavacions

Com a resultat dels treballs de prospecció es van identificar aproximadament uns 20 punts o localitats amb restes fòssils. Entre les noves localitats destaquen els jaciments del Torrent de l'Esdavella, Peguera-1, la Font del Bullidor (A-FIG05), els Terrers, les Quijoles, els Cingles del Boixader, Fumanya Sud, Coll de Jou, etc. En aquestes localitats s'hi van identificar tant restes directes (ossos i dents) com indirectes (petjades i ous). Entre els anys 2004 i 2006 es van dur a terme un total de deu excavacions paleontològiques en quatre d'aquestes localitats, concretament als jaciments de Fumanya Sud, Peguera-1 i la Font del Bullidor (Fígols), i el Torrent de l'Esdavella (Vallcebre). Durant les intervencions es van fer, a grans trets, els treballs següents: a) neteja i habilitació del jaciment; b) excavació de les restes fòssils; c) documentació de

les restes fòssils i d) protecció del jaciment. Cada jaciment presentà unes característiques estructurals, geològiques i logístiques peculiars, fet que va provocar que en cada cas els treballs d'excavació (delimitació, consolidació i extracció dels fòssils) i de documentació (presa de les dades de posició dels fòssils quan són descoberts en el jaciment, la seva cartografia i fotografia) seguissin una metodologia particular.

El procediment usat per coordenar les peces fòssils al jaciment de Fumanya Sud començà amb la col·locació d'una quadrícula, usant una brúixola per marcar l'orientació dels eixos de referència. També es féu una documentació fotogràfica de cadascun dels fòssils amb una escala gràfica i l'orientació, així com una planimetria del jaciment. Es va obtenir una representació gràfica de tots els fòssils recuperats durant la intervenció que permeté disposar d'una informació conjunta de com estaven situats en l'estrat i estudiar-ne, quan esqueia, aspectes tafonòmics. En el cas del jaciment de Peguera-1, des de la tercera campanya, per cartografiar els elements fòssils s'utilitza un sistema de referenciació en tres dimensions mitjançant una Estació Total Trimble 5000. Les mesures obtingudes (en coordenades X, Y i Z) s'enregistren amb la corresponent sigla de la peça de manera que es poden donar múltiples punts de referència per a cada fòssil. Finalment les excavacions fetes al jaciment de la Font del Bullidor es van centrar en ous i postes de dinosaures, elements amb una certa complexitat d'extracció i documentació. A l'hora de documentar aquests fòssils es van utilitzar quadrícules de referència d'1x1, referenciades perpendicularment a un transsecte de direcció coneguda i es van prendre mesures de les profunditats relatives a què es trobaven els ous, amb l'ajuda d'un teodolit. També es van coordenar les postes mitjançant l'Estació Total Trimble 5000.

4.4 Documentació gràfica

Durant els anys 2002, 2003 i 2004 es van fer diverses campanyes de documentació gràfica als jaciments amb icnites de Fumanya. Els punts d'estudi foren les superfícies verticals amb petjades i rastres de Fumanya Sud, Mina Esquirol, Mina Tumí i Fumanya Nord. La principal motivació dels treballs fou l'obtenció de noves dades icnològiques.

Al jaciment de Fumanya Sud es van fer diversos treballs de cartografia. A finals del 2002 es va dur a terme una primera cartografia, utilitzant mètodes tradicionals. La presa de dades de camp va consistir en el muntatge d'una quadrícula al llarg de la superfície vertical. El primer pas fou establir un espaiat regular al marge superior de la paret i fixar uns punts fixos des d'on es llençaren les cordes que constituïren la quadrícula. Cada punt estava situat en un espaiat regular de 5 metres. Seguidament es van prendre fotografies, intentant sempre aconseguir el major enquadrament amb la millor resolució. Per minimitzar les deformacions es prengueren les fotografies des d'un punt situat tan perpendicular a la paret com fos possible. La fase de processament de les dades va consistir a construir una quadrícula ortogonal d'espaiat conegut (5 metres) on se situaven cadascuna de les fotografies. A continuació es van dibuixar les quadrícules formades amb les cordes sobre la superfície i es va tractar cada quadrícula de 5x5 com una sola entitat gràfica. Es van cartografiar les fractures i les icnites i es van agrupar tots aquests elements inclosos dins una unitat de quadrícula de 5x5. Finalment es van encaixar aquests elements dins la quadrícula ortogonal de referència.

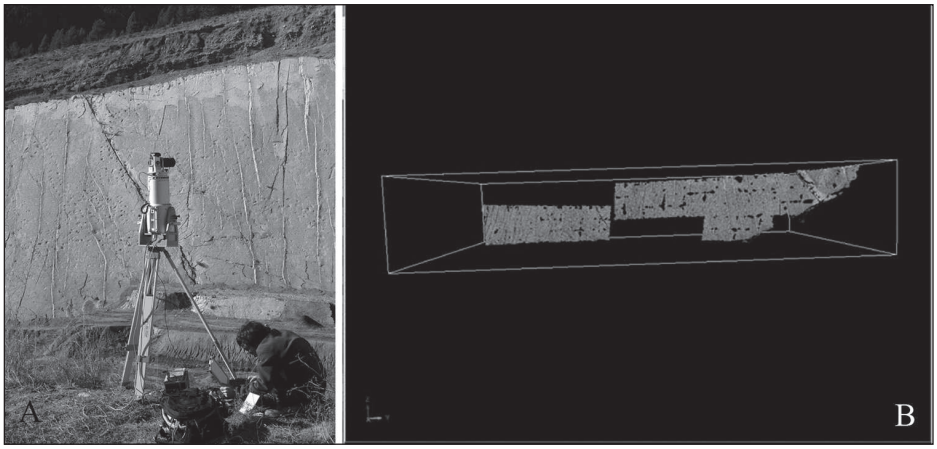

Figura 3. Treballs d'escaneig làser de les superfícies amb icnites de Fumanya mitjançant la tecnologia LiDAR (A). Exemple d'un model digital del terreny (DTM) creat per un dels afloraments (B).

En el cas del jaciment de Mina Tumí es van obtenir cartografies dels principals rastres i es van determinar de forma quantitativa i qualitativa les característiques de les petjades i els rastres. Es van mesurar, dibuixar i mesurar cadascuna de les petjades. Per a la presa de mesures directes es va necessitar un equip d'escalada. Al jaciment de Mina Esquirol, a causa de l'extrema verticalitat de l'aflorament (70º) no es van poder situar quadrícules de referència sobre la superfície amb icnites. Finalment es va preveure una documentació gràfica al jaciment de Fumanya Nord a l'abril de 2005. El procés utilitzat fou, en part, similar al que es va utilitzar per a la documentació de Fumanya Sud: clavada d'estaques i construcció d'un quadriculat virtual al llarg de la paret. Seguidament un globus aerostàtic amb la càmera fotogràfica incorporada es va anar traslladant al llarg de la paret per tal de fer les fotografies. Els resultats obtinguts amb les fotografies no van ser, però, satisfactoris. La dificultat de situar el globus en una posició paral·lela a la paret en cadascuna de les fotografies va fer que la majoria de les fotografies finals no fossin posteriorment utilitzables per a la cartografia.

Davant les dificultats d'accés en tots aquests primers treballs cartogràfics, a finals de 2005 es van fer les cartografies que, fins al moment, han estat més resolutives i precises al conjunt dels jaciments de Fumanya. En col·laboració amb la School of Earth, Atmospheric and Environmental Science de la Universitat de Manchester es va utilitzar el sistema LiDAR (Light Detection And Range) per escanejar el conjunt dels quatre afloraments de Fumanya. El sistema LiDAR, que ha estat usat en altres múltiples camps (per exemple, enginyeria, prospecció) s'utilitzà per poder obtenir i així examinar el model digital del terreny (*digital terrain model*, DTM) i la superfície a una resolució prou alta per resoldre elements particulars (Fig. 3). Des del model digital del terreny creat es poden prendre mesures quantitatives sobre les petjades i rastres (treball en curs). Els avantatges d'aquest mètode són la precisió, resolució i l'elevada velocitat de recol·lecció de dades —

el LiDAR pot escanejar fins a 10.000 punts de dades per segon, on cada punt té una informació de posició X,Y i Z, una intensitat de reflexió i color que són aportats per una càmera digital d'alta resolució que aporta, per tant, una fotografia tridimensional— amb un rang de 800 metres, 80 graus de rang d'escaneig vertical i 360 graus d'horitzontal, que el fan un sistema ideal per a grans jaciments amb icnites com el de Fumanya (Bates et al., 2008). A més, els conjunts de dades una vegada recollits poden ser incorporats en posteriors bases de dades com a informació que no correspon a l'objectiu original del projecte. En el cas de Fumanya, on la degradació de les icnites és molt acusada, el registre de les dades obtingudes amb un elevat grau de cobertura permet buscar *a posteriori* caràcters que inicialment s'haguessin pogut perdre al camp. Més enllà de l'interès científic i conservacional de l'ús de la tecnologia LIDAR, les analogies d'afloraments virtuals poden ser construïdes per a finalitats d'ensenyament/aprenentatge en centres de visualització-interpretació. Així doncs, l'obtenció d'un arxiu tridimensional del jaciment de Fumanya representa un important avenç per a la geoconservació virtual del patrimoni.

5. RESULTATS

El conjunt de troballes i descobriments fets en els darrers anys al sinclinal de Vallcebre han permès obtenir un registre fòssil fins ara inèdit de vertebrats i vegetals. Bona part del material segueix encara en fase d'estudi, però la seva posició estratigràfica dins la successió temporal i estratigràfica de la Formació Tremp indica una riquesa fossilífera important (Oms *et al*., 2007b). El tram basal d'aquesta formació, format per prop de 250 metres de margocalcàries blavoses (nivell dels ciments), calcàries amb algues carofícies i carbons de tipus lignit, lutites blavoses-marrons, nivells d'oncòlits i nivells ocasionals de sorrenques canaliformes i paleosols (vegeu detalls a Oms *et al*., 2007a) concentra l'abundància més gran de fòssils de caròfits, macrovegetals, invertebrats i vertebrats. Al nivell dels ciments Babinot *et al*. (1983) i Feist i Colombo (1983) van identificar ostracodes i la recerca feta en els darrers anys ha permès identificar-hi fòssils d'angiospermes i impressions de grans troncs. Al sostre d'aquesta unitat s'hi conserven les abundants i conegudes icnites de Fumanya (Le Loeuff i Martínez, 1997; Schulp i Brokx, 1999), alguns rastres dels quals han estat estudiats en els darrers anys (Vila *et al*., 2005a). També s'hi han localitzat restes de tortugues i rajades. Per sobre, la unitat Calcàries amb carbons conté bivalves, gasteròpodes (Vidal, 1871 i 1874; Calzada i Urquiola, 1994) i caròfits (Feist i Colombo, 1983). A les unitats Lutites amb carbons i Lutites amb oncòlits s'hi han identificat traces d'invertebrats (Mayoral i Calzada, 1998), i els treballs de prospecció fets des de 2002 han identificat noves icnites, ossos, dents, fragments de closques, ous i postes de dinosaures (sauròpodes, teròpodes i hadrosaures) i altres vertebrats. El segon tram de la successió cretàcica està compost essencialment per lutites amb alguns nivells de sorrenques (unitat Lutites roges inferiors) i s'hi han identificat caròfits, espores de pteridòfits, pol·len de gimnospermes i angiospermes (Médus *et al*., 1988) i petits gasteròpodes (Babinot *et al*., 1983). Als cossos sorrencs de la unitat Sorrenca amb rèptils s'hi havien descrit fragments d'ossos d'hadrosaures (Pereda-Suberbiola *et al*., 2003) i closques d'ous de dinosaure (Médus *et al*., 1988), registre que s'ha vist complementat per les recents troballes de diverses localitats amb icnites (Vila *et al*., 2005b). La unitat Calcària de Vallcebre i les suprajacents són d'edat terciària i no s'hi han identificat restes de dinosaures.

Tot seguit es descriuen breument algunes de les localitats intervingudes (en treballs de documentació, mostreig i excavació) i el registre fòssil de vertebrats recuperat i finalment es presenta una síntesi del registre paleobotànic, incorporant les dades obtingudes en les darreres investigacions.

5.1 Peguera-1

Durant els treballs de prospecció paleontològica duts a terme a la tardor de 2003 a la zona de l'Alt Berguedà es va poder localitzar el punt fossilífer de Peguera-1. La presència de fragments d'ossos de vertebrats a la superfície del jaciment va motivar la necessitat de protegir els possibles fòssils que hi poguessin aparèixer i documentar-ne de nous. Aquests indicis van impulsar l'equip d'investigadors format per paleontòlegs del Consorci Ruta Minera i l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont a fer la primera intervenció paleontològica al jaciment de Peguera-1. La primera campanya es va desenvolupar durant el mes de maig de l'any 2004 i va permetre constatar la presència d'una acumulació d'ossos fòssils de dinosaure. Les restes recuperades al jaciment van impulsar-hi la recerca i des de llavors s'hi han executat un total de quatre campanyes d'excavacions.

El jaciment de Peguera-1 es localitza als materials de la Formació Tremp. Estratigràficament el jaciment se situa en el tram inferior de la unitat Lutites amb oncòlits i essencialment hi afloren lutites roges i ocres amb sorrenques al sostre, evidenciant probablement la sedimentació d'un antic paleocanal, amb l'establiment d'un paleosòl posterior. El jaciment té una edat de Maastrichtià mitjà (Cretaci superior). Els treballs paleontològics desenvolupats en el jaciment han permès recuperar un total de 160 fòssils, pertanyents a tres tàxons principals d'arcosaures: material postcranial de sauròpodes, dents de teròpodes i dents de cocodrils; així com fragments de closques d'ous de dinosaure.

Entre les restes de sauròpodes destaquen els ossos de les extremitats, principalment dos húmers (dret i esquerre) (Fig. 4) i dos fèmurs. Malgrat que la majoria de les peces no conserven les epífisis, les dimensions de les diàfisis permeten estimar una longitud total de 160 centímetres i 120 centímetres per al fèmur i l'húmer, respectivament. Aquestes estimacions corresponen a un animal de talla grossa, en consonància amb les estimacions (una altura de la cintura pèlvica d'entre 260 i 280 centímetres) fetes a partir de les petjades de Fumanya. D'un gran interès són les dents de dinosaures del grup dels teròpodes ja que es tracta d'un tipus de restes molt escasses en el registre fòssil del Cretaci superior dels Pirineus. Les més de trenta dents de dinosaures recuperades a Peguera-1 presenten una morfologia molt característica. En general presenten unes corones amb unes dimensions de 10 a 14 mil·límetres i una forma corbada distalment. S'hi observen petits denticles en ambdues carenes tot i que algunes només en presenten a la carena distal (Fig. 4b). Aquesta dentició és típica de petits dinosaures carnívors del grup dels dromeosàurids (Vila *et al.*, 2007). Finalment el jaciment també ha lliurat nombroses dents de cocodrils així com fragments de closques d'ou de dinosaure del gènere *Megaloolithus siruguei* VIANEY-LIAUD.

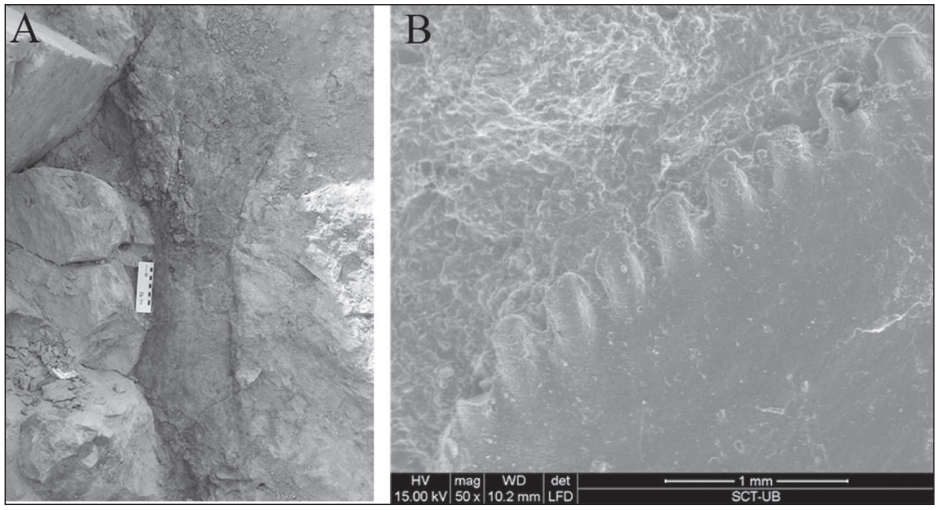

Figura 4. Material fòssil recuperat al jaciment de Peguera-1. Húmer de sauròpode (A) i detall (SEM) dels denticles d'una de les dents de teròpode (B).

5.2 Fumanya Sud

El punt fossilífer de Fumanya Sud (B-FUM017) fou descobert durant els mesos d'agost a novembre de 2004. En el moment de la seva descoberta el punt mostrava la presència de restes fòssils de vertebrats que afloraven parcialment i es trobaven en perill de degradació immediata. Per aquest motiu es va sol·licitar una intervenció d'urgència que es va dur a terme durant els dies 18 a 21 d'octubre del mateix any. Des de llavors s'han fet dues intervencions més en els anys 2005 i 2006.

Estratigràficament el punt fossilífer B-FUM017 intervingut a la localitat de Fumanya Sud pertany a la unitat de les Lutites amb carbons (Oms *et al*., 2007b). Aquesta unitat enregistra un paleoambient de deposició diversificat, incloent torberes, dipòsits de gra fi amb influència fluvial i fangs de caròfits.

En conjunt s'han recuperat un total de fins a 60 peces que inclouen predominantment elements postcranials (vèrtebres cervicals, dorsals i caudals, ílion, falanges, metàpodes, ossos de les extremitats, costelles) i nombroses dents i part de material cranial (frontal i part de la mandíbula). Una primera aproximació al material recuperat, que ha aparegut associat, ha permès identificar preliminarment un tàxon del grup dels cocodrílids. La presència d'aquest tàxon era fins ara desconeguda tant en el jaciment de Fumanya Sud com a la unitat Lutites amb carbons. El registre fòssil de cocodrílids del final del Cretaci al sud d'Europa és més aviat escàs i és per això que la descoberta de les restes de Fumanya Sud permeten constatar l'important potencial paleontològic que presenta la localitat, on ja era coneguda la presència de petjades i ous de titanosaure i restes de macrovegetals.

D'altra banda, el mostreig i posterior triatge d'un dels nivells de la base de la unitat Lutites amb carbons a Fumanya Sud han servit per avaluar la riquesa en altres res-

tes de vertebrats. Així s'han pogut identificar fins a tres morfologies dentals diferents de peixos del grup osteichthyes i cocodrílids. Per a l'estudi de certs vertebrats les dents són elements que presenten caràcters morfològics útils per a la determinació taxonòmica, entre rèptils, peixos i amfibis, les dents presenten característiques similars. Normalment són formes còniques, amb una sola cúspide, i en general són formes senzilles. En el cas de les restes fòssils de peixos la seva importància rau en la informació paleoecològica que se'n pot extreure. La composició química i la concentració d'elements traça que conté l'esmalt de les dents està directament relacionada amb les condicions climàtiques que hi havia quan va viure l'animal. Gràcies al desenvolupament de les tècniques d'anàlisi químiques s'ha iniciat una nova línia de recerca, que permetrà analitzar aquestes dents i poder arribar a inferir certes condicions climàtiques que hi va haver durant el Cretaci superior.

5.3 La Font del Bullidor

El jaciment de la Font del Bullidor (punt A-FIG05) se situa a l'oest del poble de Fígols, just al nord de l'antiga zona d'explotació de lignits d'aquesta població, proper al paratge de la Font del Bullidor. L'accés al jaciment es troba en una pista que descendeix des del punt quilomètric número 9 de la carretera BV-4025 de Fígols a Fumanya.

Estratigràficament el jaciment de la Font del Bullidor s'inclou dins la unitat Lutites amb carbons que en la seva secció local conté nivells de sorres de gra fi de color taronja disposades en un cos de morfologia sigmoïdal que passen lateralment i cap al sostre a sorres de gra molt fi, amb forta bioturbació i amb estructures de *motling*. Les sorres fines taronges presenten fragments de closques en el seu interior i nòduls de *caliche*. Per damunt s'hi troben unes fàcies de lutites de color grisós que cap al seu terç superior i progressivament s'enfosqueixen per donar pas a un extens i continu nivell de carbó de tipus lignit. El nivell de lutites grises conté ocasionals marques de bioturbació per arrels i una destacada presència de restes vegetals de pocs centímetres (<4-5 centímetres) de grandària.

L'estudi de la localitat de la Font del Bullidor ha permès documentar tant els seus aspectes tafonòmics i sedimentològics com la geometria tridimensional de les postes amb ous. En concret s'han identificat vuit punts amb acumulacions de fragments de closques i/o ous formant postes en una superfície de prop de 300 m^2. Els ous, de forma subesfèrica i una mida d'uns 20 centímetres de diàmetre tenen una closca del tipus megaloolithid (*Megaloolithus siruguei*, Bravo *et al*., 2005) i es presenten agrupats en acumulacions que van de 2 a 16 ous (Fig. 5a). La geometria de les postes s'ha pogut interpretar gràcies a la documentació de la relació estructural entre la capa que contenia els ous (i el seu cabussament) i els plans de cartografia tradicionals, a més d'una coordenació de cadascun dels ous en un espai de tres dimensions (Fig. 5b). El processament de les dades i la posterior modelització dels ous que conformen les postes indica que la disposició espacial dels ous dins de la posta descriu una geometria de clot de poca profunditat que, en secció, presenta una forma de bol (vegeu-ne detalls a Vila, 2007).

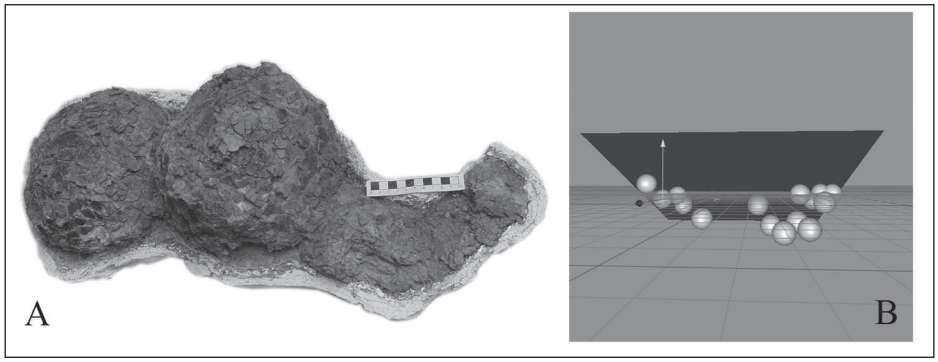

Figura 5. Ous de dinosaure recuperats al jaciment de la Font del Bullidor; escala: 10 cm (A). Aspecte de la modelització tridimensional d'una de les postes en referència al pla de capa (en negre) (B).

5.4 Superfícies amb icnites (Fumanya Sud, Mina Esquirol, Fumanya Nord i Mina Tumí)

Malgrat que l'obtenció complerta de les dades icnològiques a partir dels escàners tridimensionals (metodologia LiDAR) augmenta considerablement la resolució dels treballs, les cartografies fetes amb anterioritat al 2005 permeten esbossar algunes consideracions. Així, al jaciment de Mina Tumí s'hi han distingit, cartografiat i mesurat un total de 3 rastres constituïts per icnites de peus i mans, amb una longitud aproximada d'uns 15-20 metres. Al jaciment de Mina Esquirol s'hi ha mesurat i cartografiat un total de quatre rastres i s'han identificat nombroses petjades aïllades de dinosaure. Tres dels quatre rastres es troben situats al mateix nivell estratigràfic mentre que el rastre 4 es troba estratigràficament per sobre. Dos dels rastres estan formats per icnites únicament de mans. En ambdós jaciments la morfologia de les icnites és similar a altres morfologies observades en jaciments propers (ex. Fumanya Sud). Les icnites dels peus presenten una mida propera als 60 centímetres amb una forma pseudotriangular mentre que les de les mans tenen una mida menor, de fins a 20-25 centímetres i en forma arquejada de mitja lluna. L'atribució dels rastres descrits a Mina Tumí i Mina Esquirol al grup dels sauròpodes titanosaures es fa partint dels caràcters següents: 1) amplada interna notable (característica en aquest grup de sauròpodes), 2) rotació negativa de les icnites, 3) heteropòdia marcada, 4) context biostratigràfic general del grup, 5) troballes prèvies a la zona.

El processament de les dades obtingudes a partir dels escanejats tridimensionals d'alta resolució ha de permetre caracteritzar molt exhaustivament i amb gran detall cadascun dels rastres del conjunt dels quatre afloraments de Fumanya i descriure la morfologia de les icnites en 3D (treball en curs).

5.5 Registre paleobotànic

La continuïtat en el registre estratigràfic del sinclinal de Vallcebre permet detectar possibles canvis paleoambientals i de biodiversitat al llarg dels darrers cinc milions d'anys del Mesozoic i dels primers del Paleogen. En aquest sentit el registre paleobotànic pot aportar dades rellevants per reconstruir l'evolució de les comunitats vives del passat i inferir la climatologia al llarg d'aquest lapse de temps geològic. Tradicionalment els treballs paleobotànics han estat escassos al sinclinal de Vallcebre i limitats a l'estudi de restes de caròfits, espores i pol·len amb l'objectiu de caracteritzar biostratigràficament el límit Cretaci-Terciari (K/T). Els caròfits es van estudiar al llarg de tota la successió, des de la base del Maastrichtià fins al Thanetià superior (Feist i Colombo, 1983), mentre que els mostrejos d'espores i pol·len es van fer en els nivells del Garumnià roig inferior (Maastrichtià superior) i superior (Paleocè) (Médus *et al.*, 1988).

Tots els gèneres de caròfits (ordre Charales) identificats (*Dughiella*, *Harrisichara*, *Maedleriella*, *Microchara*, *Nitellopsis*, *Peckichara*, *Platychara* i *Sphaerochara*) pertanyen a la família Characeae, excepte *Heptorella* (=*Septorella*), que està inclosa dins Clavatoraceae, i *Feistiella* que pertany a Porocharaceae (Taula 1). La distribució de les flores de caròfits en el límit K/T del nord-est de la península Ibèrica és afí a les del sud de França i del Paleocè de Bèlgica i de la conca parisenca (Feist i Colombo, 1983). La diversitat de gèneres i espècies, però, mostra certes diferències entre el sinclinal de Vallcebre i la successió de l'àrea de Tremp (Babinot *et al.*, 1983; Feist i Colombo, 1983). De les 34 espècies descrites en aquests treballs, 9 coincideixen en ambdues conques. Les diferències es maximitzen a les unitats corresponents al Cretaci, essent en aquest cas la diversitat de caròfits clarament inferior a la conca de Fígols-Vallcebre, on hi són absents els gèneres *Amblyochara*, *Peckisphaera*, *Platychara*, *Feistiella* i *Pseudoharrisichara*, a més d'algunes espècies de *Peckichara*. Aquestes diferències podrien ser degudes a variacions paleoecològiques entre les dues conques, tal com ja s'ha indicat en altres localitats cretacioterciàries pirinenques (Masriera i Ullastre, 1990). Els mateixos autors, però, citen en els materials del Maastrichtià de Castellar del Riu (Berguedà), inclosos també en el mantell inferior del Pedraforca, algunes espècies presents a la conca de Tremp i absents a la de Fígols-Vallcebre (p. ex. *Feistiella malladae*, *Platychara caudata*, *Platychara turbinata*) (Ullastre i Masriera, 1998). D'altra banda, en les prospeccions dels darrers anys s'ha confirmat la presència de *Feistiella* en els materials del Garumnià gris del sinclinal de Vallcebre (Gómez *et al.*, 2007). Això ens fa pensar en la possibilitat que les diferències de flores entre les conques de Tremp i Fígols-Vallcebre puguin ser degudes als efectes del mostreig o dels processos tafonòmics. La distribució temporal de caròfits mostra clares diferències entre les flores maastrichtianes i paleocenes (Taula 1) (Babinot *et al.*, 1983; Feist i Colombo, 1983; Médus *et al.*, 1988; Masriera i Ullastre, 1990). Alguns tàxons paleocens, però, apareixen a la part més superior del Garumnià inferior roig (d'edat Maastrichtià superior).

Médus *et al.* (1988) varen mostrejar 15 nivells situats fins a uns 110 metres per sota i per sobre de la unitat Calcàries de Vallcebre. Aquests autors van trobar espores de pteridòfits i pol·len d'espermatòfits, incloses gimnospermes i angiospermes, aquestes últimes amb una freqüència clarament major (Taula 2). La llista de tàxons identificats a l'àrea de Fígols-Vallcebre consistia, com era d'esperar, en les palinoflores descrites en el Maastrichtià, inclosos els gèneres *Trudopollis*, *Hungaropollis* i *Portniaginaepollenites*, i

a la base del Terciari, amb *Subtrioporopollenites constans* ssp. *fossulatus* i *Subtrioporopollenites facilis*. En un nivell situat uns 70 metres sota les calcàries de Vallcebre, Médus i col·laboradors (1988) van observar un gran increment percentual d'espores de pteridòfits (80%) que disminuïa fins al 30% en un altre nivell situat uns 20 metres més amunt. En altres localitats estratigràficament equivalents —Claret, el Barranc de la Posa (Pallars Jussà) i Fontllonga (Noguera)— es van detectar entre baixos (12%) i moderats (30%) percentatges d'espores. Segons aquests autors, la significativa expansió puntual de pteridòfits a la conca de Fígols-Vallcebre podria explicar-se per una pertorbació ambiental d'àmbit local. Un punt de mostreig intermedi va proporcionar una gran quantitat de megàspores semblants a *Minerisporites succrassulus* TSCHUDY, del Paleocè basal de la formació Fort Union (Montana, Estats Units), que té afinitat amb l'actual falguera aquàtica *Azolla*. L'alta concentració d'aquestes megàspores indicaria que les plantes que les varen produir van viure prop d'un medi de deposició lacustre.

Aquests estudis previs mostren una visió molt parcial del registre paleobotànic del sinclinal de Vallcebre. Caldria fer en el futur prospeccions més detallades per caracteritzar millor els nivells amb caròfits i pol·lens, especialment a la part que correspon a la fàcies garumniana grisa. D'altra banda els futurs treballs que es facin a partir d'aquest material haurien d'estar més enfocats a la reconstrucció paleoambiental. En diferents prospeccions recents als nivells rics en icnites de dinosaure (sostre dels "ciments") dels jaciments de Fumanya s'han descobert restes de meso i macroflora (impressions i cutícules de fulles de palmera, llavors probablement pertanyents a angiospermes, impressions de grans troncs, cutícules de coníferes i fragments de frondes de falguera). Les impressions de fulles de palmera (família Arecaceae) són les més completes que es coneixen del paratàxon *Sabalites* cf *longirhachis*, entre les quals destaca una fulla jove amb la làmina i el pecíol sencers i connectats anatòmicament (Marmi *et al*., 2008). Aquestes restes estan associades a branquillons de *Frenelopsis*, una conífera de la família extingida de les queirolepidiàcies. Aquesta associació vegetal, que s'ha documentat per primera vegada als jaciments berguedans, pot aportar dades rellevants sobre l'evolució de les comunitats d'aigües salabroses entre el Cretaci i el Paleocè (Gómez *et al*., 2007). De fet, els registres paleobotànics del Maastrichtià del sinclinal de Vallcebre ja estan proporcionant dades rellevants per reconstruir els paleoambients on van viure i nidificar alguns dels darrers dinosaures pirinencs.

6. CONCLUSIONS

Els treballs de recerca paleontològica fets des de l'any 2002 a l'àrea del sinclinal de Vallcebre han permès obtenir un important nombre de dades de gran interès paleontològic i estratigràfic. S'han fet treballs de prospecció paleontològica, mostreig, rentatge i triatge, documentació gràfica i excavacions que han lliurat un registre fòssil, inèdit fins ara. Una de les tècniques usades en la cartografia de les superfícies amb icnites fòssils de Fumanya ha estat l'ús de la tecnologia d'escaneig LiDAR, que ofereix una major resolució respecte a les dades recollides en els treballs de cartografia tradicional.

Entre el material fòssil de vertebrats destaquen les restes de dinosaures (postcranial de sauròpodes, dents de teròpodes) i altres arcosaures (material cranial i postcranial de cocodril), restes de tortuga, rajades i peixos (dentició) i ous i postes de dinosaure. L'estudi detallat de les acumulacions d'ous ha permès interpretar la geometria de les

postes. D'altra banda el registre paleobotànic s'ha vist augmentat amb el descobriment de restes de meso i macroflora (impressions i cutícules de fulles de palmera, llavors probablement pertanyents a angiospermes, impressions de grans troncs, cutícules de coníferes i fragments de frondes de falguera).

L'estudi detallat de tot aquest nou registre fòssil i la seva contextualització dins la successió estratigràfica de la Formació Tremp ha de permetre caracteritzar les darreres associacions de vertebrats continentals de finals del Cretaci als Pirineus i l'evolució dels ambients fins al moment de l'extinció dels dinosaures.

AGRAÏMENTS

La recerca paleontològica a l'àrea del sinclinal de Vallcebre ha estat finançada conjuntament per l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont (Projecte CGL2005-07878-C02-01,02 Ministerio de Educación y Ciencia); la Direcció General del DURSI de la Generalitat de Catalunya i el Consorci Ruta Minera —Projectes INTERREG III-A (Fons Europeu de Desenvolupament Regional); 2006-EXCAV0001 (Departament d'Innovació, Universitats i Empresa, Generalitat de Catalunya)— i Ajuda 05/Y/22722 (Oficina de Patrimoni Cultural de la Diputació de Barcelona). L'Àrea de Coneixement i Recerca de la Direcció General de Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya n'ha autoritzat els treballs i n'ha subvencionat una part. Agraïm als Drs. Carles Martín-Closas i Bernard Gómez el seu suport en els treballs de recerca paleobotànica. Els autors agraeixen a tots els participants la seva col·laboració en les diverses intervencions (documentació, rentat i excavacions) que s'han fet en aquests darrers anys. També agraïm a la brigada de l'Ajuntament de Cercs la seva ajuda logística.

BIBLIOGRAFIA

AEPLER, R. (1967). "Das garumnian der Mulde Von Vallcebre und ihre Tektonik (Spanien, Provinz Barcelona)". *Master thesis Freien Universität Berlin (Naturwissenschftlichen Fakultät)*. 101 pàgines. Inèdita.

ÁLVAREZ, A.; BADIA, M., ESTRADA, R., OMS, O., PRADA, J. L.; VICENS, E. (2005). "Estudios y ensayos *in situ* para la conservación de las huellas de Titanosáuridos de Fumanya, Pirineo Oriental (España)". *Macla*, 3: 23-25. Abstracts book XXV Meeting Spanish Mineralogical Society. Alacant, 4-7 Juliol.

BABINOT, J.F.; FREYTET, P.; AMIOT, M.; BILOTTE, M.; DE BROIN, F.; COLOMBO, F.; DURAND, J. P.; FEIST, M.; FLOQUET, M.; GAYET, M.; LANGE-BADRE, B.; MASRIERA, A.; MASSIEUX, M.; MEDUS, J.; TAMBAREAU, Y.; ULLASTRE, J.; VILLATTE, J. (1983) "Le Sénonien supérieur continental de la France méridionale et de l'Espagne septentrionale: état des connaissances biostratigraphiques". *Geologie Mediterraneenne*, X (3-4): 245-268.

BADIA, M.; PRADA, J.L., ÁLVAREZ, A.; OMS, O. (2005). "Las "calizas de cemento" de Vallcebre (Pirineo Oriental): estudios para la conservación de las huellas de Titanosáuridos". *Macla*, 3: 35-38. Abstracts book XXV Meeting Spanish Mineralogical Society. Alacant, 4-7 Juliol.

BATES, K.J.; RARITY, F.; MANNING, P.L.; HODGETTS, D.; VILA, B.; OMS, O.; GALOBART, A.; GAWTHORPE, R.L. (2008). High-resolution LiDAR and photogrammetric survey of the Fumanya dinosaur tracksites (Catalonia): Implications for the conservation and interpretation of geological heritage sites. *Journal of Geological Society,* 165: 115-127.

CALZADA, S.; URQUIOLA, M. (1994) "Nuevos datos sobre *Melanopsis armatus* Mathéron, 1843 (Gasterópodo del Cretácico, facies Garumniense)". *Coloquios de Paleontología*, 46: 151-159.

CASANOVAS, M. L.; SANTAFÉ, J. V.; SANZ; BUSCALIONI, A. D. (1987) "Arcosaurios (Crocodilia, Dinosauria) del Cretácico superior de la Conca de Tremp (Lleida, España)". *Estudios geológicos*, *volumen extraordinario*. *Galve-Tremp: 95-110*.

FEIST, M.; COLOMBO, F. (1983) "La limite Crétacé-Tertiáire dans le nord-est de l'Espagne, du point de vue des charophytes". *Géologie Méditerranéenne*, X (3-4): 303-326.

GALOBART, À.; OMS, O.; GAETE, R.; BUSCALIONI, A.; BRAVO, A. M.; VAL, S.; MULLER, G.; PELLEJERO, I. (2002) "Prelimary study of a dinosaur egg nest from the Maastrichtian of Fumanya (Catalan Pyrenees)". A: *I Congreso Internacional sobre Dinosaurios y otros Reptiles Mesozoicos de España*. ResUms: 22.

GAMARRA, A. (2005). "Memòria de conservació – restauració (treballs de consolidació). Icnites de Mina Esquirol (Fumanya, Berguedà)". Departament de Cultura, Servei d'Arqueologia (Generalitat de Catalunya). Inèdita. 22 p.

GÓMEZ, B.; MARTÍN-CLOSAS, C.; MARMI, J.; VILA, B.; THÉVENARD, F. (2007) "Brackish coastal swamp vegetation from the Upper Cretaceous of Eastern Pyrenees, Catalonia (Spain)". A: *Séminaire International Paléobotanique et Évolution du Monde Végétal: Quelques Problèmes d'Actualité*. París.

LE LOEUFF, J.; MARTÍNEZ, A. (1997) "Afloramiento de icnitas de Titanosauridae en la zona de Fumanya (Maastrichtiense, Pirineo oriental): estudio preliminar". *Geogaceta*, 21: 151-153.

LOCKLEY, M. G.; MEYER, C. (2000). *Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe*. Columbia University Press, New York, 323 p.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; CANUDO, J. I.; ARDÈVOL, L.; PEREDA-SUBERBIOLA, X.; ORUE-ETXEBARRIA, X.; CUENCA-BESCÓS, G.; RUÍZ-OMEÑACA, J. I.; MURELAGA, X.; FEIST, M. (2001) "New dinosaur sites correlated with Upper Maastrichtian pelagic deposits in the Spanish Pyrenees: implications for the dinosaur extinction pattern in Europe". *Cretaceous Research* 22: 41-61.

MARMI, J.; GÓMEZ, B.; MARTÍN-CLOSAS, C. (2008). "Presencia de macrorestos parautóctonos de *Sabalites* sp. cf. *longirhachis* (UNGER, 1850) Kvacek et Herman, 2004 en facies parálicas de marisma litoral salobre del Cretácico superior del Pirineo oriental". *Revista Española de Paleontología*, 23: 7-14.

MASRIERA, A.; ULLASTRE, J. (1983) "Essai de synthése stratigraphique des couches continentales de la fm du Crétacé des Pyrénées catalanes". *Géologie Méditerranéenne*, 10: 283-290.

MASRIERA, A.; ULLASTRE, J. (1990) "Yacimientos inéditos de carófitas que contribuyen a fijar el límite Cretácico-Terciario en el Pirineo". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 3: 33-42.

MAYORAL, E.; CALZADA, S. (1998). "Reinterpretación de *Spirographites ellipticus* Astre, 1937 como pista fósil de artrópodos no marinos del Cretácico superior (Facies Garumn) del Pirineo catalán (NE de España)". *Geobios*, 31: 633-643.

MÉDUS, J.; FEIST, M.; ROCCHIA, R.; BATTEN, D. J.; BOCLET, D.; COLOMBO, F.; TAMBAREAU, Y.; VILLATTE, J. (1988) "Prospects for recognition of the palynological Cretaceous/Tertiary boundary and an indium anomaly in nonmarine facies of the eastern Spanish Pyrenees: a preliminary report". *Newsletters on Stratigraphy*, 18 (3): 123-138.

MEY, P. H.; NAGTEGAAL, P. J. C.; ROBERTI, K. J.; HARTEVELT, J. J. A. (1968) "Lithostratigraphic subdivision of Post-Hercynian deposits in the South-Central Pyrenees, Spain". *Leidse Geologische Mededelingen,* 41: 221-228, 1 Fig., 1 tab., Leiden.

OMS, O.; VICENS, E.; ESTRADA, R. (2003) "L'entorn geològic dels fòssils de dinosaures del Berguedà". *L'Erol*, 79:10-14.

OMS, O.; DINARÈS-TURELL, J.; VICENS, E.; ESTRADA, R.; VILA, B.; GALOBART, À.; BRAVO, A. M. (2007a) "Integrated stratigraphy from the Vallcebre Basin (southeastern Pyrenees, Spain): new insights on the continental Cretaceous-Tertiary transition in southwest Europe". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.

OMS, O.; VILA, B.; VICENS, E.; ESTRADA, R.; RIERA, V.; GALOBART, A.; MARMI, J.; DINARÈS-TURELL, J. (2007b) "The continental vertebrate succession of the Vallcebre Syncline (Maastrichtian, southern Pyrenees)". ABSTRACT, 41. The Annual Symposium of Vertebrate Palaeontology and Comparative Anatomy, Glasgow, August 2007.

PEITZ, C. (2000) "Megaloolithid dinosaur eggs from the Maastrichtian of Catalunya (NE-Spain). Parataxonomic implications and stratigraphic utility". *First International Symposium on dinosaur eggs and babies, Isona. Extended abstracts*: 155-159.

PEREDA-SUBERBIOLA, X.; RUIZ-OMEÑACA, J. I.; ULLASTRE, J.; MASRIERA, A. (2003) "Primera cita de un dinosaurio hadrosaurio en el Cretácico Superior del Prepirineo oriental (Peguera, provincia de Barcelona)". *Geogaceta*, 34: 195-198.

ROSELL, J.; LINARES, R. I LLOMPART, C. (2001) "El Garumniense Prepirenaico". *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14 (1-2): 47-56.

SCHULP, A. S.; BROKX, W. A. (1999) "Maastrichtian Sauropod Footprints from the Fumanya Site, Berguedà, Spain". *Ichnos*, 6 (4), 239-250.

TALENS, J. (1955) "Descubrimiento de dinosaurios en Tremp (Lleida)". *Estudios Geológicos*, 11: 86.

ULLASTRE, J.; MASRIERA, A. (1998) "Nuevas aportaciones al conocimiento estratigráfico del Paleoceno continental del Pirineo catalán (España)". *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*. 7: 95-128.

VERGÉS, J. (1992) "Les unitats estructurals: el mantell del Pedraforca, el mantell del Cadí". A: *Historia Natural dels Països Catalans*. vol. 2: *Geologia II*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana SA (ed.).

VIDAL, LL. M. (1871) "Excursión geológica por el norte de Berga". *Revista Minera*, 22: 505 i 528.

VIDAL, LL. M. (1874) "Datos para el conocimiento del terreno Garumnense de Cataluña". *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1: 209-247.

VILA, B. (2007) *Disposición y estructura de las puestas de huevos de dinosaurios en el yacimiento de Font del Bullidor (Cretácico superior, sinclinal de Vallcebre)*. Memòria de D.E.A. Universidad Autónoma de Madrid. Inèdit.

VILA, B.; OMS, O.; GALOBART, À. (2005a) "Manus-only titanosaurid trackway from Fumanya (Maastrichtian, Pyrenees): further evidence for an underprint origin". *Lethaia,* 38: 211-218.

VILA, B., GALOBART, À.; OMS, O. (2005b) Nuevos yacimientos con huellas de dinosaurio en el Cretácico superior del sinclinal de Vallcebre (Fm. Tremp, Pirineo Suroriental). *Miscelánea Paleontológica*. G. Meléndez, C. Martínez-Pérez, S. Ros, H. Botella, P. Plasencia, eds. SEPAZ, 6: 414-426.

VILA, B.; OMS, O.; GALOBART, À.; VICENS, E.; VILADRICH, L.; RIBERA, J. (2006a) "Síntesis fotográfica de la degradación del patrimonio paleontológico en el yacimiento de Fumanya (Bergueda, provincia de Barcelona)". A: RÁBANO, I.; MATA-PERELLÓ, J. M. (ed.) *Patrimonio geológico y minero: su caracterización y puesta en valor*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, p. 511-516. (Cuadernos del Museo Geominero; 6).

VILA, B.; GAETE, R.; GALOBART, À.; OMS, O.; PERALBA, J.; ESCUER, J. (2006b) "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*. 365-378. Salas de los Infantes, Burgos, España.

VILA, B., POZA, B.; GALOBART, A.; MARMI, J.; FORTUNY, J. (2007) "Evidence for big sauropods and dromaeosaurid theropods from a new Maastrichtian locality in the southern Pyrenees". ABSTRACT, 44. The Annual Symposium of Vertebrate Palaeontology and Comparative Anatomy, Glasgow, August 2007.

VILADRICH, L. (1986) "Les petjades fòssils del Coll de Fumanya". *L'Erol*, 18: 7-12.

TAULA 1.

Època	Unitat regional / Fàcies	Llista de tàxons
Paleocè	Garumnià roig superior	*Dughiella bacillaris* FEIST-CASTEL; *Harrisichara* sp.; *Maedleriella* af. *cristellata*; *Microchara* af. *tigellaris*; *Microchara tigellaris* FEIST-CASTEL; *Nitellopsis (Campaniella) helicteres* GRAMBAST et SOULIÉ-MÄRSCHE; *Nitellopsis (Campaniella) paracolensis* MASSIEUX; *Peckichara llobregatensis* FEIST et COLOMBO
	Calcària de Vallcebre	*Dughiella bacillaris* FEIST-CASTEL; *Maedleriella* sp. *A* FEIST; *Nitellopsis (Campaniella) helicteres* GRAMBAST et SOULIÉ-MÄRSCHE; *Peckichara cancellata* GRAMBAST forma enana; *Peckichara llobregatensis* FEIST et COLOMBO; *Peckichara toscarensis* FEIST et COLOMBO; *Platychara* sp.; *Sphaerochara edda* SOULIÉ-MÄRSCHE
Maastrichtià	Garumnià roig inferior	*Dughiella bacillaris** FEIST-CASTEL; *Maedleriella* sp. *A* FEIST; *Microchara cristata* GRAMBAST et GUTIÉRREZ; *Nitellopsis (Campaniella) helicteres** GRAMBAST et SOULIÉ-MÄRSCHE; *Peckichara cancellata* GRAMBAST; *Peckichara llobregatensis** FEIST et COLOMBO; *Peckichara serpulata* GRAMBAST; *Heptorella (Septorella) brachycera* GRAMBAST.
	Garumnià gris	*Feistiella* sp.; *Microchara cristata* GRAMBAST et GUTIÉRREZ; *Peckichara cancellata* GRAMBAST

* Citats per Feist i Colombo (1983) i Médus *et al*. (1988) a la part més superior del garumnià roig inferior, entre les unitats gres amb rèptils i calcària de Vallcebre.

TAULA 1. Distribució dels tàxons de caròfits al sinclinal de Vallcebre segons dades de Babinot et al. (1983), Feist i Colombo (1983), Médus et al. (1988) i Gómez et al. (2007) al llarg de les unitats regionals descrites per Rosell et al. (2001).

TAULA 2.

Tàxon major	Família	Gènere i espècie
Chlorophyta	Zygnemales	*Ovoidites ligneolus* POTONIÉ
Gimnospaermae	Cheirolepidiaceae	*Frenelopsis*
	Podocarpaceae	*Podocarpus* typ
Angiospaermae	Arecaceae	*Sabalites*
	Juglandaceae	*Engelhardia* typ
		Subtriporopollenites anulatus maestrichtiensis HERNGREEN et al.
	?Juglandaceae	S*ubtriporopollenites constans fossulatus* ROCHE
		S*ubtriporopollenites facilis* MEDUS
	Myricaceae	*Triatriopollenites coryphaeus microcoryphaeus* THOMSON et PFLUG
	Betulaceae	*Trivestibulopollenites betuloides* THOMSON et PFLUG
	Normapolles	cf. *Hungaropollis* sp.
		Oculopollis praedicatus WEYLAND et KREIGER
		Plicapollis serta PFLUG
		Trudopollis protrudens WEYLAND et KREIGER
		Portniaginaepollenites minor KEDVES et HERGREEN

TAULA 2. Tàxons vegetals identificats a partir de la palinoflora recuperada a l'àrea de Fígols-Vallcebre, segons Médus et al. (1988) i dades d'aquest treball.