PETJADES FÒSSILS PROP DE PONTS (LA NOGUERA)

Estudi d'un nou jaciment

Una recerca sobre com esbrinar si determinats rastres són icnites i a quins animals correspondrien.

CURS 2013-2014

ÍNDEX

0. INTRODUCCIÓ....1
1. OBJECTIUS....1
2. METODOLOGIA: PLA DE TREBALL INICIAL....2
3. HIPÒTESIS DE TREBALL....2
4. UNA REFLEXIÓ SOBRE LA PALEONTOLOGIA....3
5. HISTÒRIA GEOLÒGICA DE CATALUNYA....5
   5.1 Mapa geològic esquemàtic de la part oriental de la Conca de l'Ebre....9
   5.2. Taula dels Temps geològics....10
6. L'AFLORAMENT OBJECTE D'ESTUDI....12
   6.1 Situació de l'aflorament....12
   6.2 Descripció de l'aflorament....15
   6.3 Litologia de l'aflorament....16
   6.4 Àrees properes relacionades amb l'aflorament:....20
      6.4.1 Successió lacustre paleògena de Sanaüja....20
      6.4.2. Les icnites de Vilanova de l'Aguda....21
7. ICNITES....24
   7.1. Quines marques són icnites i quines no?....24
      7.1.1 Són icnites les marques de l'aflorament objecte d'estudi?....25
      7.2. Les icnites són un material molt fràgil....26
8. TREBALLS REALITZATS AL'AFLORAMENT....27
   8.1 Visites i contactes amb diferents especialistes en treballs paleontològics....28
   8.2 Seguiment fotogràfic....28
   8.3 Estudi cartogràfic i geològic....28
   8.4 Visita a les localitats properes al jaciment amb interès geològic o paleontològic....28
   8.5 Recerca de petjades i altres marques en els blocs despresos al peu de l'aflorament....29
   8.6 Construcció de motlles amb diferents materials....29
   8.7 Construcció i calibrat d'un escàner 3D domèstic....30
      8.7.1 L'escaneig en 3dimensions: Com funciona l'escànner....31
         8.7.1.1 Descripció de l'aparell construït per escanejar en 3dimensions....33
         8.7.1.2 L'escaneig en 3dimensions: dificultats trobades....34
   8.8 Construcció d'una malla per recobrir l'aflorament a escanejar....35
   8.9 Col·locació de la malla....38
   8.10 Escaneig i fotografia dels rastres....39
      8.10.1 Tractament i correcció de l'escala de les fotografies....39
   8.11. Mesures de les petjades, de l'ample de gambada i d'altres aspectes dels rastres....39
   8.12. Transcripció gràfica dels resultats de l'escaneig....39
9. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS DE L'ANÀLISI DE LES FOTOS DE LES PETJADES....40
10. PROPOSTES PER A FUTURS TREBALLS....45
11. CONCLUSIONS....46
12. REFLEXIONS FINALS....48
13. AGRAÏMENTS....49
14. BIBLIOGRAFIA....50
15. PROCEDÈNCIA DE LES IL·LUSTRACIONS....52
16. GLOSSARI....53

RELACIÓ D'ANNEXOS

ANNEX 1: Àrees relacionades amb el jaciment estudiat (1)

GEOZONA 201: Successió lacustre paleògena de Sanaüja.....1

ANNEX 2: Àrees relacionades amb el jaciment estudiat (2)

L'ÀREA DE VILANOVA DE L'AGUDA.....1

ANNEX 3:

FACTORS QUE INFLUENCIEN LA CONSERVACIÓ DE LES PETJADES.....1
1. Tipus de medi sedimentari i grau d'humitat.....1
2. Condicions de consolidació i enterrament.....4
3. Inclinació del substrat.....4
4. Plasticitat del substrat.....4
5. Resistència a les condicions ambientals i homogeneïtat del substrat.....5
6. Tamany i característiques individuals dels animals.....5
7. Exemples de marques que poden confondre.....7

ANNEX 4: Característiques de l'època en la que s'emmarca el jaciment

L'EOCÈ: CARACTERÏSTIQUES CLIMÀTIQUES DE L'EOCÈ.....1
PRINCIPALS JACIMENTS VERTEBRATS FÒSSILS DEL LÍMIT EOCÈ-OLIGOCÈ.....2
FAUNA DE L'EOCÈ: MAMÍFERS.....4
L'Eocè Superior: El Priabonià.....6

ANNEX 5: Jaciments de fòssils als Països Catalans

ALGUNS DELS JACIMENTS PALEONTOLÒGICS DELS PAÏSOS CATALANS.....1
Altres jaciments.....4

ANNEX 6: El jaciment estudiat

MAPES I TAULES DE RESULTATS.....1

0. INTRODUCCIÓ

Sovint, anant amunt i avall per Catalunya amb els meus pares i diferents amics, hem vist petjades fòssils de diferents animals, algunes d'elles ben senyalitzades i amb rètols explicatius, d'altres que sabíem que existeixen perquè n'havíem trobat descrita la localització en algun museu i que ens han costat una mica més de trobar, i també, de vegades**,** hem vist rastres a diferents llocs que ens han fet sospitar que ho podien ser per la seva similitud amb el que d'altres cops havíem vist. Mai, però, ens hem entretingut a esbrinar si realment ho eren.
Aquesta Setmana Santa (abril 2013), tot circulant per una carretera, vam veure des del cotxe un estrat amb tot de rastres que de seguida ens van fer pensar que es tractava de rastres de petjades fòssils... Ens vam aturar, vam retrocedir fins l'indret en qüestió i les vam estar mirant i fotografiant... realment ho semblen!
Per què no esbrinar si realment ho són?

1. OBJECTIUS

- Esbrinar la metodologia que s'utilitza per determinar si senyals en un estrat de roca són o no petjades fòssils.
- Aplicar la metodologia adequada als senyals trobats per intentar determinar si es tracta o no de petjades fòssils.
- Determinar, en cas de que realment es tracti de petjades fòssils, a quin animal correspondrien.
- Esbrinar com era l'ambient del lloc en l'època en que els animals s'hi van passejar (en cas que ho siguin), o en l'època a la que correspon l'estrat de roca amb els senyals.
- Aprendre les diverses tècniques necessàries per determinar aquelles qüestions relacionades amb la geologia del lloc i la paleontologia que calgui per assolir els objectius anteriors.
- Fer un recull (inventari) de petjades fòssils a Catalunya, de les que estan ben determinades i també aquelles de les que hi ha sospita no confirmada.[1]

[1] Cal dir que aquest objectiu que ens havíem plantejat inicialment ha anat quedant relegat en adonar-nos, per una banda, que la Generalitat ja té un inventari de jaciments paleontològics i, en anar dedicant cada cop més temps a la part central del treball, el de documentació i identificació del jaciment localitzat. L'objectiu de complementar l'inventari de la Generalitat amb d'altres possibles jaciments que hem vist i coneixem queda pendent per futurs treballs, així i tot, a l'annex 5 hi ha un primer recull.

2. METODOLOGIA: PLA DE TREBALL INICIAL

- En primer lloc caldrà fer un bon recull de la bibliografia que hi hagi sobre la qüestió.
- Contactar amb geòlegs amics i coneguts que em poden orientar, assessorar i ajudar.
- Contactar amb centres d'estudi geològic i paleontològic que em puguin orientar, assessorar i ajudar (Centre d'Informació i Documentació del Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya, Institut de Paleontologia Miquel Crusafont de Sabadell, Institut Jaume Almera, Facultats de Geologia, Institut d'Estudis Ilerdencs, etc.).
- Llegir tot el material recollit que em pugui informar sobre el què se sap de la zona que vull estudiar (pel que fa a fòssils, edat dels terrenys, etc.), i sobre la metodologia de treball a seguir al camp per determinar tot el què vull esbrinar.
- Treball de camp: com l'indret sobre el que vull treballar no queda gaire aprop de casa, intentaré realitzar els treballs sobre el terreny (un cop sàpiga què he de fer: fotografiar, inventariar, mesurar, cartografiar, treure motlles, etc.) durant la darrera setmana de juny i les primeres de juliol.
- Redacció del treball: prèviament al treball de camp, redactar tota la part teòrica; durant i després del treball de camp, elaboració i redacció dels resultats i conclusions.

3. HIPÒTESIS DE TREBALL

La meva hipòtesis inicial era que les empremtes trobades eren icnites (petjades fòssils) i que pertanyien a dinosaures.
Després de les primeres consultes bibliogràfiques i a geòlegs coneguts sobre l'edat dels materials geològics de la zona, vaig corregir la hipòtesi sobre que les icnites (si ho eren), corresponien a dinosaures, perquè en el Cenozoic, època a la que pertanyen els materials sobre els que es troben els rastres, aquests ja s'havien extingit.
La lectura de la nota a l'Acta Geològica Hispànica d'en Casanovas i Santafè de l'any 1974, em va servir per elaborar la meva segona hipòtesi: les icnites (si ho eren), devien ser de mamífers (potser, com les que ells descrivien, de cànids, fèlids, rinoceròtids... tot i que podien ser d'altres mamífers).

L'aspecte dels materials sobre el que es troben em va fer suposar que en el passat hi devia haver hagut allà una platja o la vora d'un riu, amb material sedimentari sorrenc que hauria originat els gresos que trobem molts milions d'anys després. Com que els sediments en la època de la impressió de les petjades no devien estar consolidats, el pas dels animals hi devia quedar marcat.

Pel que fa a l'inventari de petjades fòssils de Catalunya que em vaig proposar com a objectiu, va ser perquè pensava que no n'hi havia cap. De seguida vaig esbrinar que no era així i que la Generalitat té un inventari dels jaciments de fòssils de tot el territori dels PPCC. Així i tot, la meva hipòtesi seguia sent que no es tracta d'un inventari

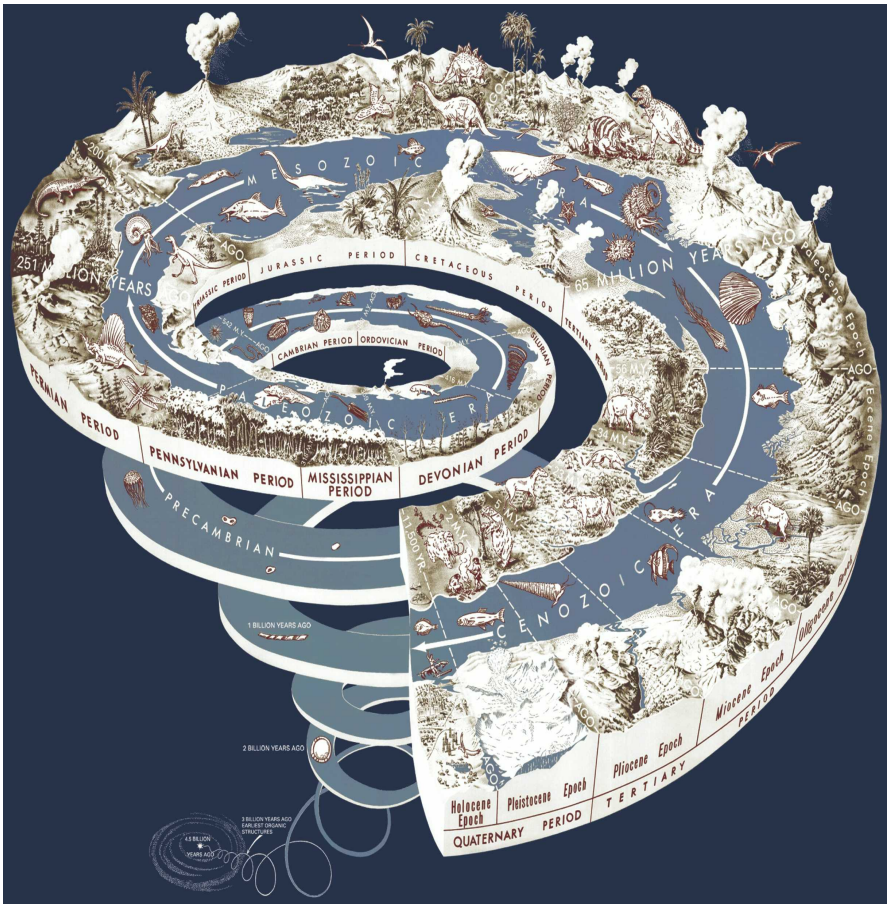
complet, perquè hi ha molts llocs on jo i la meva família hem vist senyals que ens fan pensar que són icnites, i que no surten a l'inventari oficial.

4. UNA REFLEXIÓ SOBRE LA PALEONTOLOGIA

Per realitzar aquest treball he hagut de llegir molts i molts articles sobre geologia i paleontologia. Entre aquestes lectures vaig trobar una entrevista a dos importants paleontòlegs, les reflexions dels quals em van semblar tan adequades al tema del meu treball que no m'he pogut estar de transcriu-re-les i fer-me-les meves. Ells diuen allò que m'agradaria haver estat capaç d'expressar jo.[2]

Beatriz Azanza: *... Nosaltres vivim el present pensant que sempre serà tot igual. Demostrar que no, que la vida no ha estat sempre igual, que en el passat hi ha hagut moments en què la vida s'ha vist dràsticament afectada, amb una reducció tremenda del nombre d'espècies, ens mostra la fragilitat del nostre món actual. En qualsevol moment, per circumstàncies alienes a l'home o per la seva causa, la vida tal com la coneixem podria acabar.* ***Aquesta visió dinàmica i fràgil de la Terra la dóna la paleontologia***.

Beatriz Azanza és professora de la Universitat de Saragossa i una de les expertes europees en mamífers del Cenozoic.



Imatge 1: L'espiral del temps geològic.

[2] Transcripció de l'entrevista publicada al Butlletí de l'IPC (9 febrer 2012)

Jorge Morales: *... La paleontologia és a més com la nostra família. Nosaltres necessitem conèixer el nostre pare, a la nostra mare. Volem conèixer la nostra genealogia. No venim al món i estem sols, sinó que ens veiem acompanyats per la nostra família. A nivell d'espècie també necessitem saber com hem arribat a ser Homo sapiens. Hi ha una part que estudia la història, però a mesura que ens anem allunyant entrem ja en el domini de la paleontologia.* ***La nostra espècie té una necessitat imperiosa de conèixer tot el relacionat amb els seus orígens****: tant a nivell històric, com a nivell geològic, com a nivell paleontològic. La Terra té 4.500 milions d'anys, i els registres paleontològics més antics tenen al voltant de 3.700 milions d'anys. Hi ha tot un món per descobrir que no només ens serveix per entendre què va passar a la Terra, sinó també per mirar a l'espai i intentar descobrir si hi ha o hi va haver vida a Mart o què va passar a Mercuri, o com es va formar el nostre sistema solar*.

Jorge Morales és professor d'investigació al Museu Nacional de Ciències Naturals a Madrid, on és el responsable del Departament de Paleobiologia.

5. HISTÒRIA GEOLÒGICA DE CATALUNYA

El nostre planeta no ha estat sempre igual. La superfície i el relleu han anat canviant, i ho fan encara, així com les roques i minerals que el formen, l'atmosfera, el nivell dels oceans, el clima... i, evidentment, les formes de vida i els ecosistemes dels diferents indrets.

Les causes de tots aquests canvis les hem de buscar en diferents processos, alguns dels quals tenen a veure amb la posició i els moviments del planeta respecte el Sol (i, en conseqüència, amb la quantitat d'energia solar que arriba a la Terra, que provocarà situacions climàtiques diferents, amb èpoques molt fredes i d'altres molt més càlides), d'altres en el què succeeix a l'interior del planeta (corrents de convecció originades per l'energia interna del planeta, procedent, principalment, de la desintegració dels minerals radioactius del seu interior i de l'energia residual de l'època de formació del planeta, que provoquen moviments en les plaques tectòniques i, com a conseqüència, terratrèmols, erupcions volcàniques, transgressions i regressions marines, desplaçament de les masses continentals, formació de serralades, etc.), i d'altres en processos externs (meteorització, cicles d'erosió, transport i sedimentació, despreniments i esllavissades, etc.).

Així doncs, quan a l'actualitat observem un determinat indret ho hem de fer tenint presents tots els canvis que s'hi han produït en el passat geològic i que han anat construint, modelant i canviant el que hi ha hagut allà en les diferents èpoques. D'alguns d'aquests processos potser ja no en queden rastres, però d'altres hauran deixat en el terreny senyals i restes que ens permeten deduir el què hi ha anat succeint, tot aplicant el Principi geològic de l'Actualisme (els processos naturals que actuaren en el passat són els mateixos que actuen en el present, el present és la clau que ens permet inferir el passat). Sovint s'ha comparat la feina dels que treballen en qüestions relacionades amb les ciències de la Terra amb la dels detectius, perquè tot i no disposar de totes les proves ni de poder observar directament el què va succeir, s'han d'interpretar les pistes que el passat ha deixat per reconstruir la història dels esdeveniments que es van produir.

D'aquesta manera, i després de molta feina feta per generacions de geòlegs, s'ha pogut deduir el què va passar a Catalunya a nivell geològic.

PRECÀMBRIÀ (des de la formació del planeta a fa 540 milions d'anys)

La història del planeta té més de 4500 milions d'anys, de la major part dels quals no en sabem gairebé res perquè el què va passar ha quedat esborrat pels esdeveniments posteriors. No està clar, per exemple, si en les primeres èpoques del nostre planeta funcionava el mecanisme de la tectònica de plaques (conseqüència dels moviments dels corrents de convecció interns), però, sigui quin sigui el moment en que aquest mecanisme es va posar en marxa, els geòlegs pensen que hi ha hagut més d'un moment en que totes les masses continentals han estat unides i s'han tornat a separar, tot i que només resten algunes evidències de les tres últimes *pangees*. Com a conseqüència d'aquests moviments les plaques tectòniques han anat canviant de posició, s'han separat (moviments de divergència) o acostat (moviments de convergència) i, algunes, en diferents moments, han xocat, originant serralades (orogènies), entre d'altres fenòmens.

Pel que fa a la placa Ibèrica, on es troba situada Catalunya, podem afirmar que no sempre ha estat unida a la placa eurasiàtica, com a l'actualitat, i que els moviments que la van fer girar, acostar-s'hi i xocar-hi, són els que han provocat l'orogènia alpina, la formació dels actuals Pirineus, que no existien encara en el passat remot.

PALEOZOIC (de -540 MA a -250 MA)

Catalunya formava part d'una gran conca oceànica on es dipositaven materials fins i argilosos (que posteriorment es van metamorfosar i transformar en els gneis, esquists i pissarres paleozoiques que afloren actualment en les serralades costaneres). En aquest gran oceà paleozoic sobresortien alguns massissos mig submergits sota l'aigua, un dels quals era el Massís de l'Ebre.

A finals del Paleozoic, el plegament hercinià, va provocar l'emersió del Massís Catalano-Balear que es va unir al Massís de l'Ebre, tot formant un gran golf obert cap al sud-oest. Això donà lloc a un canvi de sedimentació en aquell mar, ja que a causa de la proximitat de la terra, s'hi van començar a dipositar importants gruixos de conglomerats i gresos.

D'altra banda, simultàniament al plegament, es va desenvolupar una intensa activitat ígnia que donà lloc a l'aparició de grans masses de roques granítiques, i a la transformació, per metamorfisme de contacte, dels materials sedimentaris propers.

MESOZOIC (de -250 MA a -65 MA)

En el mar va continuar una sedimentació tranquil·la, que originà la formació de gran quantitat de material calcari (que trobem actualment molt abundant en el nostre territori, sobretot a la meitat sud i al prepirineu).

CENOZOIC (de -65 MA a l'actualitat)

El moviment convergent de les plaques eurasiàtica i africana fa que s'inicii el plegament alpí, a conseqüència del qual comencen a emergir els Pirineus. L'orogènia alpina provoca el retrocés del mar cap al sud-oest, que el Massís de l'Ebre quedi submergit, i que es formi un gran golf entre els massissos pirinenc i Catalano-Balear, en el qual es comencen a dipositar els materials de la futura Depressió Central. Prop de la línia de costa s'acumulen grans gruixos de conglomerats, i més cap a l'interior es dipositen successivament sorres, argiles i llims (que originaren els gresos, les margues i les calcàries més o menys margoses que reomplen el centre de la Depressió Central).

Més tard, comença a tancar-se la comunicació entre el golf i l'oceà, i hi queda un gran llac; l'evaporació de les aigües en aquest mar tancat fa augmentar la concentració de les sals, que, finalment, precipiten tot formant els grans dipòsits d'evaporites que omplen el centre de la conca (sobretot halurs a Súria, Cardona, Balsareny i Sallent, i grans masses de guixos a Ponts i Sanaüja).

Una vegada dipositades les sals i reduïda la superfície d'aigua, s'inicia una fase de sedimentació continental amb una intensa acció fluvial, que dóna com a resultat un

rocam constituït per capes de gruix variable de conglomerats, gresos, calcàries i argiles rogenques[3].

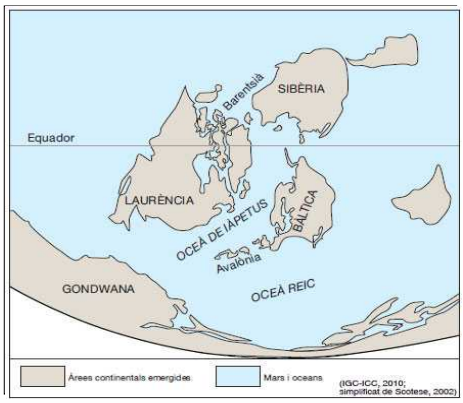
Cap a la segona meitat del Període Terciari, s'entrà en una fase de distensió de les plaques, la qual cosa provocà l'enfonsament d'alguns blocs plegats i fallats .La major part del Massís Catalano-Balear desaparegué i es formà la Depressió Pre-Litoral, entre d'altres.

Cap a finals del Terciari, les últimes manifestacions de l'orogènia alpina modifiquen lleugerament la disposició dels materials.

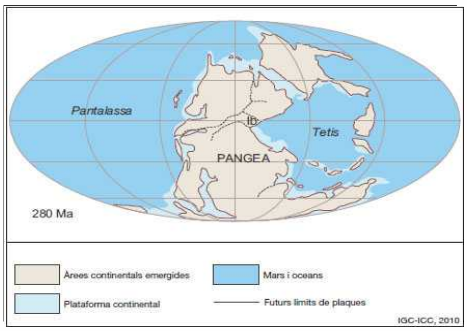
Durant el període Quaternari, l'alternança dels períodes glacials i interglacials repercutí sobre la potència erosiva de les aigües corrents generant sobre el territori la formació de terrasses fluvials que acabaren de configurar el relleu, especialment en el centre de la Depressió Central. Així mateix, la presència del gel en el Pirineu acabà de modelar-ne el relleu amb amplis circs, actualment ocupats per llacs, i valls en U.

[3] La Conca de l'Ebre: d'una mar oberta a una plana al·luvial. L'Eocè i l'Oligocè

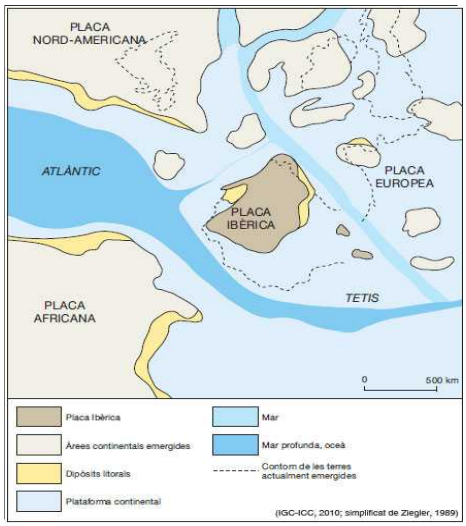
A principis de l'Oligocè, fa 33 milions d'anys aproximadament, la Conca de l'Ebre, aïllada del Golf de Biscaia i del mar de Tetis, era una depressió sotmesa a un règim continental endorreic, la qual rebia les aportacions dels rius i torrents que drenaven les àrees del nord i del sud, elevades topogràficament per causes tectòniques. En arribar a la plana, aquells rius i torrents dipositaven els seus al·luvions, consistents en enormes quantitats de graves, arenes i argiles, en forma de conjunts de ventalls i de planes al·luvials per les quals serpentejaven alguns rius de llits trenats. A les zones centrals de la conca, relativament allunyades dels fronts de les cadenes de muntanyes, es desenvolupaven pantans i àrees lacustres on es dipositaven margues, carbonats, guixos i de vegades, també, torbes. És en aquests dipòsits on es troben les restes de petits rosegadors, indicatius de la radiació dels mamífers. A les desembocadures dels cursos d'aigua que arribaven en aquells llacs s'edificaven petits deltes. Probablement, el paisatge de les zones centrals de l'actual part catalana de la Conca de l'Ebre devia recordar en alguns aspectes el de la sabana africana actual: llacs poc profunds envoltats de vegetació i àrees temporalment entollades. (Font: IGC). A nivell planetari el pas de l'eocè a l'oligocè està determinat per la primera de les grans glaciacions; el canvi de clima provocà un canvi brusc i important en la fauna i la flora, amb l'extinció de molts grups i l'aparició de noves espècies.



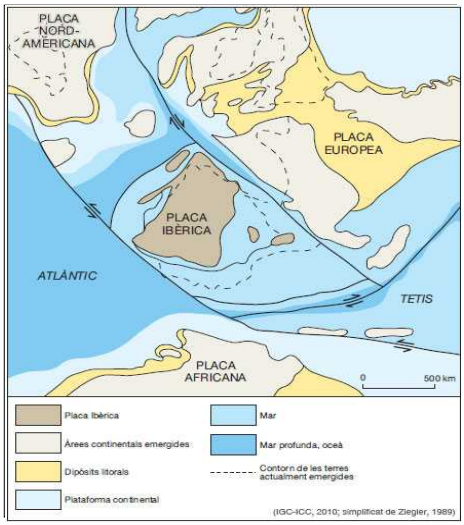
Situació de Gondwana, Laurència, Sibèria i Bàltica amb Avalònia ara fa 440 Ma.



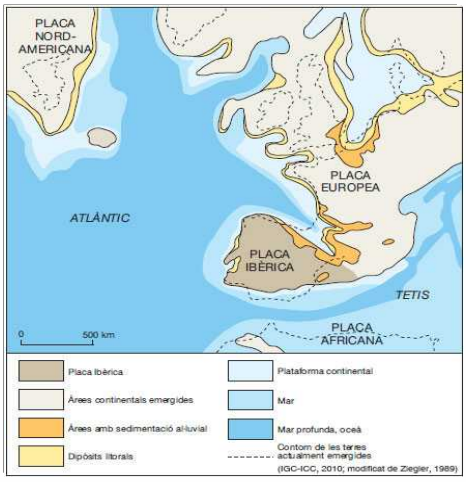
Restitució de Pangea, amb les terres emergides, les plataformes continentals i la distribució de les mars i els oceans. Hi són indicats els futurs límits de plaques i la posició de la futura Placa Ibèrica (Ib).



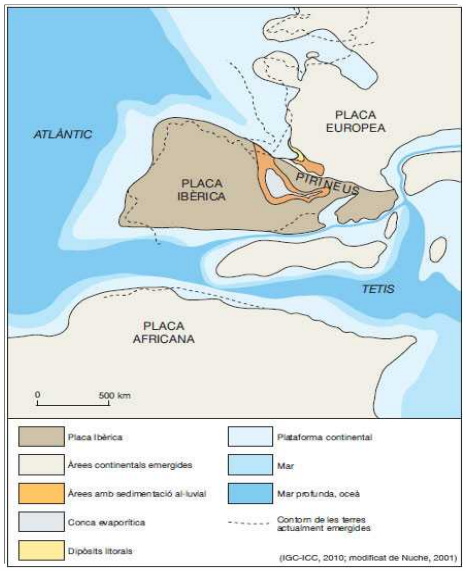
Restitució de la Placa Ibèrica fa 145 Ma, a finals del Juràssic.



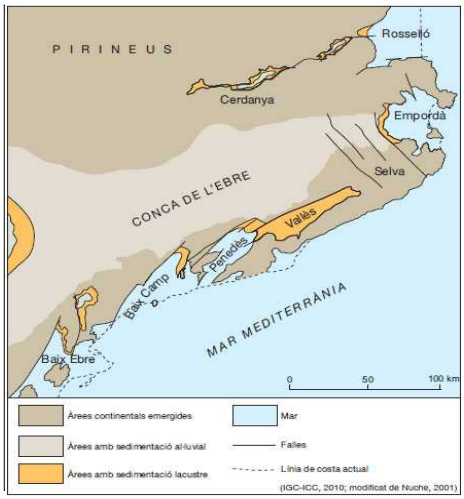
Restitució de la Placa Ibèrica fa 100 Ma, a finals del Cretaci inferior.



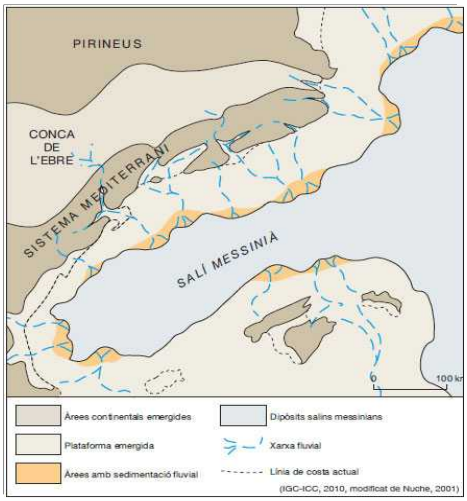
Restitució de la Placa Ibèrica fa 65 Ma, a finals del Cretaci i principis del Paleogen.



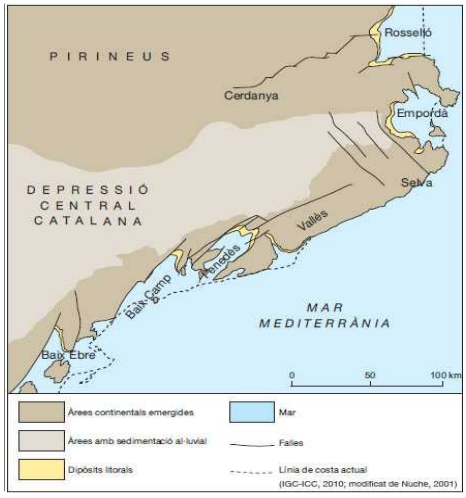
Restitució de la Placa Ibèrica ara fa 37 Ma, cap a finals de l'Eocè.



Reconstrucció paleogeogràfica a mitjan del Miocè.



Reconstrucció paleogeogràfica a finals del Miocè.

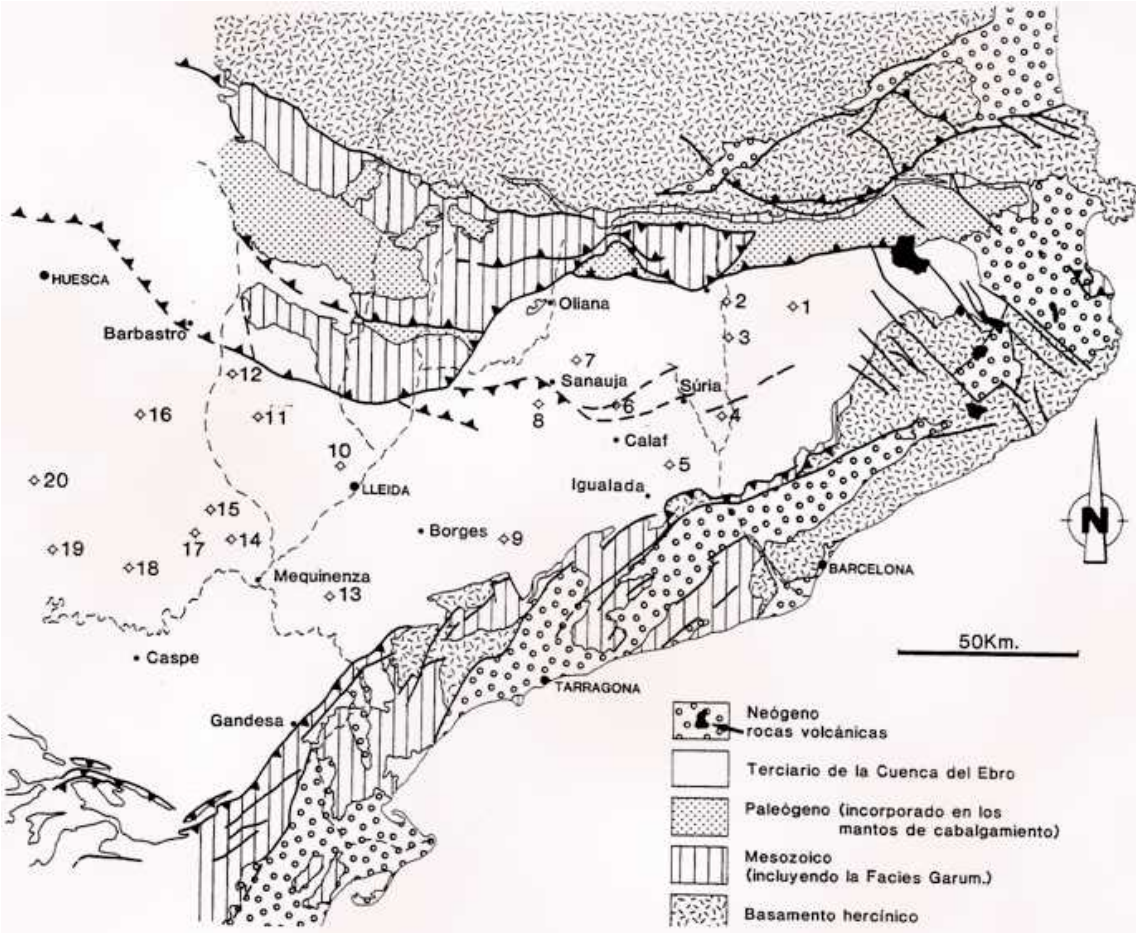


Reconstrucció paleogeogràfica durant el Pliocè inferior, fa 4 Ma.

Imatge 2: El moviment de les plaques en les diferents eres i períodes

5.1. Mapa geològic esquemàtic de la part oriental de la Conca de l'Ebre:

S'hi pot veure la distribució dels materials de les diverses edats geològiques a Catalunya, així com els de la nostra àrea d'estudi, situada a la Conca de l'Ebre (just al costat de Sanaüja), amb materials del Terciari. El sondeig de Guissona va servir per esbrinar quins materials hi ha a tota l'àrea i com estan situats, així com per deduir quines falles hi ha, la seva orientació i a quins materials afecten.

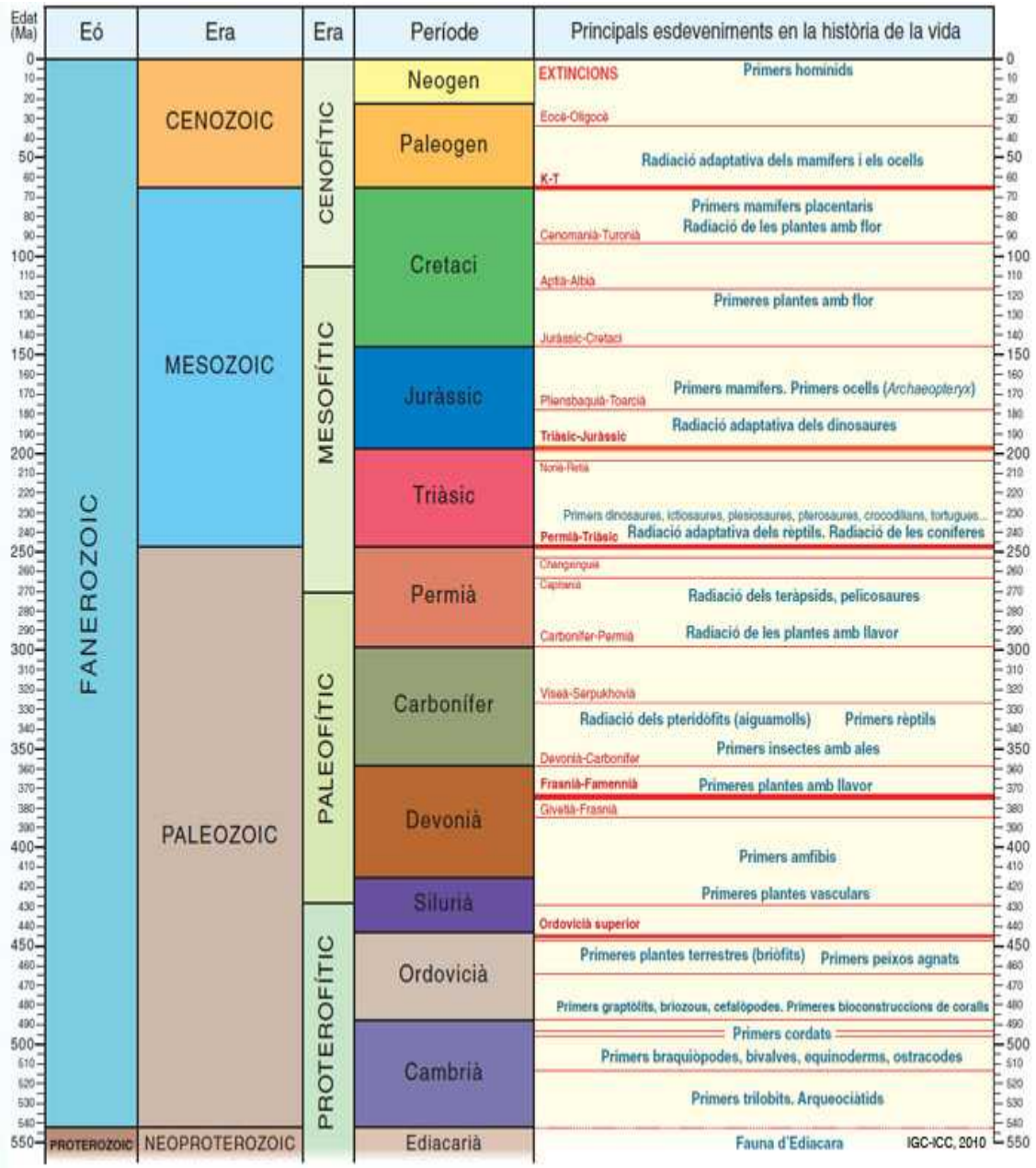


Mapa geològic esquemàtic de la part oriental de la Conca de l'Ebre senyalant la posició de Sanaüja i del sondeig de Guissona-1 (sondeig nº 8).

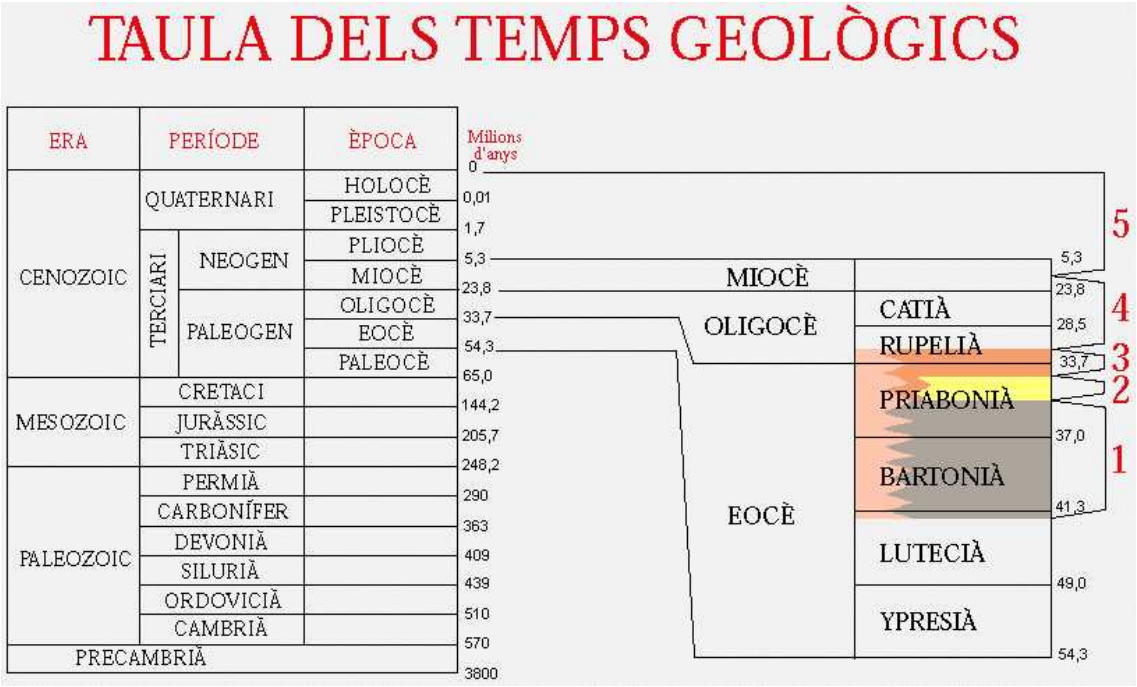
Imatge 3: Mapa geològic esquemàtic de Catalunya

5.2. Taula dels Temps Geològics:

A la taula es poden veure les principals divisions del temps geològic. És la taula que utilitza l'Institut Geològic de Catalunya en la realització dels seus mapes geològics, i és una adaptació de la taula elaborada per la Comissió Internacional d'Estratigrafia (ICS), publicada l'any 2004, a la qual s'han afegit, convenientment calibrades, les edats dels materials d'origen continental i les fàcies d'ús corrent a Catalunya. La carta de colors serveix per a codificar les edats relatives de les unitats cartogràfiques representades en els mapes geològics. Aquesta taula va ser aprovada per la ICS l'any 2005.



Imatge 4: Taula dels Temps geològics: detall del Fanerozoic



Imatge 5: Detall de les divisions del Cenozoic

6. L'AFLORAMENT OBJECTE D'ESTUDI

6.1. Situació de l'afloramen**t:**

L'afloramen objecte d'estudi està situat al sud de Ponts, comarca de La Noguera, al marge esquerra (venint de Ponts) de la carretera C-1412, just després de passar el km 3 (Latitud 41º53'37,28''; longitud 1º12'23,61''E). Una mica més a l'Est es troba el poble de Vilanova de l'Aguda, on l'any 1974 ja van ser descrites unes icnites de vertebrats (Casanovas i Santafé[4]) en uns estrats que es corresponen als mateixos en el que es troben les que ara són objecte d'estudi, però que actualment es troben en molt mal estat, com comentarem més endavant.

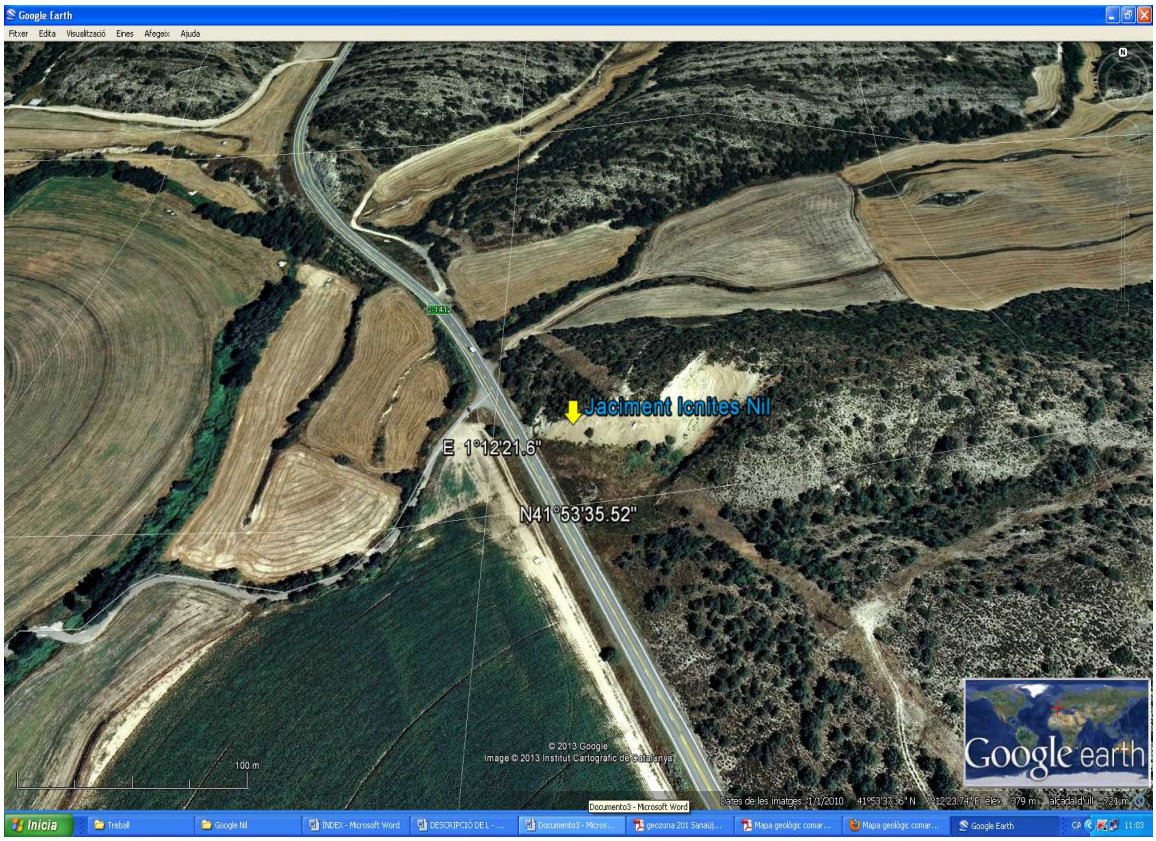
Fotografia 1: Vista general del lloc des de la carretera.

Fotografia 2: En Joan Madorell i nosaltres observant l'estrat amb les petjades.

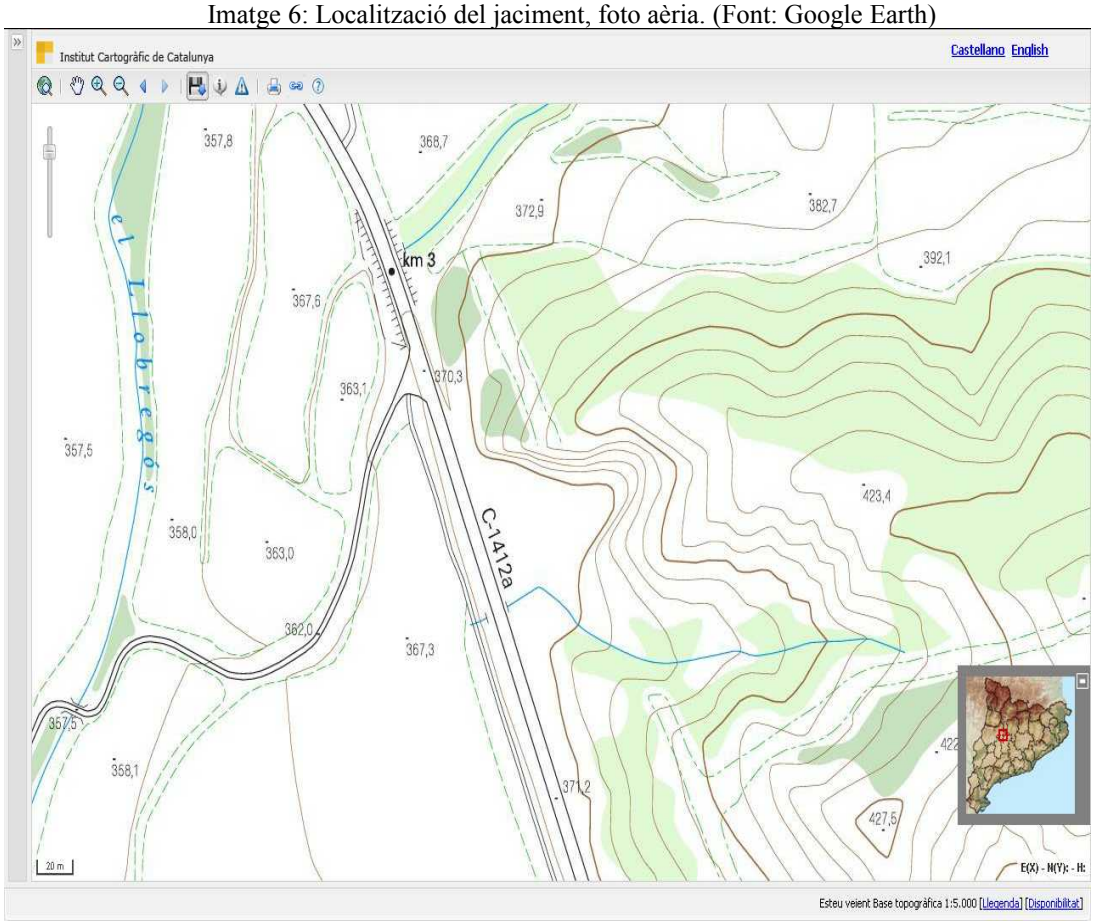
[4] Mª. L. Casanovas Cladellas y José-Vicente Santafé Llopis. *Nota sobre el hallazgo de icnitas de mamíferos en el Terciario catalán.* Acta Geológica Hispánica, t. IX (1974), nº 2, págs 45-49

Fotografia 3: La zona que volem estudiar.

Fotografia 4: Detall de l'àrea estudiada.



Imatge 6: Localització del jaciment, foto aèria. (Font: Google Earth)



Imatge 7: Mapa topogràfic de l'àrea del jaciment

6.2. Descripció de l'aflorament:

Les icnites es troben sobre un estrat amb un fort pendent, gairebé vertical (70^0 de busament) orientat al Sud. L'estrat té un gruix de 10-12 cm.

Fotografies 5 i 6 : Mesurant el busament amb el clinòmetre

El material litològic de l'estrat és un gres de gra fi, de color ocre per fora (probablement perquè la meteorització ha oxidat alguns dels seus minerals de ferro), i grisos per dins (quan es trenca amb el martell de geòleg). El material es desfà i trenca amb molta facilitat com a conseqüència, per una banda, de la gran verticalitat de l'estrat, i dels materials tous (lutites) que té a sota, que gairebé no el sustenten perquè s'erosionen molt fàcilment amb la pluja. També influeix en el trencament que l'estrat es troba sobre un plegament, de manera que el material probablement s'ha fragmentat al plegar-se els materials subjacents (guixos molt plàstics). Així, trobem un estrat ple de diàclasis que el trenquen en blocs rectangulars de 30 X 50 cm (i 10-12 cm de gruix), de manera que molts d'aquests blocs es troben caiguts al peu de l'estrat. Cal dir que, des de la localització de l'aflorament (abril del 2013) al moment de redacció d'aquesta memòria (juliol del 2013), hem observat el despreniment de diversos blocs de l'estrat. En alguns dels blocs despresos hi ha petjades, que hem utilitzat per observar de prop, prendre mesures i treure motlles.

Fotografia 7: Una petjada fòssil en un fragment després i caigut.

6.3. Litologia de l'aflorament:

Com ja hem comentat en els apartats anteriors, l'àrea d'estudi es localitza a la Depressió Central. L'edat dels terrenys és cenozoica, entre l'eocè i l'oligocè (entre 33 milions d'anys i 37 milions d'anys), dins el priabonià, segons es pot deduir de la localització dels terrenys en el mapa geològic de Catalunya i la comparació amb el que es veu *in situ*.

Al mapa geològic de Catalunya l'aflorament estaria situat a la formació descrita com a PExm (guixos i margues; formació Guixos de Barbastre, del Priabonià), tot i que l'observació in situ ens fa veure que es tracta de la PEgm (gresos i margues grises del Priabonià). Cal tenir en compte que els guixos són uns materials molt plàstics i deformables, amb facilitat per emergir i desenganxar-se del que tenen a sota, i més resistents a l'erosió. Si tenim en compte, a més, l'origen del que ens interessa (les petjades fòssils d'un animal), no sembla raonable pensar que sobre els guixos es formin o conservin petjades, de manera que desestimem que es tracti, en aquell punt en concret, de la PExm. Just al costat de l'aflorament es veuen intercalacions de guixos entre els gresos i les margues, que correspondrien a la formació PEOx.

Fotografies 8 i 9: Estrats situats sota el que conté les petjades fòssils (més antics)

L'àrea on es situa l'aflorament, a més, permet observar bé la disposició i seqüència de diferents estrats, situats per sota i per sobre del que ens interessa, la seqüència dels quals seria, de més antic a més modern, la següent:

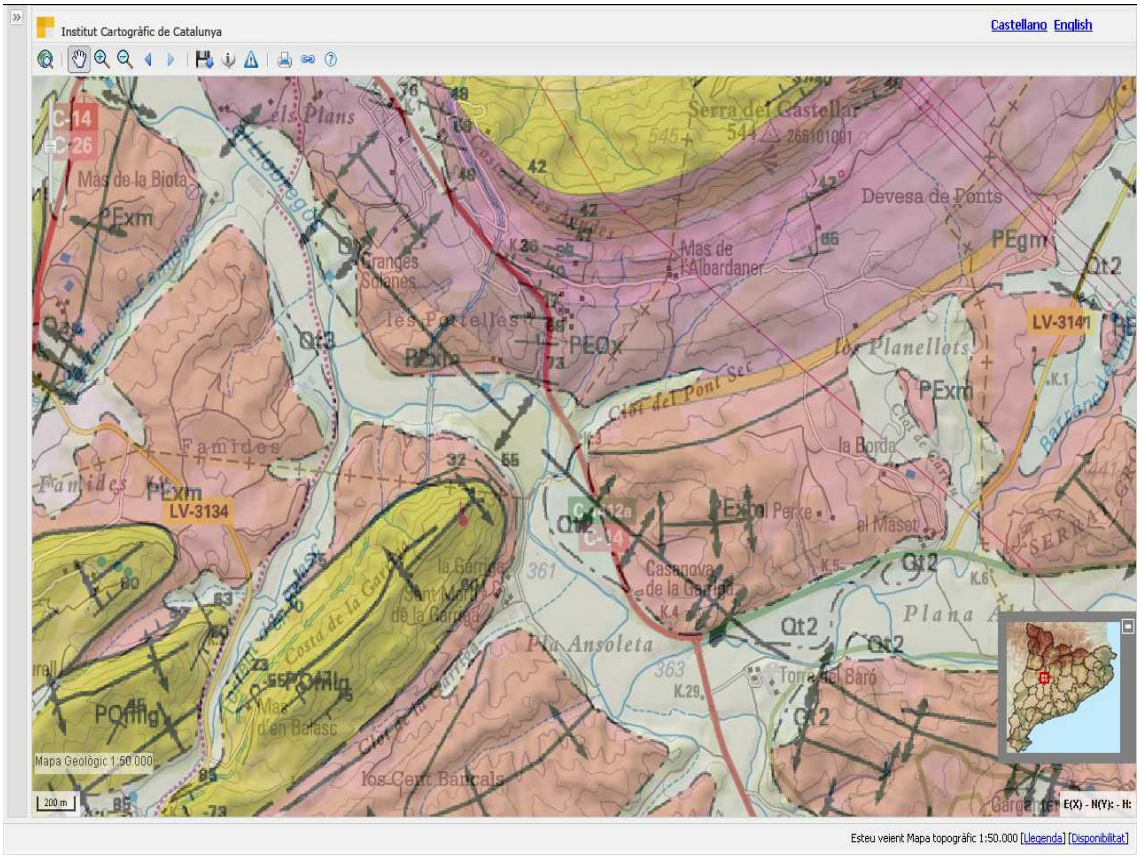
PExm: guixos i margues; formació Guixos de Barbastre, del Priabonià.

PEgm: gresos i margues grises del Priabonià.

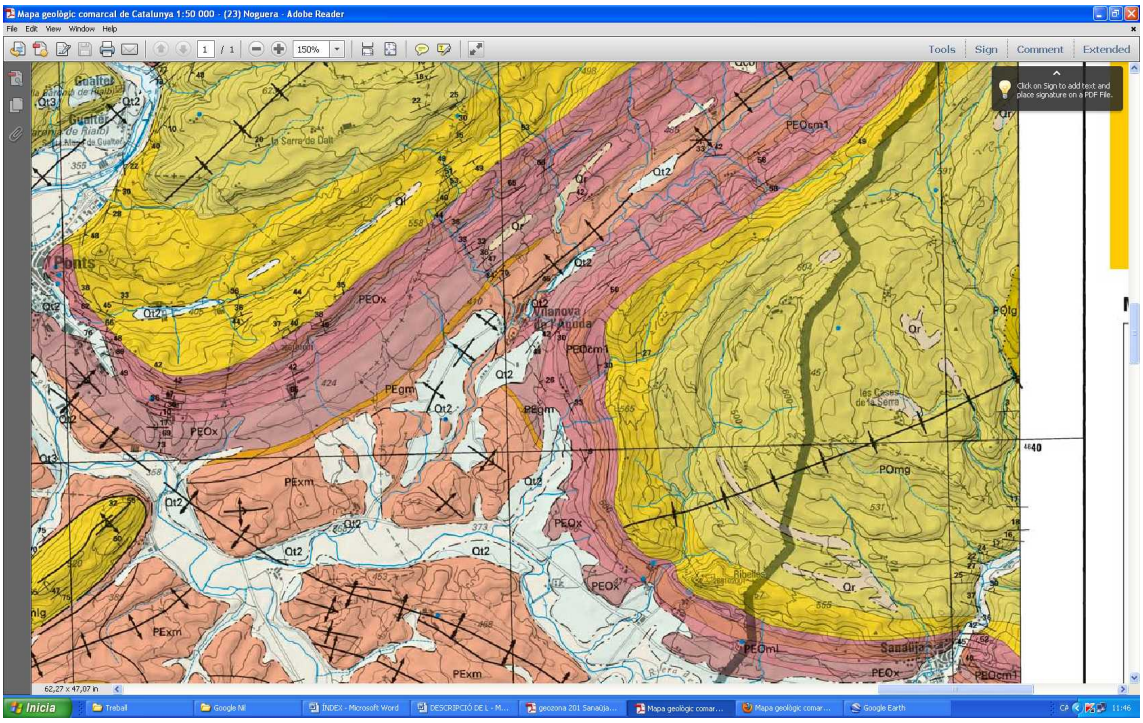
PEOx: margues grises i gresos amb intercalacions de guixos (Eocè-Oligocè).

PEOml: margues, gresos, margocalcàries i calcàries, inclou la formació lacustre de Sanaüja (Eocè-Oligocè).

Fotografia 10: Al fons es veuen bé els estrats situats per sobre del que conté les petjades fòssils.

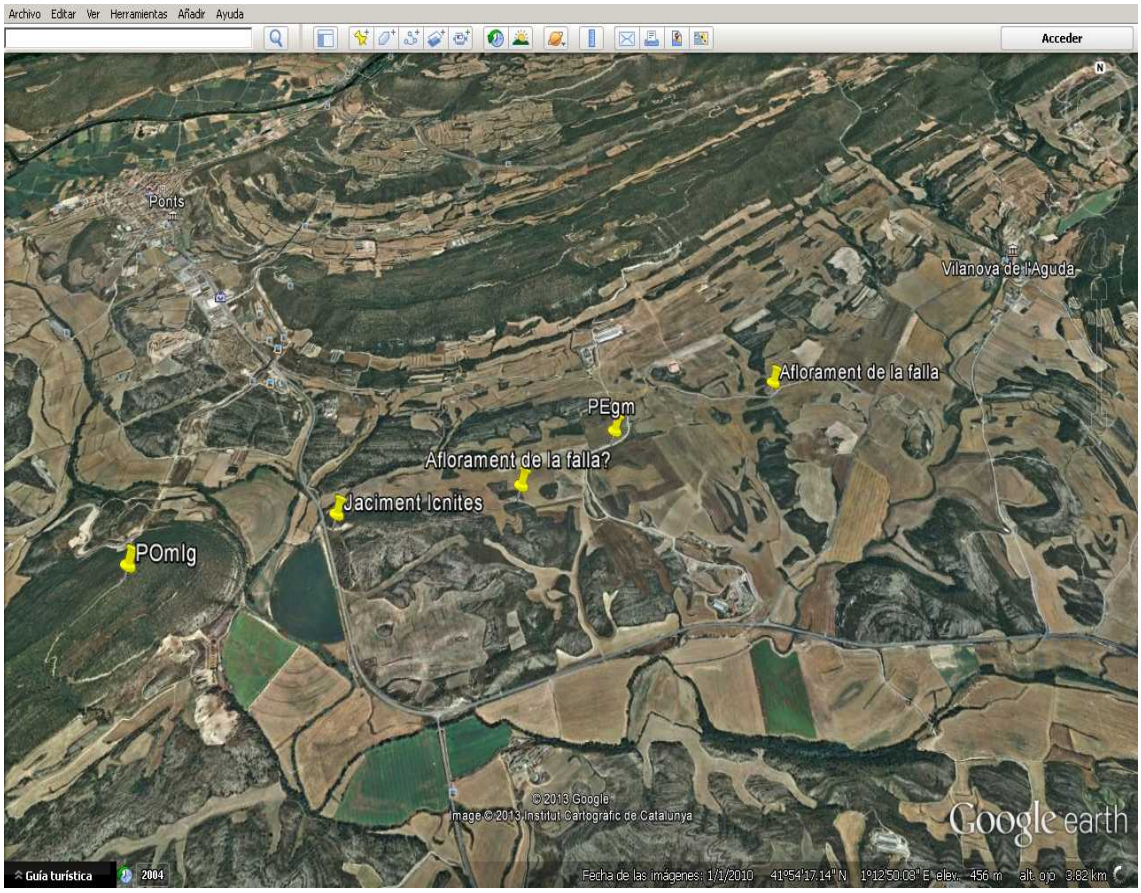


Imatge 8: Detall dels materials geològics de l'àrea d'estudi (Font: Mapa Geològic de Catalunya. IGC)



Imatge 9: Mapa geològic corresponent a l'àrea estudiada (Font: Mapa Geològic de Catalunya. IGC)

Com podem veure al mapa, la franja de materials descrita com PEgm té continuïtat i torna a aflorar cap a Vilanova de l'Aguda, on es van descriure el 1974 altres petjades fòssils de vertebrats, i on nosaltres hem trobat també altres icnites; en tots els casos, però, la fragilitat del material i la inclinació dels estrats han provocat que no estiguin ben conservades i sigui difícil la seva identificació, tret d'alguna marca aïllada.

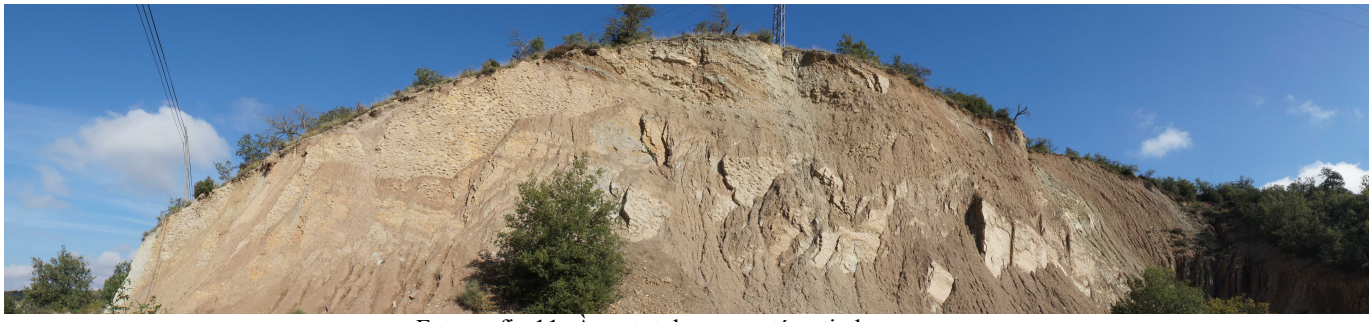


Imatge 10: Localització del jaciment i altres punts d'interès geològic.

Els punts situats a l'anterior imatge van estar localitzats sobre el terreny després d'haver constatat la seva existència en el mapa geològic de Catalunya i d'haver buscat amb el mapa topogràfic i amb les imatges del Google Earth, camins d'accés a punts on poguéssim visualitzar les estructures o els materials. L'afloament de la falla està amb interrogant perquè sobre el terreny no ens va ser fàcil determinar-la amb seguretat.

6.4. Àrees properes relacionades amb l'afloramen t:

L'afloramen t s'integra dins la formació lacustre de La Noguera i tota l'àrea és similar a la part baixa de la formació Sanaüja, descrita com a geozona 201 a l'inventari de geozones de la Generalitat. A l'àrea de l'afloramen t els estrats que acompanyen al de l'estudi estan força verticalitzats (busament superior a 70^0), constituint el flanc d'un anticlinal, i s'observa molt bé el canvi de color dels estrats, que va des dels grocs a vermells cada cop més intensos, els darrers gairebé púrpures. Això s'interpreta com un reflex del canvi en les condicions de formació: els grisos (que quan queden exposats a l'aire es tornen grocs per l'oxidació del ferro) es van dipositar submergits a l'aigua, i els vermells en condicions aèries, emergits. És força clar que estem en una zona que estava canviant molt ràpidament (els estrats tenen només poc més de 20 centímetres de gruix) perquè s'estava dessecant i els sediments que anaven arribant ja no estaven sota l'aigua. Els diferents estrats es visualitzen molt bé a causa del tall o excavació que hi ha a la zona, produïda potser per causes naturals (potser un petit torrent que va excavar l'àrea, tot i que no ho sembla perquè no es veu cap conus de dejecció que, tanmateix, podria haver desaparegut i estat modificat a causa dels treballs de construcció de la carretera) o artificials (sembla una cantera d'extracció de materials, tot i que no se'ns acut quins materials podrien haver resultat d'interès precisament perquè hi ha diferents estrats de diferents litologies però de poca potència). Tot el conjunt d'estrats amb rastres i estrats situats per sobre o per sota que es poden visualitzar constitueixen una superfície força gran.



Fotografia 11: Àrea total que conté petjades.

També cal esmentar que apareixen rastres de petjades en diferents estrats, situats uns sobre els altres, però que nosaltres ens hem limitat a estudiar-ne un tros d'un d'ells, d'uns 50 m^2, degut a la dificultat per accedir i estudiar tot el conjunt.

6.4.1. Successió lacustre paleògena de Sanaüja

El sector oriental de la Conca de l'Ebre es va anar omplint de sediments d'origen continental (sembla que procedents del Pirineu) durant un llarg període de temps. A finals de l'eocè i començaments de l'oligocè, des del Priabonià superior fins al Chattià, es van produir 5 moments diferents de reompliment de la conca, que reflecteixen les condicions que hi havia en el moment en què els sediments s'hi van dipositar. Els sediments al·luvials i lacustres que afloren a Sanaüja formen part de la primera d'aquestes 5 seqüències de dipòsit sedimentari.[5] Cada seqüència dura uns dos milions d'anys i està formada per dipòsits lacustres endorreics seguits de dipòsits al·luvials

[5] Anadón i al, 1989

vermells.[6] Els sediments lacustres del Sistema de La Noguera són evaporítics i carbonats i afloren principalment al nucli i flancs de les estructures antiformes de Calaf-Ponts (àrea on es situa el jaciment que estem estudiant), Calaf-Súria i Pinós-Cardona.
Tots aquests materials, en gruixos menors, es poden veure a l'àrea de l'aflorament estudiat. A l'annex 1 es descriuen cadascuna de les formacions de materials que hi trobem representades.

6.4.2. Les icnites de Vilanova de l'Aguda

A la referència que consta als arxius de l'Acta Geológica Hispànica es descriu la localització i estudi de dos jaciments d'icnites de mamífers molt aprop del poble de Vilanova de l'Aguda l'any 1974, per part de dos investigadors, Casanovas i Santafé. Vàrem visitar les zones descrites per veure l'estat de conservació 37 anys després de la descripció:

- A la localitat I només es conserven restes de les empremtes descrites, probablement degut a que estaven situades sobre un estrat de gresos molt inclinat (55º) que ja en aquella època estava molt trencat segons la descripció dels mateixos investigadors (i les icnites força erosionades, tot i que encara van poder identificar 3 grups d'empremtes morfològicament diferents, corresponents probablement a un cànid, un fèlid i un rinoceròtid), i que les obres d'asfaltat i re-condicionament posteriors de la carretera d'entrada al poble van fer neteja dels materials despresos. Així i tot, encara varem poder localitzar-ne alguna, molt feta malbé.
- Pel que fa a la localitat II, la seva situació està descrita de forma imprecisa (a l'extrem nord-est del poble, aproximadament a 1,5 km), i no la vam poder localitzar amb exactitud. Els autors, però, descriuen les icnites d'aquesta localitat com a molt difícils d'identificar pel seu mal estat de conservació, i situades sobre un estrat de gresos també molt inclinat, 50º. Així i tot, passejant per la zona de la que parlen els autors, varem localitzar moltes altres pistes, rastres i empremtes fòssils, que confirmen la interpretació de tota aquella àrea com a un sistema lacustre o pantanós en el que molts animals hi van deixar rastres.

Fotografia 12 : Petjades fòssils a Vilanova de l'Aguda (descrites per Casanovas i Santafé l'any 1974)

[6] Sáez, 1987; Anadón et al, 1989

A l'annex 2 es poden veure diverses fotografies de petjades fòssils i estructures sedimentàries que hem localitzat a les àrees properes a les descripcions fetes pels autors i que confirmen que l'àrea de Vilanova de l'Aguda era també una àrea pantanosa en la que van quedar registrat el pas d'animals diversos, estructures estromatolítiques, marques de vegetals, marques de l'aigua, etc.

Fotografies 13 i 14: Vilanova de l'Aguda, Localitat I (situació i detall)

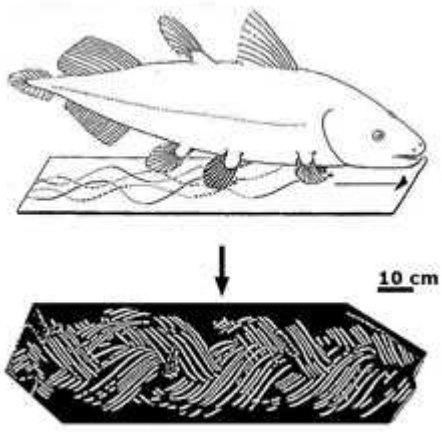
Fotografia 15: fragment de rebava a la vora d'una icnita (Vilanova de l'Aguda)

Fotografia 16: Icnites clarament marcades i diferenciades del material que l'envolta (la pressió de la pota va provocar un compactament diferencial del material)

Fotografia 17: una icnita, despresa de la paret (el material es trenca només tocar-lo)

7. ICNITES

Es defineixen com a icnofòssils aquelles restes que testimonien de forma indirecta la presència d'organismes en el passat a una zona determinada. Poden ser empremtes (icnites), però també d'altres restes, no directament parts del cos dels organismes, com excrements (copròlits), ous, nius, caus, etc. En definitiva, marques deixades per les activitats dels organismes, les quals poden ajudar a deduir i reconstruir els hàbits de vida dels éssers vius que les van originar.



Imatge 11: Organisme deixant un rastre de la seva activitat

7.1. Quines marques són icnites i quines no?

Com podem diferenciar si una marca en una roca és realment una icnita o una marca produïda per algun altre fenomen? Un dels objectius d'aquest treball és, precisament, respondre aquesta qüestió.

Al llarg del procés de recollida d'informació sobre les diferents qüestions plantejades pel jaciment que estem treballant, he anat arribant a algunes conclusions que em permeten acostar-me a la resposta a la pregunta plantejada. A continuació hi ha un llistat d'aquelles característiques que cal observar per ajudar-nos en la identificació d'un rastre d'hipotètiques icnites:

- Litologia: evidentment, cal que les marques estiguin sobre roques sedimentàries (calcàries, gresos, lutites, carbons,...), ja que les magmàtiques o metamòrfiques no permeten la fossilització, o bé, en el procés de formació de la roca el fòssil queda destruït (tret d'algunes excepcions en roques metamòrfiques de baix grau de metamorfisme, com en algunes pissarres)
- Ambient sedimentari: hi ha ambients que afavoreixen la presència i fossilització de rastres, i d'altres que ho dificulten; en aquest sentit, serà més fàcil trobar rastres en ambients lacustres o pantanosos, deltes, etc, que en ambients marins de molta profunditat, o en ambients continentals, perquè la consistència plàstica d'un terreny amarat d'aigua facilitarà que una petjada deixi marca, per exemple. Cal observar i informar-se, doncs, del tipus d'ambient sedimentari representat a l'estrat que estudiem.

- Profunditat i contorn de la marca (marques de dits i/o d'ungles): talment com quan observem petjades actuals a un terreny; cal tenir en compte, però, que l'erosió pot haver degradat la marca o pot haver gravat marques a la roca que no siguin icnites.
- Rebaves a les vores: quan una pota camina sobre un terreny que no és del tot sòlid, s'enfonsa i aixeca material per la vora, deixant com una vora inflada tot al voltant de la petjada (és el fang que ens embruta les vores de les sabates quan ens enfonsem sobre un terreny tou).
- Continuïtat dels rastres: Un animal que camina no deixa una sola marca, sinó tot un rastre que defineix el sentit de la marxa, l'ordre en què va col·locant les potes, etc.
- Confirmació per part d'especialistes: *L'experiència és un grau*, diu la dita, i és clar que haver vist i estudiat moltes vegades rastres similars pot ajudar molt en la confirmació de la sospita. De fet, la comparació entre diverses formacions, rastres, afloraments, etc., és una de les metodologies utilitzades en geologia i paleontologia

Hi ha diversos factors que controlen la profunditat de l'empremta produïda per la petjada d'un animal. Els principals són:

- La relació entre el pes de l'animal i la superfície de la seva planta de recolzament.
- La composició del sediment.
- El grau d'humitat del sediment en el moment de produir-se la petjada.

A l'annex 3 hi ha una descripció de com influencien, aquests i altres factors.

7.1.1. Són icnites les marques de l'aflorament objecte d'estudi?

- Litologia: es troben sobre material sedimentari, gresos de gra fi (veure mostra 1 i fotografia 7).
- Ambient sedimentari: lacustre (veure la descripció del geòtop 201, formació Sanaüja, a l'annex 1, i les fotos de ripples i altres estructures fluvio-lacustres al mateix jaciment (fotografia 4, part superior central) i a les àrees properes (Vilanova de l'Aguda, annex 2).
- Profunditat i contorn de la marca: tot i que moltes marques estan molt desgastades per l'erosió, n'hi ha encara algunes en les que s'identifica la forma d'una pota amb dits (mostra 2, fotografia 18).
- Rebaves a la vora: també s'aprecien prou bé en algunes de les marques (mostra 1, 2 i 3 i fotografia 8).
- Continuïtat dels rastres: es poden veure diversos rastres constituïts per diverses marques alineades (fotografies 4, 18, imatges 14 i 15, i fotografies treballades amb els rastres assenyalats).

- Confirmació per part d'especialistes: tots els geòlegs i paleontòlegs consultats (Isaac Camps, Joan Madurell, Bernat Vila) han confirmat la nostra impressió inicial de que es tracta de petjades fòssils d'algun mamífer.

En conclusió, podem afirmar que es tracta d'icnites.

Així i tot no és tan fàcil com pot semblar en un principi esbrinar a quin animal pertany un determinat rastre de petjades fòssils, perquè la morfologia de la petjada pot ser molt diferent en diferents circumstàncies, tal i com s'explica a l'annex 3. A més a més tampoc no es coneix del tot quins eren els animals que vivien en una zona en una època determinada. A l'annex 4 es relacionen alguns dels animals que s'han descrit a Catalunya en diversos jaciments de la mateixa època geològica del nostre jaciment.

Fotografia 18: Rastres i rebaves a la vora de les marques

7.2. Les icnites són un material molt fràgil:

Les icnites són un material que ens pot proporcionar molta informació sobre el passat de la zona on es troben, però molt fràgil i efímer. Es tracta d'una informació que s'havia mantingut enterrada durant molt de temps, però que quan sorgeix a la llum en poc temps es perdrà, amb total seguretat, degut a la fragilitat del material sobre el que es troben els rastres, l'erosió i les diverses alteracions a les que es trobi subjecte el terreny. Aquesta realitat l'hem pogut constatar amb les petjades properes del jaciment descrit l'any 1974 a Vilanova de l'Aguda, de les que actualment en queda ben poca cosa, i del mateix jaciment que volem documentar, en el que hem vist com en pocs mesos es van trencant i desprenent trossos de roca. És important, per tant, trobar la manera d'enregistrar aquesta informació abans no desaparegui o s'alteri.

8. TREBALLS REALITZATS SOBRE LES ICNITES DE L'AFLORAMENT

1. Contactes i visites amb diferents especialistes en treballs paleontològics.
2. Seguiment fotogràfic.
3. Estudi cartogràfic i geològic.
4. Visita a les localitats properes al jaciment amb interès geològic o paleontològic.
5. Recerca de petjades i altres marques en els blocs despresos al peu de l'aflorament.
6. Construcció de motlles de silicona.
7. Construcció i calibrat d'un escàner 3D domèstic.
8. Construcció d'una malla per recobrir l'aflorament a escanejar.
9. Col·locació de la malla.
10. Escaneig i fotografia dels rastres
    10.1. Tractament i correcció de l'escala de les fotografies.
11. Mesures de les petjades, de l'ample de gambada i d'altres aspectes dels rastres.
12. Transcripció gràfica dels resultats de l'escaneig.

8.1. Visites i contactes amb diferents especialistes en treballs paleontològics:

Hem contactat amb en Isaac Camps, geòleg i autor del bloc de divulgació de la geologia ***blocdecamp***.*blogspot.com*, en Joan Madurell, membre investigador de l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont i professor de la UAB, i amb en Bernat Vila, membre del grup d'Investigadors del Mesozoic i investigador de l'Institut Català de Paleontologia (UAB), actualment un dels principals especialistes en vertebrats fòssils. També hem parlat amb especialistes que actualment utilitzen la tècnica de l'escaneig de fòssils amb làser[7], com està fent actualment el mateix Bernat Vila i el seu equip amb les icnites de la Península Ibèric[8].
Volíem assegurar-nos de que els rastres que ens semblaven icnites realment ho eren (tots els especialistes a qui vàrem consultar ho varen confirmar), i demanar assessorament. Així mateix, ens semblava important posar en coneixement de la gent i les institucions del país que es dediquen a aquestes qüestions, la troballa de l'aflorament

[7] Veure gravació Museu de Fòssils de Richmond, Queensland, Austràlia (agost 2013)

[8] *S'escanegen les icnites fòssils de dinosaures més espectaculars . Investigadors de l'Institut Català de Paleontologia (Universitat Autònoma de Barcelona i Generalitat de Catalunya) i de la Universitat de Manchester recorren la Península Ibèrica per escanejar i documentar les icnites fòssils de dinosaures més espectaculars. Notícies UAB 5/2009*

(vàrem confirmar que encara no estava catalogat ni s'havia estudiat), i esbrinar si podíem treballar-hi nosaltres per tal de fer el què volíem (com a mínim, cartografiar les restes per tal d'elaborar el Treball de Recerca de Batxillerat). Els resultats van ser positius en tots els aspectes i la descoberta de l'aflorament s'ha comunicat al Departament de la Generalitat que s'encarrega d'aquests temes (probablement, però, no s'hi farà cap treball oficial degut al mal estat dels rastres i les dificultats econòmiques per les que travessa el país i les seves institucions).

Així mateix he visitat diversos museus i institucions per tal de veure alguns dels fòssils citats als diversos articles, cercar material de consulta, parlar amb experts que em poguessin assessorar, etc. Així, he visitat l'Institut Paleontològic Miquel Crusafont de Sabadell, la biblioteca de la facultat de Geologia de la UB, el Museu de la Conca Deià (Tremp), el museu KT de Coll de Nargó i el Museu Kronosaurus Korner a Richmond, (Queensland, Austràlia.

8.2. Seguiment fotogràfic:

Ens ha servit per il·lustrar, però, sobretot, per deixar constància gràfica de si es produïa degradació de les marques, despreniments, etc. Des del primer moment vam ser conscients de la fragilitat de l'aflorament, a causa sobretot, de la verticalitat de l'estrat i dels materials, molt tous, que té a sota, i que afavoreixen molt el trencament i despreniment en blocs de l'estrat; cal remarcar que aquest any, a més, les pluges han estat abundants i intenses entre els mesos (abril) en que es va produir la troballa de l'aflorament i els mesos d'inici de les mesures (juliol), el que ens feia témer pel manteniment dels rastres, i per això vam intentar documentar-ho fotogràficament des del començament i cada cop que hem visitat l'aflorament.

8.3. Estudi cartogràfic i geològic:

Localització i descripció del jaciment a nivell topogràfic (mapa topogràfic de Catalunya escala 1: 50 000) i vistes aèries (Google Earth). Descripció i caracterització geològica dels materials. Presa de mesures (busament dels estrats, gruix, etc.). Comprovació de la correspondència entre el que s'observa sobre el terreny i la descripció segons l'Atles Geològic de Catalunya, tant de l'aflorament objecte d'estudi com dels estrats situats per sobre i per sota, i les estructures sedimentàries (ripples, etc.) o tectòniques d'interès (falles, plegaments, anticlinal).

8.4. Visita a les localitats properes al jaciment amb interès geològic o paleontològic:

Amb l'objectiu de veure i localitzar el que a la bibliografia hem trobat descrit sobre geologia i paleontologia a Vilanova de l'Aguda, Sanaüja, i tota l'àrea propera al jaciment i que té alguna relació pel que fa als materials que s'hi troben (guixos de Ponts, conglomerats de Solsona, sals de Súria, lutites vermelles de Calaf, etc.)

8.5. Recerca de petjades en els blocs despresos al peu de l'aflorament:

Tant per confirmar que realment eren petjades fossilitzades, com per fer-ne motlles.

8.6. Construcció de motlles amb diferents materials:

Tant per preservar les petjades que s'havien trencat i després, com per aprendre una tècnica que s'utilitza habitualment en aquests tipus de treballs, i també per complementar i documentar la memòria dels treballs realitzats.

La realització de motlles[9] és una tècnica emprada habitualment en l'estudi de petjades d'animals, tant recents (d'animals vius) com fossilitzades. Es tracta d'una bona manera de conservar el rastre, i de poder-lo traslladar del seu lloc original per poder estudiar-lo amb més detall i per poder conservar-lo. Al mateix temps, el fet de treballar sobre rèpliques disminueix el perill de fer malbé l'original a causa de la manipulació, i alleugereix el pes dels objectes a estudiar, aspecte important a tenir en compte quan es tracta de roques.
Al llarg del temps han anat variant els materials usats. Al començament es feien amb guix, material barat i fàcil d'usar, però que no permet la seva aplicació més que sobre superfícies horitzontals; també s'ha fet servir escaiola, guix de modelar o pasta de guix de dentista, que permeten treballar sobre qualsevol inclinació, però el preu és més elevat i això fa que no siguin útils quan cal fer motlles de superfícies grans.
Les resines, làtex i silicones, molt més lleugeres i fàcils de transportar, són els materials que s'utilitzen actualment. Tenen l'avantatge, a més, que no es trenquen com els guixos o les escaioles. N'hi ha de diverses i això permet triar en cada cas la que pot anar millor, tenint en compte les condicions climàtiques o els substrats en els que calgui treballar.
Abans d'introduir el material amb el que es vol fer el motlle, cal netejar amb pinzell l'interior de la petjada, i posar-hi alguna substància que afavoreixi el desemmotllatge i que eviti que es faci malbé la petjada quan s'extregui el motlle. Un cop aplicat el material amb el que es vol fer el motlle (vigilant que no es formin bombolles si es tracta de guixos o escaioles), directament o aplicant capes amb pinzell, segons el material de què es tracti, es finalitza aplicant talc o algun altre material per evitar que la superfície es faci malbé. Si s'ha fet servir làtex caldrà conservar els motlles lluny de la llum, que els degradaria en poc temps[10].

En el nostre cas he fet servir una pasta fluida de silicona de dos components, fàcil de barrejar (porta un colorant blau que facilita la visualització de la completa homogeneïtzació), de baixa viscositat i bona flexibilitat i elasticitat i que s'aplica a temperatura ambient. En 24 hores ja està a punt per desmotllar.

[9] Canudo, J.I. i Cuenca,G.

[10] La Universitat de La Rioja ha organitzat diversos Cursos d'Estiu sobre tècniques de neteja i construcció de motlles d'icnites. Van adreçats a llicenciats i personal investigador de més de 18 anys. Enguany es celebrà la 2ª setmana de Juliol, a la localitat d'Enciso. No hi he pogut assistir perquè no compleixo els requisits d'edat i titulació.

L'equip de l'àrea de preparació-restauració de l'Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont realitza treballs de camp per a qualsevol institució o equips d'investigació que necessitin un equip per a l'extracció i tractaments de conservació curativa "in situ".

Fotografies 19, 20, 21 i 22: Construint el motlle

8.7. Construcció i calibrat d'un escàner 3D domèstic:

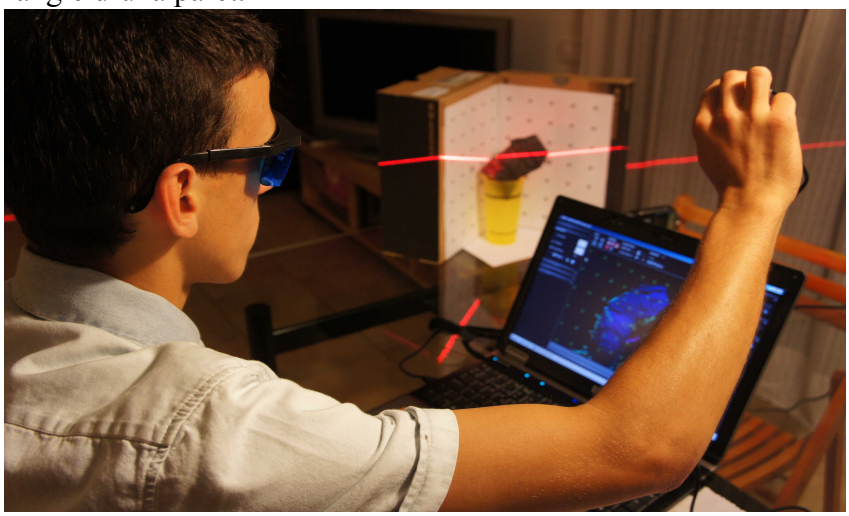
Tant per intentar documentar els rastres de la manera més acurada possible, com per després poder prendre mesures i analitzar morfologies, seqüències, etc., especialment tenint en compte la dificultat d'accés i treball directe (per les característiques ja explicades de l'aflorament). A més, tot i que inicialment va ser una idea pròpia, després hem descobert, tot consultant bibliografia i especialistes, que aquesta tècnica s'està començant a aplicar a l'estudi de jaciments paleontològics, tot i que fent servir instrumentació molt cara. Això ens va motivar més encara a intentar fer-ho, i vàrem pensar que si ho aconseguíem podria ser útil per tal d'abaratir el cost de la tècnica.
A continuació es descriu amb detall la construcció de l'escàner i les dificultats que vam trobar; dificultats que han obligat, finalment i molt a desgrat nostre, a abandonar aquest projecte i canviar de mètode.

8.7.1 L'escaneig en 3dimensions: Com funciona l'escàner

La idea d'escanejar el rastre d'icnites, és a dir, d'enregistrar les petjades amb un mètode diferent dels que tradicionalment s'han utilitzat (motlles, dibuixos, fotografies, etc.) va sorgir en trobar a Internet la manera de construir un escàner senzill amb materials de baix cost. Posteriorment hem descobert que és una tècnica que ja s'està utilitzant actualment per enregistrar rastres o ossos fòssils, i fer-ne representacions, tant a casa nostra com a altres indrets.[11]

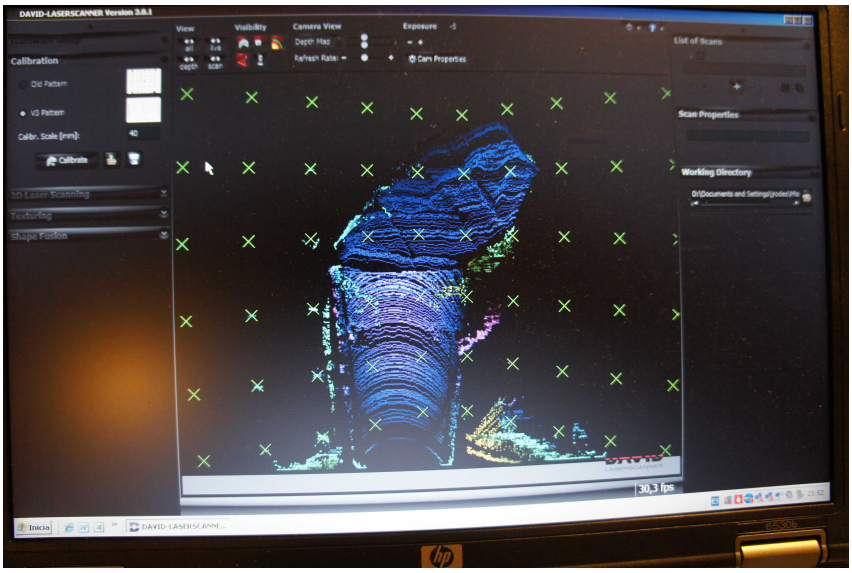
L'escàner es fonamenta en un programa d'ordinador que és capaç de llegir línies, les quals es divideixen en segments. Cal un làser que projecti una línia absolutament recta de llum, que incideixi sobre la superfície amb un angle determinat. En un altre angle es col·loca una càmera de vídeo que enregistra les diferencies, el perfilat d'aquesta línia, sobre la superfície que volem llegir. Si la superfície fos completament llisa, cada cop que projectéssim el làser la càmera llegiria una línia recta; quan desplacéssim el làser de manera perpendicular al raig de llum obtindríem una altra línia recta, i així successivament, de manera que obtindríem un seguit de línies rectes que la càmera llegiria com a tals línies rectes, de manera que el programa d'ordinador interpretaria que allò és pla perquè les línies serien paral·leles; quan hi hagués un forat o una protuberància en la superfície llisa el raig incidiria amb una obertura, amb un angle diferent sobre la superfície i el programa llegiria l'angle i interpretaria que allò és un forat o una protuberància en la superfície depenent de si l'angle era cap amunt o avall: la línia deixaria de ser recta i apareixerien segments amb un cert angle.

Una recerca a Internet va permetre trobar la manera de construir un escàner làser tridimensional per escanejar objectes petits. Un aspecte important és el calibrat de tot plegat, per tal de que el programa disposi d'unes referències per saber amb quines magnituds estem treballant. En un escàner petit es fa pintant uns punts en uns fulls de paper disposats perpendicularment que el programa d'ordinador interpreta per tal d'obtenir la perspectiva de l'objecte. A una escala molt més gran, com és la situació que tenim, hem hagut de buscar un mètode per calibrar objectes grans, i ho vam intentar (tot i que finalment no ho vàrem aconseguir) pintant uns punts força més grans, a distàncies iguals, en un angle d'una paret.



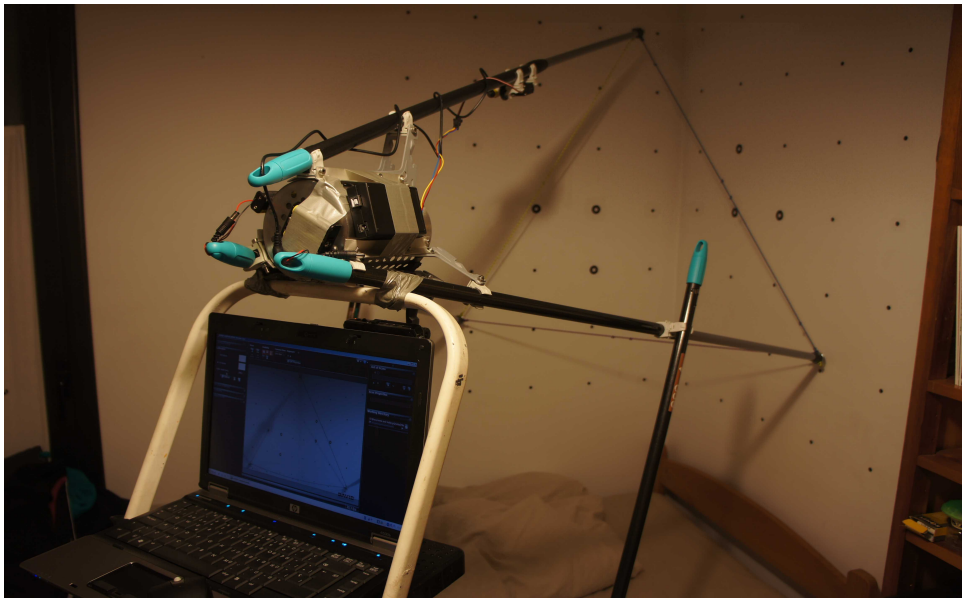
Fotografia 23: Fent proves de calibrat amb l'escàner, a petita escala.

[11] Diverses notícies i articles sobre escaneigs: Vila, Bernat, *S'escanejen les icnites fòssils de dinosaures... Notícies UAB 5/2009* ; Australian Age of Dinosaurs Issue 2- 2004



Fotografia 24: Fent proves amb l'escàner, amb bons resultats.

L'escombratge del làser per objectes petits es fa manipulant a pols, però amb objectes més grans això fa difícil obtenir un paral·lelisme de les línies de llum i una velocitat angular regular, de manera que vam decidir motoritzar-ho amb un servomotor, que també s'ha hagut de programar (s'ha fet servir un microprocessador Arduino).
Tot el conjunt (làser, càmera, servomotor i microprocessador) s'ha muntat sobre un trípode plegable (per facilitar-ne el transport i el desplaçament sobre el lloc).



Fotografia 25: Intentant calibrar per treballar amb grans superfícies

A més, perquè el programa pugui fer bé la lectura cal que no hi hagi interferències lumíniques, de manera que cal enfosquir tot l'espai. Això vam pensar resoldre-ho amb una mena de tenda de campanya construïda amb llençols de color negre que cobriria completament la superfície a escanejar.

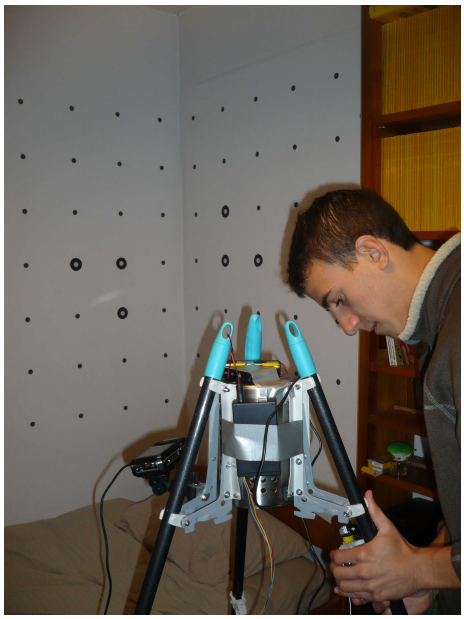
Finalment calia trobar un procediment per reconstruir les diferents lectures (ja que la superfície és massa gran com per fer-la amb un sol escaneig): per això s'ha construït una malla reticulada amb base triangular, de tal manera que cada triangle fos identificable[12] per tal de poder reconstruir després les imatges en la seva posició en la paret. El trípode va situat sobre els vèrtex d'aquests triangles, de manera que s'escaneja triangle a triangle i després es fa la composició amb l'ordinador.

Cal tenir en compte que la superfície a escanejar està situada sobre una paret gairebé vertical i molt inestable, de manera que també calia trobar una manera de treballar que fos eficaç. Per sort, des del principi comptàvem amb l'ajuda de diversos amics que tenen en l'escalada una de les seves activitats preferides i que es van prestar de seguida a donar-nos un cop de ma quan calgués.

8.7.1.1 Descripció de l'aparell construït per escanejar en 3dimensions:

S'ha construït un trípode que encaixa exactament a les anelles dels vèrtex dels triangles de la malla que ha de recobrir l'aflorament per tal de poder referenciar l'escaneig. Sobre aquest trípode van muntades: la càmera fotogràfica, el làser amb el servomotor per moure'l i el microprocessador Arduino per controlar el motor que mou el làser.

Fotografia 26 : El trípode amb el làser.



Fotografia 27: Intentant calibrar superfícies grans.

La càmera s'ha de connectar a un ordinador amb el programa DAVID 3D que llegeix la línia que va fent el làser i en fa una interpretació en 3 dimensions.

Material:

- 3 bastons telescòpics (pals d'escombra).
- Recipient metàl·lic.
- Làser.
- Servomotor.
- Càmera fotogràfica.
- Ulleres de protecció.

[12] Veure la descripció de com s'ha fet per marcar i identificar cada triangle del reticulat (imatge 14)

Fotografies 28 i 29: El muntatge acabat.

8.7.1.2. L'escaneig en 3dimensions: dificultats trobades

El mètode que havíem decidit utilitzar, l'escaneig en 3 dimensions de les petjades utilitzant un programa de software disponible de forma gratuïta a la xarxa (DAVID 3D), tot i que conceptualment senzill, ha resultat impossible de dur a la pràctica a causa de que les eines disponibles no han resultat adequades al nostre cas.

En un principi, el mètode semblava idoni però a mesura que es feien proves vèiem que no ens en sortíem. Les primeres proves d'escaneig d'objectes petits van funcionar prou bé, però en intentar traslladar el mètode a una situació en que les magnituds de les dimensions són molt més grans, ha resultat impossible de calibrar l'aparell que havíem construït. Perquè no ha funcionat a una escala més gran? Bàsicament perquè el calibrat de l'aparell és molt crític, tant que no es pot fer a nivell casolà i cal un software professional (en el que aquests problemes de calibrat estan resolts d'una manera diferent al calibrat de la versió casolana, que es fa amb una mena de "carta d'ajust"), el qual es troba fora del nostre abast per motius tant econòmics com del temps que caldria per aprendre de nou el funcionament i per muntar un sistema diferent al previst (que ja teníem construït i que ja ens havia ocupat moltíssimes hores).

A més a més, l'escàner amateur i gratuït (David 3D) treballa amb l'escombrada d'un làser controlat a mà, a pols. En el nostre cas no era adequat fer-ho a mà i vam decidir motoritzar-ho amb un servomotor controlat per un microprocessador Arduino, que prèviament vam haver de programar. Aquests servomotors tenen una limitació de velocitat angular d'un grau (en el motor pas a pas), que és suficient per obtenir escombrats regulars quan treballem a escala reduïda, amb objectes petits, però que és massa gran quan es treballa amb dimensions més grans, donant resultats no regulars, a salts, amb uns salts més grans que la resolució que volíem obtenir.
Així, fins i tot en el cas que no haguéssim tingut dificultats en el calibrat (o que les haguéssim pogut resoldre) hauríem tingut problemes en la lectura de les dades escanejades a causa d'aquests salts en l'escombrada. La solució que se'ns acudia per aconseguir una escombrada més lenta consistia en fer una modificació mecànica del

servomotor, reduint el límit del salt del moviment angular (modificació que no estàvem segurs de poder fer, d'entrada perquè no estàvem segurs que fossin suficients les eines de les que disposàvem).
Un altre problema era que aquests servomotors tenen un recorregut angular limitat, que també hauríem de modificar per tal d'aconseguir que anés fent passades (voltes) de manera il·limitada fins a aconseguir l'escaneig continu i més o menys regular; això implicava una modificació de tipus electrònic, modificant la programació interna que porten aquests servomotors d'aeromodelisme, i no estàvem segurs d'aconseguir-ho amb èxit.
Tot i que vàrem trobar entre els múltiples recursos de la xarxa la manera de fer aquestes modificacions, tant la mecànica com l'electrònica, tot plegat implicava una quantitat molt gran d'esforços, diners (calien diversos components electrònics i mecànics, per exemple) i, sobretot, de temps, temps del que ja no disposàvem, tant per fer-les com per comprovar que funcionaven.

També ens vàrem plantejar fer el salt qualitatiu a la versió professional de l'escàner. De fet, la versió professional ja ha anat resolent totes les dificultats amb les que nosaltres (o altres persones aficionades a la qüestió, tal i com es pot llegir en els diferents fòrums) ens hem anat trobant. La precisió que podríem aconseguir, per exemple, és més que adequada pels objectius que perseguíem (fins a 1 mm a 1 metre i mig de distància), però els costos es disparaven: l'escàner professional ja no treballa amb l'escombrada d'un làser el qual presenta el problema del calibrat, sinó que fa un auto-calibrat que resol el problema més important de la versió amateur, sense que importin les dimensions del que es vol escanejar. L'auto-calibrat requereix un software molt complex i car (ja no gratuït), així com un hardware adequat, un projector de vídeo i una càmera, que també hauríem hagut de comprar. També calia construir un nou suport, perquè el que havíem construït no s'hagués adaptat als nous requeriments. Tot plegat ens ha semblat un obstacle massa gran com per intentar-ho i hem decidit canviar de mètode.

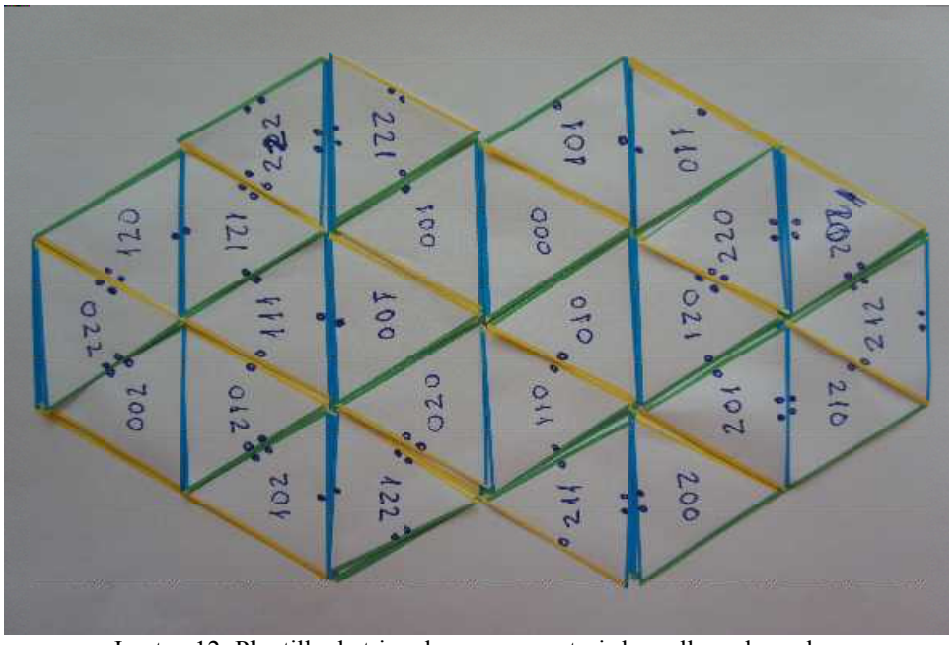
8.8. Construcció d'una malla per recobrir l'aflorament a escanejar:

Per poder tenir algun sistema de referència clar que ens servís per interpretar correctament les dades de l'escaneig, va sorgir la idea de fer una malla dividida en triangles d'un metre per costat, que ens permetés saber:

- En quin punt exacte es troba cada petjada.
- La llargada, amplada i profunditat de les petjades per comparació amb el sistema de referència.

El primer problema que es plantejava era trobar la manera de diferenciar cada triangle, que cadascun tingués unes referències que l'identifiquessin, per tal de poder situar cada petjada al lloc corresponent. No es podien utilitzar colors, ja que l'escàner tant sols detecta el relleu. Finalment se'ns va ocórrer posar nusos als cordills que formen la malla. Aquesta va resultar ser una bona idea, ja que es plantejava senzilla, clara i ràpida, tant de construir com de detectar.
Com ho faríem per tal de que cada triangle tingués una identitat pròpia, compartint a la vegada cada costat amb els triangles veïns? La nostra malla havia d'estar composta per un total de 26 triangles, de manera que un sistema de base 2 ens oferia un total de 27 combinacions entre els números 0, 1 i 2. D'aquesta manera, es podien utilitzar gairebé

totes les combinacions, exceptuant-ne una. Per fer-ho més fàcil vàrem adjudicar un color a cada costat del triangle, donant-li la primera, la segona o la tercera posició del número de la sèrie. Li vam donar el color blau al primer número, el groc al segon i el lila al tercer. Per poder saber quina combinació tenia cada triangle, vam decidir posar un nus a cada extrem dels costats blaus i a partir d'allà, anar comptant quins números tenien els costats en el sentit que es mouen les agulles d'un rellotge. Els números estarien representats per nusos al centre de cada costat, de manera que fos ràpid i senzill de localitzar cada valor.
No va ser gens fàcil encertar totes les combinacions, ja que al principi ho provàvem per tanteig. Finalment se'ns va acudir desmuntar la xarxa dibuixada en un paper com si es tractés d'un trenca-closques i anar posant, canviant i tornant a posar les combinacions fins que totes van coincidir.
D'aquesta manera ja teníem acabat el disseny del projecte, però ara feia falta dur-ho a la pràctica.



Imatge 12: Plantilla de triangles per a construir la malla amb corda.

Aquesta segona part no va ser tant complexa de fer, però hi vaig haver de dedicar moltes hores, fins que va estar enllestit. Per poder-ho realitzar vàrem decidir utilitzar un material fàcil d'aconseguir, barat, senzill de manipular i resistent, per poder-ho tibar amb força sobre el terreny; ens vam decidir per cordill d'escalada de 3 mm de diàmetre. També vàrem haver de construir una superfície on poder treballar d'una manera àgil, còmode i segura

Material:

- Cordes d'escalada de 3 colors, de 3mm.
- Anelles metàl·liques.
- Dos claus.
- Tauló de conglomerat.
- Cinta mètrica.
- Llapis i retolador permanent.
- Tallador elèctric.
- Taps de suro.
- Plànol realitzat prèviament.
- Suports compressius.

Per al suport de treball, vam començar agafant un tauló de conglomerat on vam marcar els punts on anirien els diversos nusos, tant per la corda blava (als extrems) com els que se situarien al centre. Mesurant acuradament i tenint en compte la longitud que faria cada tram de corda amb les dues anelles a la punta, vam clavar dos claus a un metre de distància entre ells, fent un forat al tauló amb un trepant, per poder tibar les cordes.
Vam pensar que la millor manera per ajuntar les cordes amb les anelles era fent un nus prou resistent perquè no es desfés a l'estirar, relativament senzill de fer, i fàcil de desfer (per nosaltres) en cas d'error. Vam triar entre uns quants nusos nàutics que servissin pel que cercàvem, i el *nus gros* va resultar ser adequat. Per tal de proporcionar més seguretat i resistència el vam completar amb un nus simple. Finalment l'extrem d'aquest, era fos i segellat amb la corda perquè fos molt difícil de desfer.

Fotografies 30 i 31: Construint la malla

Fotografia 32: La malla acabada.

8.9. Col·locació de la malla:

Des del primer moment vam tenir clar que aquesta no seria una tasca trivial, perquè el material sobre el que havíem de treballat està molt trencat i desfet, i el pendent és molt dret. Per això teníem clar que ens calia l'ajuda de diversos amics escaladors, que des del primer moment es van mostrar disposats a ajudar. A l'hora de la veritat, efectivament, col·locar la malla i, sobretot, aconseguir fixar-la i mantenir-la tibant (amb piquetes i pops), va resultar més complicat i difícil del que havíem suposat.

Fotografia 33: Penjats a la paret per col·locar la malla i fotografiar les petjades.

Fotografia 34: Acabant d'ajustar la malla per començar a fotografiar els rastres.

8.10. Escaneig i fotografia dels rastres:

Les dificultats sorgides en la calibració del làser van fer que haguéssim d'abandonar el projecte d'escanejar els rastres i ens vam haver de limitar a fotografiar-los.
Tant amb un mètode com amb l'altre, però, penjar-se de la paret per tal de fer-ho requereix l'ús d'equip d'escalada, i tot plegat va fer que decidíssim limitar l'estudi a una àrea petita (si ho comparem amb l'extensió total que presenta rastres). Es va fotografiar cada tram de paret delimitat per un triangle de la malla, i, posteriorment es van tractar les imatges per tal de muntar-les i orientar-les adequadament, tal i com s'explica a l'apartat corresponent al tractament de les imatges.

8.10.1 Tractament i correcció de l'escala de les fotografies:

Les fotografies que han servit per estudiar rastres i petjades individuals estan preses a una certa distància i en un cert angle, que calia corregir (tal i com es fa amb les fotografies preses des d'avions del Servei Cartogràfic, per exemple) perquè sinó les úniques imatges que no estarien deformades serien les que queden just sota la vertical, però tots els altres punts estan deformats a causa de l'amplada del mateix objectiu i de l'angle d'incidència amb la paret (recordem que té una inclinació de 70º), que provoca que les vores dels objectes quedin deformades de manera que les mides no són les reals.
Per fer-ho hem tractat les imatges amb el programa Corel.
Com que tenim fotografies preses perpendicularment sobre la superfície, que ens serviran de referència, i una malla de triangles que sabem que mesuren un metre de costat, hem estirat en sentit vertical la imatge de fons, (la imatge base sobre la que hem fet tots els càlculs), un 16%, de manera que al fer aquesta correcció sobre les fotos hem aconseguit que els triangles de la malla fotografiats mesurin un metre de costat, és a dir, la seva mida real. Si haguéssim pogut treballar amb l'escàner no haguéssim hagut de fer això perquè haguéssim obtingut imatges completament perpendiculars a la superfície a observar.

8.11. Mesures de les petjades, de l'ample de gambada i d'altres aspectes dels rastres:

Els resultats s'expliquen a l'apartat corresponent, i a l'annex 5 es poden veure les dades concretes.

8.12. Transcripció gràfica dels resultats de l'escaneig:

Els resultats s'expliquen a l'apartat corresponent, i a l'annex 5 es poden veure les dades concretes.

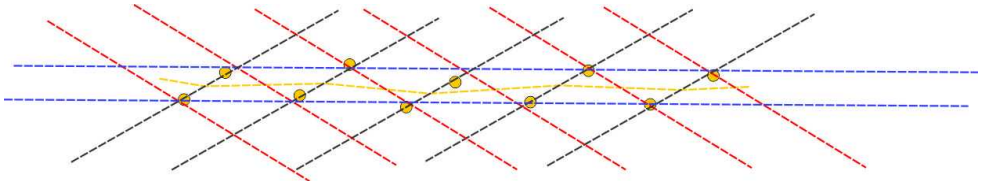
9. DISCUSSIÓ DELS RESULTATS DE L'ANÀLISI DE LES FOTOS DE LES PETJADES

Els resultats que es presenten s'han obtingut de l'estudi de només una petita part de tot l'afloramen per la impossibilitat de treballar sobre tot el jaciment, tant a nivell de temps com de logística.

En primer lloc crec important destacar que el repte de cartografiar i estudiar les icnites supera, en tots els nivells, el que m'havia imaginat. Per exemple, tot i que en un principi semblava que el jaciment no estava en gaire bon estat, un cop fetes les fotos veiem que no estan tan fetes malbé com semblava des del peu de la paret, sinó que és un jaciment del que es pot treure moltíssima informació. Només pel que fa al nombre de petjades ja podem afirmar que estem davant d'un jaciment molt gran, dels més grans de l'àrea geogràfica on es troba (si més no per la bibliografia trobada i consultada sobre diferents jaciments, en els que hi ha moltíssimes menys petjades i rastres). Així doncs, i com a primera conclusió, el jaciment és més important del que ens pensàvem.

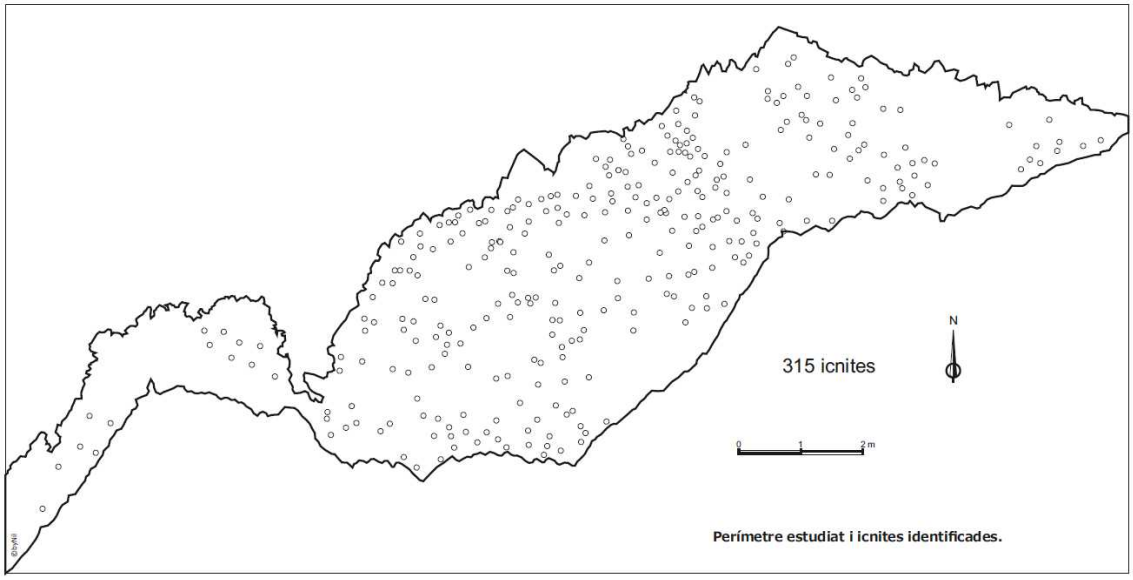
Un cop preses les dades (a través de les fotografies) i analitzades, se m'han acudit maneres de millorar el mètode de recollida de la informació que m'haurien permès obtenir més o millors dades. Per exemple, hauria fotografiat un tros de paret que vaig excloure en el seu moment, únicament per qüestions de facilitat d'accés, però que un cop estudiats els rastres del tram fotografiat he vist que hauria estat interessant d'incloure perquè segurament proporcionaria molta més informació. Així mateix, se m'acudit com fer-ho per evitar les dificultats de fotografiar trams difícils d'enfilar-s'hi, de manera que hauria pogut fotografiar aquells trams que ara em semblen d'interès. Si aquest fora un treball científic de debò, que mereixés ser publicat, per exemple, caldria incorporar totes aquestes millores, s'hauria de tornar a fer allò que semblés que no s'havia fet prou bé o no s'havia considerat tot el què calia considerar, però en l'àmbit d'un treball de recerca de batxillerat no m'ho puc permetre, bàsicament per falta de temps. Així doncs, tot el que puc dir són aproximacions, no afirmacions que siguin amb seguretat del tot certes i demostrables, irrefutables, fruit de moltes repeticions i presa de dades molt més detallada. Així, m'atreviré a formular algunes interpretacions del que he vist al jaciment, però no m'atreveixo a dir-ne resultats o conclusions definitives; deixem-ho en *resultats provisionals*.

He intentat no caure en interpretacions que poguessin ser simples resultats fruits de l'atzar, sinó que he intentat cercar patrons en el núvol de punts (petjades). Imagino que hi ha programes d'ordinador que ho fan, però els desconec, de manera que he cercat conjunts d'icnites que respectin un paral·lelisme geomètric en tres eixos, o sigui, tres grups de paral·leles en un pla de manera que els objectes estiguin en els tres grups.



Imatge 13: Mètode de cerca de traces

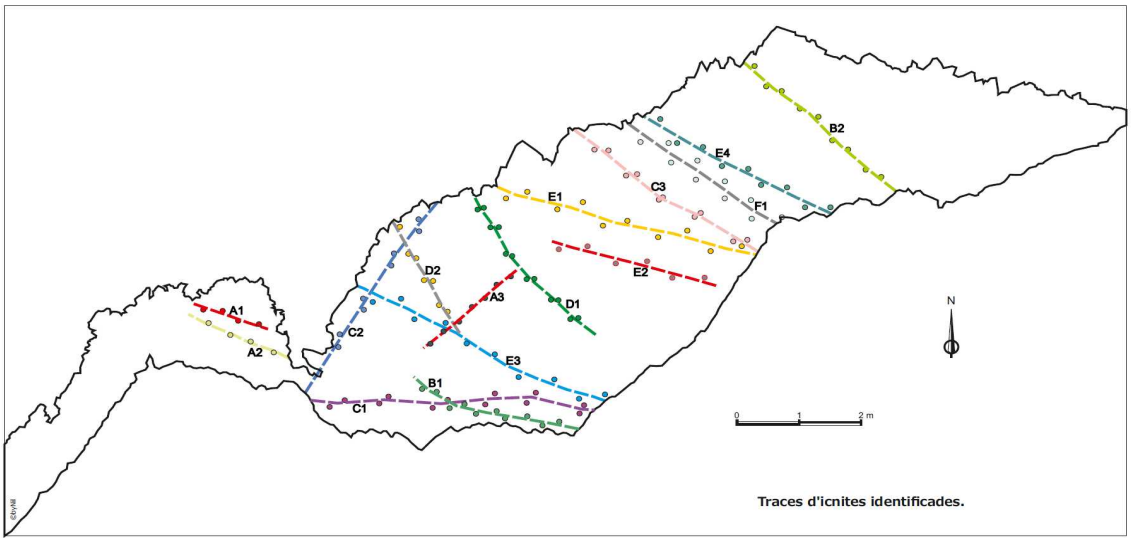
Fent servir aquest mètode, dins el núvol de punts he trobat unes quantes seqüències de petjades que dibuixen rastres, 15 en total. A l'annex 6 es poden veure els resultats finals en mida din A 4.



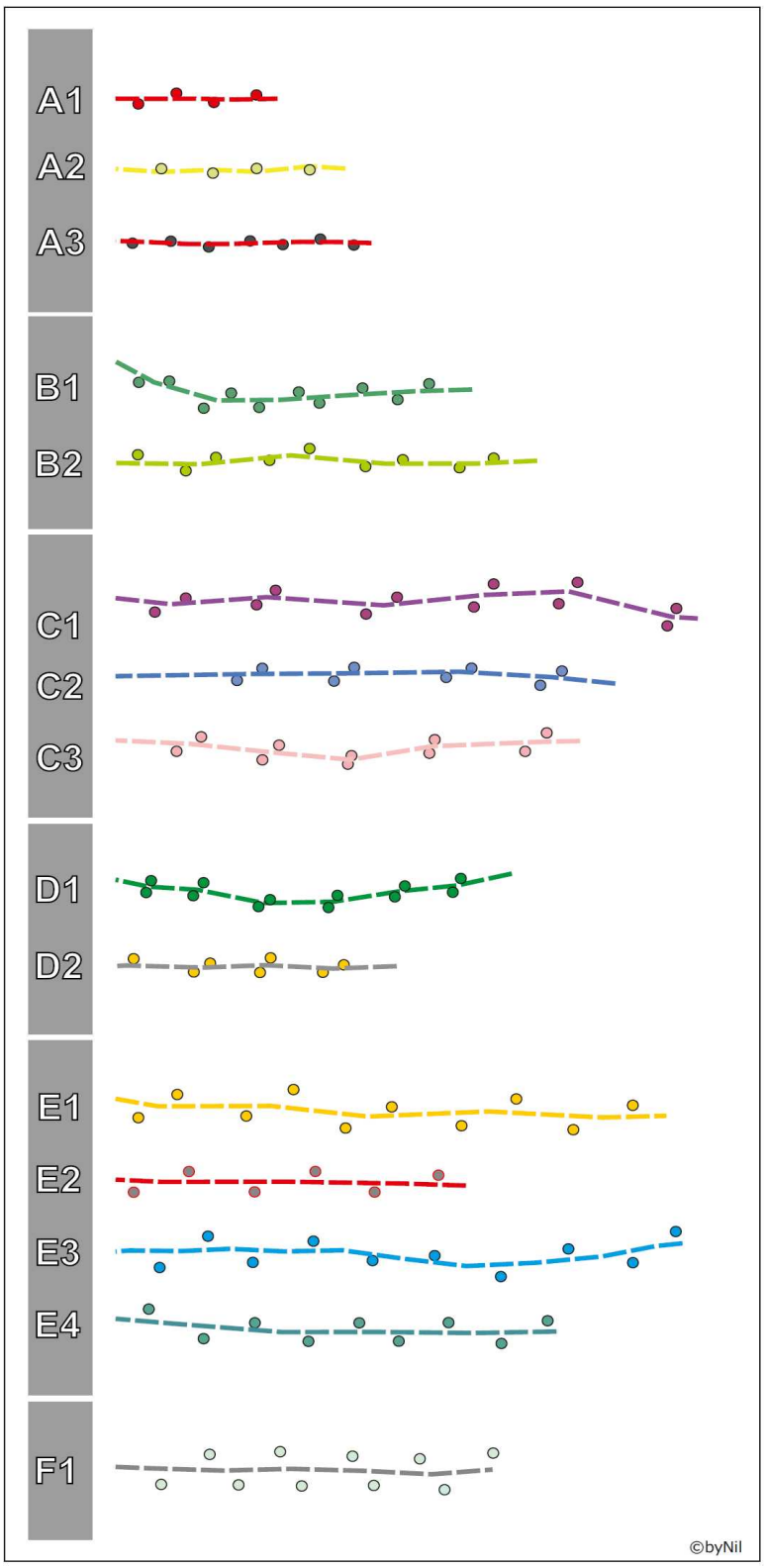
Imatge 14: Icnites identificades al perímetre estudiat

He aconseguit determinar 15 rastres, corresponents a 6 tipus d'animals diferents (la manera de caminar és diferent), i de cada tipus hi ha diversos individus (mides de gambades diferents):

Tipus de rastre A: 3 individus
Tipus de rastre B: 2 individus
Tipus de rastre C: 3 individus
Tipus de rastre D: 2 individus
Tipus de rastre E: 4 individus
Tipus de rastre F: 1 individu

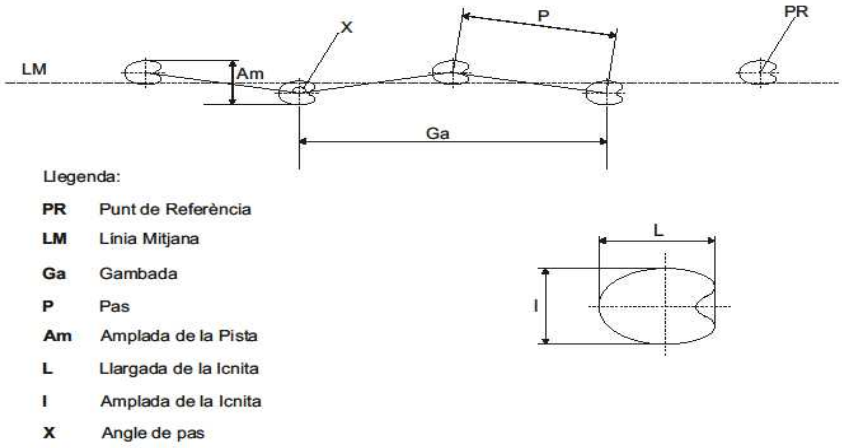


Imatge 15: Traces identificades



Imatge 16: Classificació dels rastres per tipologia

He mesurat diferents paràmetres en els rastres: el pas, l'ample del rastre, l'angle de pas i la gambada, definits de la manera següent:



Imatge 17: Paràmetres mesurats en els rastres.

Traça	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
A1	43,73	16,83	152	83,75
A2	53,47	10,67	170	103,55
A3	40,20	11,48	164	80,00
B1	38,94	21,93	129	70,86
B2	49,80	18,78	151	97,30
C1	56,76	26,46	123	109,07
C2	52,84	20,00	140	108,45
C3	46,36	21,84	115	84,18
D1	35,47	18,81	117	67,12
D2	40,82	18,83	129	73,30
E1	65,12	35,19	127	120,43
E2	69,36	70,98	142	132,25
E3	67,52	30,37	139	127,46
E4	58,64	28,20	135	107,53
F1	53,78	41,12	92	76,48

Taula 1: Valors (mitjanes) dels paràmetres mesurats

En el tros de paret fotografiat i analitzat he marcat 315 petjades, les que destaquen més en la imatge general, tot i que la observació detallada de les imatges obtingudes amb fotografies de més resolució revela que n'hi ha moltes més que han deixat senyals no tan marcades, potser al voltant de 500. La densitat de petjades és, doncs, molt elevada: si tenim en compte la superfície fotografiada, 50 m^2, resulta una densitat de 10 petjades/m^2. Si considerem, a més, que l'estrat recobert de petjades (estrats, de fet,

perquè n'hi ha més d'un estrat amb petjades, de pocs centímetres cadascun) ocupa una superfície total molt gran, podem suposar que estaríem en una gran àrea oberta (una maresme), i que els animals que hi van deixar marcat el seu pas devien ser animals deambuladors que es movien en espais oberts amb prou seguretat, que no necessitaven amagar-se, el que fa pensar en diverses possibilitats: 1) animals tipus presa de mida considerable, 2) depredadors, 3) ocells (la forma de les petjades no correspon a ocells) o 4) animals petits tipus presa que podien córrer a amagar-se si calia (la mida de les petjades no indica animals petits).

Tots els animals són quadrúpedes, i en la majoria dels casos la petjada corresponent a l'extremitat posterior està sobre la petjada corresponent a l'extremitat anterior (el peu trepitja on havia trepitjat la mà del mateix costat).

En molts casos les icnites tenen al seu voltant un trencament radial del material, el que fa pensar que la petjada es va produir sobre un material (fang) una mica sec, que es va fracturar en ser trepitjat. L'observació en detall del tram de paret fotografiat permet veure que en realitat hi ha dos estrats, un d'uns 10 centímetres que devia estar inundat perquè s'hi distingeixen clarament *ripples*, i un altre que forma una mena de crosta de tres centímetres de gruix, contemporanis tots dos perquè hi ha rastres de petjades que travessen tots dos estrats.

És difícil localitzat icnites de les que es puguin deduir les mides i la forma exactes de la superfície de contacte de l'extremitat (peu i mà) probablement degut a que:

- el sediment on va quedar impresa la petjada era un material tou (amb gran quantitat d'aigua), el que va ocasionar marques profundes i de vores irregulars, amb una vora inflada, sobre-elevada, degut a la pressió, i
- al tractar-se d'un material molt trencadís, el pas del temps ha erosionat les marques.

Hi ha rastres amb marques molt més profundes que altres i amb un tamany de gambada més gran (animals més grans), i d'altres més petites (animals més petits).

A les imatges no es diferencien dits o ungles, però la forma de la petjada em fa descartar que en tinguessin més de dos. Es tractaria, doncs, d'animals d'un o de dos dits com a màxim (se'm va acudir que potser eren *Hipparion*, els antecessors dels actuals cavalls, però un cop consultada la bibliografia ho descarto, perquè a l'oligocè encara tenien tres dits, i en èpoques anteriors en tenien més).

Tot i que el jaciment es troba en uns estrats que corresponen al trànsit eocè-oligocè, i que a la literatura paleontològica sovint es descriu la fauna d'aquest moment de forma conjunta, el canvi entre un i altre període és prou important com per a no barrejar les espècies candidates a ser les productores de les petjades.

Així i tot, durant tot el treball hem tingut la sensació de que les petjades corresponien a animals tipus cèrvids, més per la forma dels rastres que per la morfologia de les petjades, sensació que la lectura de les descripció de la fauna típica de l'eocè (Annex 4) confirma que podria ser una hipòtesi plausible, tot i que caldria estudiar més detingudament la morfologia de les petjades per a poder-ho confirmar.

10. PROPOSTES PER A FUTURS TREBALLS

Tot i que les he anat comentant al llarg del treball en els diferents apartats on em semblava que era adequat comentar-ho, les resumeixo a continuació en la següent relació:

- Modificar la tècnica per prendre fotografies per tal d'evitar les dificultats d'enfilar-s'hi emprant tècniques d'escalada.
- Prendre fotografies de nou de l'àrea estudiada, en especial d'alguns trossos que en aquesta primera aproximació hem vist que són especialment interessants.
- Ampliar l'àrea d'estudi amb altres zones del mateix jaciment que també poden proporcionar informació valuosa
- Seguir treballant sobre els rastres i, en especial, sobre la morfologia de les diferents petjades, per tal d'intentar determinar morfotipus i, si es pot, els animals que les van originar.
- Completar el recull de jaciments d'icnites a Catalunya.
- Estudiar i comentar amb les persones encarregades del Registre de Jaciments Paleontològics i dels treballs paleontològics en general, la possibilitat d'obrir i posar a disposició de les persones afeccionades -no professionals- un registre on poder deixar constància de les seves troballes i observacions.

11. CONCLUSIONS

SOBRE LES EMPREMTES I RASTRES:

1. Els senyals trobats a la zona d'estudi són icnites.
2. En els 50 m^2 estudiats en detall es detecten, com a mínim, 15 seqüències de petjades que dibuixen rastres amb una direcció preferent (NW-SE), que sembla indicar una direcció preferent en la marxa dels animals. Els rastres corresponen a 6 tipus d'animals diferents, i de cadascun hi ha més d'un individu diferent.
3. Es tracta d'icnites de mamífers tetràpodes, tot i que no és fàcil determinar de quins, degut al mal estat de conservació de les impressions.
4. La forma, mida i distribució de les petjades suggereix que potser es tracta de cèrvids.
5. L'ambient sedimentari en el que es van originar les petjades era un ambient continental, de tipus fluvial o lacustre, o, més probablement, una zona pantanosa, d'aiguamolls, amb una làmina fina d'aigua sobre la que els animals caminaven.
6. Les petjades corresponen a animals que van caminar per la zona fa entre 37,2 +/- 0,1 i 33,9 +/- 0,1 milions d'anys, durant l'era Cenozoica, a finals de l'Eocè, principis de l'Oligocè, durant el període priabonià.

Així, podem resumir afirmant que:
Fa entre 33 i 38 milions d'anys, a la zona on avui es troba Ponts i a les seves rodalies hi havia una àrea pantanosa per on es passejaven animals tetràpodes semblants als actuals cérvols (i també rinoceronts, fèlids i cànids que es van passejar per les àrees properes a l'actual Vilanova de l'Aguda). El clima era més càlid que l'actual.

De tot el que s'ha explicat es pot deduir que malgrat el jaciment es troba en uns estrats que corresponen al trànsit eocè-oligocè, i que malgrat a la literatura paleontològica sovint es descriu la fauna d'aquest moment de forma conjunta, el canvi entre un i altre període és prou important com per a no barrejar les espècies candidates a ser les productores de les petjades.

Per una banda ja he explicat que no em sento capaç de descriure la morfologia exacte de les petjades, tant per la dificultat d'accés (i, per tant, de l'observació amb detall, que l'escaneig potser hauria resolt si l'haguéssim pogut fer), com pel mal estat de formació o de conservació de les marques.

Així i tot, durant tot el treball hem tingut la sensació de que les petjades corresponien a animals tipus cèrvids, més per la forma dels rastres que per la morfologia de les petjades, sensació que la lectura de les descripció de la fauna típica de l'eocè confirma que podria ser una hipòtesi plausible, tot i que caldria estudiar més detingudament la morfologia de les petjades per a poder-ho confirmar.

SOBRE LA IMPORTÀNCIA DEL JACIMENT:

1. Ens trobem davant d'un jaciment important, si més no pel que fa al nombre de petjades, de rastres i de tipus d'animals representats.

2. Es tracta d'un jaciment del que probablement es podria extreure molta informació que justificaria el seu estudi amb més profunditat i per part d'especialistes.
3. És probable que les icnites quedin esborrades, o gairebé, en relativament poc temps, degut a les característiques dels estrats en les que es troben (fort pendent, estrat tou a sota fàcilment erosionable, plegament que afecta a l'estrat sobre el que es troben i que contribueix al seu trencament, etc.).

SOBRE LA METODOLOGIA PER L'ESTUDI:

1. Val la pena dedicar esforços en trobar maneres d'escanejar els rastres que no impliquin un cost elevat, en especial en èpoques de crisi econòmica com l'actual.

12. REFLEXIONS FINALS

Durant tot aquest temps de recerca bibliogràfica, tot alternant la lectura i consulta d'obres de caràcter general amb d'altres de caràcter local, articles científics especialitzats sobre una petita parcel·la de coneixement, metodològics uns, descriptius altres... he acabat fent-me una idea de la gran quantitat de gent que ha treballat i que treballa actualment en qüestions relacionades amb la paleontologia i la geologia a Catalunya, així com la important quantitat i riquesa de restes i jaciments que es troben dins el territori català... I tot plegat m'ha fet experimentar sentiments que, estic segur, deuen haver tingut també altres persones quan s'han interessat per una temàtica i han volgut aprofundir-hi: al principi sembla que el què et planteges o preguntes és relativament senzill, però a mesura que aprens apareixen noves preguntes i qüestions a aclarir, i, finalment t'adones que, tot i haver-ne après molt, quan més aprofundeixes més coses et falten per saber... És com una inquietud que t'empeny més i més i et fa prendre consciència que el saber i el coneixement no s'acaba, que quan més saps més ignorant t'adones que ets...

També he descobert que la manera com he iniciat aquest treball, gairebé per casualitat, com a conseqüència d'una troballa fortuïta (suposo, això sí, que no ho hauríem trobat si no estiguéssim avesats a mirar-nos el territori amb ulls encuriosits que volen observar, descobrir, aprendre...) em fa hereu d'una tradició que ve de lluny: els inicis de les recerques paleontològiques al nostre país les van realitzar persones que pertanyien al món de l'excursionisme, persones que volien conèixer el seu territori i que van suplir amb el seu interès l'abandó intencionat de la recerca científica per part de les administracions i el món acadèmic oficial (la monarquia va suprimir la Universitat a Barcelona durant un segle i mig, per exemple; l'Ateneu Popular durant la Renaixença feia cursos universitaris d'alt nivell...), empeses per interès científic i també amb ànim de fer pel seu territori des de la societat civil el que els que ho haurien de fer no feien, gairebé com a reivindicació nacional (una mica com ara, tot cal dir-ho)[13]. Així doncs, m'atreveixo a proposar que valdria la pena obrir un registre on els afeccionats no professionals poguessin deixar constància de les seves troballes i observacions i contribuïssin així al coneixement del passat paleontològic del nostre país, continuant una tradició que ve de lluny.

I uns 30 milions d'anys després... a Laetoli (Tanzània): les primeres icnites humanes...?

[13] Costafreda, V. Un segle d'estudis paleontològics sobre l'oligocè de l'Urgell i la Segarra

13. AGRAÏMENTS

No puc acabar aquest treball sense esmentar i agrair a totes les persones que m'han ajudat a realitzar-lo.

En primer lloc, als meus pares, que no només m'han ensenyat a anar pel món mirant i interessant-me pel que veig, sinó que, en aquesta ocasió en concret, m'han ajudat directament en moltes de les coses que he hagut de fer per intentar assolir els objectius que m'havia proposat. Sense l'ajuda dels coneixements sobre qüestions relatives a les ciències de la Terra de la meva mare i de la intuïció i visió espacial del meu pare, m'hagués costat molt interpretar algunes de les coses que veia sobre el terreny. Sense el suport, l'ajuda, els coneixements i les habilitats del meu pare no hagués pogut construir la malla i el trípode i tot el conjunt d'aparells que calien per escanejar el jaciment, ni programar l'Arduino (encara que finalment no ho haguem pogut fer pels motius que ja he explicat); També he d'agrair-li l'ajuda a l'hora de fer servir el programa de disseny gràfic *Corel Draw* per estudiar els rastres i les petjades i poder obtenir els resultats i conclusions que he explicat. I, evidentment, també han estat ells els que m'han portat i acompanyat al lloc del jaciment cada vegada que hi he hagut d'anar, sempre entusiastes i animant-me.

Així mateix he d'agrair a tota la colla d'amics de tantes excursions, que no només m'han ajudat a enfilar-me a la paret, sinó que, a més, han tingut la paciència d'estar pendents de mi durant tots els caps de setmana de setembre i octubre fins que ho he tingut tot a punt.

Evidentment, vull agrair a l'Isaac Camps, en Joan Madorell i al Bernat Vila la seva ajuda en la confirmació del jaciment i el seu suport, com a representants de les institucions en les que treballen, en els treballs que hi volia fer.

I al meu tutor, Alfredo Sebastián, que pacientment, s'ha llegit els esborranys del treball i m'ha orientat en la seva estructuració.

I, finalment, a totes aquelles persones que al llarg del temps han anat contribuint amb els seus estudis als coneixements geològics sobre el nostre país, el seu present i el seu passat. Sense el que tots ells han anat fent (i publicant), jo no hagués sabut ni per on començar.

Moltes gràcies a tots!

14. BIBLIOGRAFIA

ANADÓN, P.; *Geozona 204 Pedreres del Talladell.*. Direcció General del Medi Natural. Departament de Medi Ambient i Habitatge.Generalitat de Catalunya

ANADÓN, P.; CABRERA, L.; COLLDEFONS, B.; SÁEZ, A. (1989). "Los sistemas lacustres del Eoceno superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro". *Acta Geológica Hispánica*, núm. *24 (3-4)* pàg 205-230

BLANCO, M.; CARO, S.; PÉREZ-LORENTE, F.; REQUETA, E.; ROMERO, M. (2000) "Un nuevo yacimiento jurásico con icnitas saurópodas en la Cordillera Ibérica. Galve (Teruel)". *Geogaceta* núm 28, pàg 23-26.

CABRERA, Ll.; SÁEZ, A. (1992) "Els sistemes lacustres de les parts centrals del sector català de la Conca de l'Ebre". Enciclopèdia.cat

CANUDO, J.I.;CUENCA, G. (1990) "Paleoicnología de dinosaurios" (Publicat com a Treball Inèdit a *aragosaurus.com* Grupo de Investigación de la Universidad de Zaragoza)

CANUDO, J. I. (2004) Icnitas de mamíferos en la Formación Peraltilla (Tránsito Eoceno superior –Oligoceno Inferior en Abiego (Huesca). Yacimiento de Fondota. Informe interno Dirección General de Patrimonio del Gobierno de Aragón, 27 pp

CARTANYA, J.; COLLDEFORNS, B. (1996) "Estudi preliminar d'un rastre de petjades d'edat oligocena als voltants d'Aguiló (Santa Coloma de Queralt)" *Recull*, núm. 4, pàg. 47-66.

CASANOVAS, M. L.; SANTAFÉ, J.V. (1974) "Nota sobre el hallazgo de icnitas de mamíferos en el Terciario catalán" . Universidad de Barcelona; Instituto Jaime Almera (CSIC) *Acta Geológica Hispánica, IX* , núm. 2, pág 45-49

CASTANERA D, VILA B, RAZZOLINI NL, FALKINGHAM PL, CANUDO JI, ET AL. (2013) "Manus Track Preservation Bias as a Key Factor for Assessing Trackmaker Identity and Quadrupedalism in Basal Ornithopods". *PLoS ONE* núm 8(1): e54177. doi:10.1371/journal.pone.0054177

COMA i TORRES, T. (1999) "Els jaciments fossilífers del Talladell", *Urtx*, núm. 12, pàg 17-26.

COSTAFREDA, V. (1999)"Un segle d'estudis paleontològics sobre l'oligocè de l'Urgell i la Segarra". *Urtx* , núm 13, pàg 14-25.

GALINDO, J. (1986) "Els principals jaciments paleontològics amb vertebrats dels Països Catalans". Història Natural dels PPCC. (Vol 16). Fauna i Flora, Suplement Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

GARCÍA-RAMOS, J.C.; PIÑUELA, L.; LIRES, J.(2001) "Método de estudio de icnitas de dinosaurios y su interpretación". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* núm 9.2, pàg 154-159

GOMEZ-AIBA, J. Catálogo razonado de los vertebrados fósiles de España del Museo de Geologia de Barcelona (1882-1982). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona,* núm 6

MARMI PLANA, JOSEP (2013) “Un passeig per la història de la biosfera”. Institut paleontològic Miquel Crusafont de Catalunya

SÁEZ RUIZ, ALBERT. *Geozona 201 Successió lacustre paleògena de Sanaüja*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Direcció General del Medi Natural

SEILACHER, D. (2008). Fossil Art. An exhibition of the Geologisches Institut. Tubinge

VERA, J.A. (1994). Estratigrafía. Principios y métodos. Madrid, Ed. Rueda

VILA, B. (2004) Memòria de la intervenció paleontològica al jaciment de la Roca de la Rella. Intervenció d’urgència. Puig-Reig, Berguedà. Centre d’Informació i Documentació del Patrimoni Cultural. Generalitat de Catalunya

VILA, B.; POZA, B.; MADURELL, J. (2004) “Treballs de documentació cartogràfica i estats de conservació d’icnites fòssils: dos exemples berguedans”. *Tribuna d’Arqueologia 2004-2005*. Direcció General del Patrimoni Cultural. Generalitat de Catalunya

OBRES DE REFERÈNCIA I CONSULTA GENERALS

ATLES GEOLÒGIC DE CATALUNYA Escala 1:50 000. Institut Geològic de Catalunya, 2010

MAPA TOPOGRÀFIC DE CATALUNYA. LA NOGUERA. Escala 1:50 000. Institut Cartogràfic de Catalunya

Inventari d'espais d'interès geològic de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. Medi Ambient i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya

FOLCH, R. Història Natural dels PPCC. (Vol 15) Registre fòssil. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona, 1986

FOLCH, R. Història Natural dels PPCC. (Vol 16). Fauna i Flora, Suplement Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona, 1986

VERA, J.A. (1994). Estratigrafía. Principios y métodos. Madrid, Ed. Rueda

15. PROCEDÈNCIA DE LES IL·LUSTRACIONS

Fotografies: Totes les fotografies incloses en el treball són originals fets per mi o pels meus pares i amics.

Imatge 1: L'espiral del temps: Graham, Joseph, Newman, William, and Stacy, John. U.S. Geological Survey General Information Product 58 (*http://pubs.usgs.gov/gip/2008/58/)*

Imatge 2: Història Geològica de Catalunya: Institut Geològic de Catalunya *(http://www.igc.cat/web/ca/mapageol_atles_historiageologica.html)*

Imatge 3: Mapa geològic esquemàtic de Catalunya: Institut Geològic de Catalunya *(http://www1.igc.cat/web/gcontent/pdf/mapes/igc_MGCom50M_23_v1g.pdf)*

Imatge 4: Taula dels Temps geològics: detall del Fanerozoic: Institut Geològic de Catalunya *(http://www.igc.cat/web/ca/mapageol_atles_historiageologica.html)*

Imatge 5: Detall de les divisions del Cenozoic: *ichn.iec.cat*

Imatge 6: Localització del jaciment, foto aèria: *Google Earth*

Imatge 7: Mapa topogràfic de l'àrea del jaciment: Institut cartogràfic de Catalunya.

Imatge 8: Detall dels materials geològics de l'àrea d'estudi: Mapa Geològic de Catalunya. IGC.

Imatge 9: Mapa geològic corresponent a l'àrea estudiada: Mapa Geològic de Catalunya. IGC.

Imatge 10: Localització del jaciment i altres punts d'interès geològic: *Google Earth*

Imatge 11: organisme deixant un rastre de la seva activitat: CANUDO, J.I.;CUENCA, G. (1990) "Paleoicnología de dinosaurios" (Publicat com a Treball Inèdit a *aragosaurus.com* Grupo de Investigación de la Universidad de Zaragoza).

Imatges 12 a 17: Elaboració pròpia.

Imatge 18: Les primeres icnites humanes...?:

http://ciencia.ara.cat/laetoli/2010/11/27/que-es-laetoli/

Taula 1: Elaboració pròpia.

16. GLOSSARI

Aflorament: Secció de roques que mostren un tros del que es representa en la zona geològica a estudi a la superfície.

Al·luvial: Dipositat per un riu.

Anticlinal: Plec de la escorça terrestre amb els estrats més antics situats al nucli.

Antiforme: Plec convex cap amunt.

Busament: Angle que forma la línia de màxim pendent d'una superfície d'un estrat amb el pla horitzontal.

Diàclasi: Fractura en les roques que no va acompanyada de desplaçament dels blocs o compartiments en què queda dividida la roca afectada.

Encavalcament: Tipus de falla inversa que té la particularitat de que la seva superfície de falla forma un angle inferior als 45º amb la horitzontal. És un terme que s'utilitza per estructures de gran escala. A Catalunya diverses serralades prepirinenques són formades per aquestes estructures, de manera que materials més antics (mesozoics) es troben sobre materials més moderns (cenozoics).

Endorreic: Referit a que una conca o àrea on la xarxa hidrogràfica no troba una sortida cap a rius i oceans. Les aigües superficials desguassen als sectors més deprimits i constitueixen llacs i aiguamolls d'extensió variable.

Esquist: Tipus de roca metamòrfica

Estrat: Capa de roca o sòl amb unes característiques pròpies que la distingeixen de les capes adjacents. Cada capa sol ser una de diverses capes paral·leles que reposen l'una sobre l'altra, dipositades per processos naturals.

Estromatòlit: Laminacions de formes diverses, formades per la captura i fixació de partícules carbonatades per part d'algues cianofícies i cianobacteris.

Evaporita: Roca sedimentària formada per la precipitació de sals en evaporar-se el dissolvent en el que estaven dissoltes.

Fàcies: Conjunt de roques amb unes característiques determinades, ja siguin paleontològiques litològiques.

Falla: Fractura de l'escorça terrestre al llarg de la qual s'ha produït un desplaçament relatiu dels dos blocs o compartiments en què queda dividida la roca afectada.

Fluvial: Relatiu als rius

Gneis: Tipus de roca metamòrfica

Gres: Roca sedimentària de gra de mida sorra.

Icnita: Empremta fòssil, mostra indirecta d'existència d'un ésser viu en una època determinada del passat.

Ígni/a: Relatiu a les roques formades per refredament d'un magma.

Lacustre: Relatiu als llacs.

Litologia: Estudi de les roques referit a la seva estructura (interna i externa), les propietats i el seu origen.

Lutita: Roca sedimentària de gra molt fi, de mida llim.

Marga: Roca de gra fi (llim o argila) amb alt contingut de carbonats ($CO_3^=$).

Meteorització: conjunt de processos causats pels agents atmosfèrics que acaben provocant el trencament i la disgregació de les roques.

Orogènia: Formació de muntanyes o serralades per deformació i compressió dels sediments dipositats en una conca sedimentària. Això passa quan dues plaques tectòniques convergeixen i els seus materials es pleguen i fracturen, formant-se així nou relleu.

Paleontologia: Ciència que estudia els rastres fòssils.

Pangea: "Pan"= "tot", "Gea"= "Terra". Supercontinent on es concentraren totes les masses continentals de la Terra.

Pissarra: Roca metamòrfica, originada a partir del metamorfisme d'una roca sedimentària de gra fi, amb textura homogènia i estructura laminar.

Potència (referit a un estrat): Gruix de l'estrat

Priabonià: Últim estatge faunístic de l'Eocè. Va començar fa 37,2 ± 0,1 milions d'anys i va acabar fa 33,9 ± 0,1 milions d'anys.

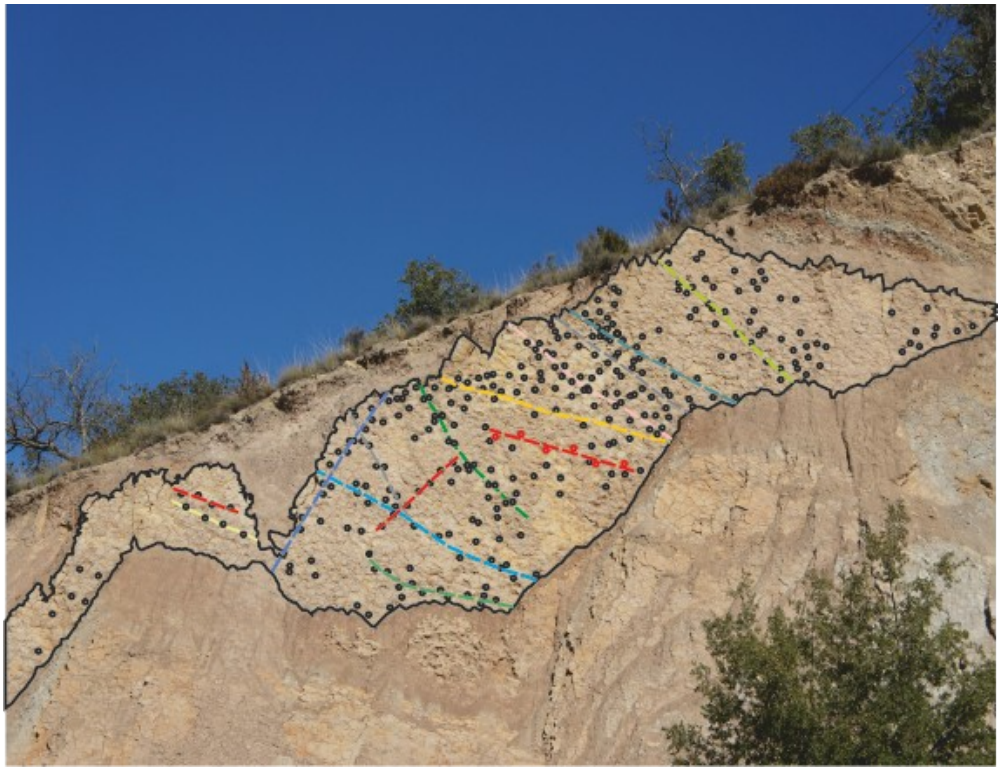
Regressió marina: Descens del nivell del mar (a causa d'una glaciació, per exemple), provocant que quedin al descobert els terrenys que abans ocupava, en els quals es començaran a dipositar sediments no marins.

Ripples: Marques o estructures sedimentàries que es formen per l'acció d'un corrent d'aigua o vent sobre un substrat de sorra solta.

Transgressió marina: Esdeveniment geològic pel qual el mar inunda uns terrenys continentals, desplaçant la línia costanera terra endins. Aquestes inundacions es poden produir per enfonsament de la costa i/o l'elevació del nivell del mar (per fusió de glaceres, per exemple) .Una transgressió sempre va acompanyada pel dipòsit de sediments marins sobre el territori envaït.

NOVETAT IMPORTANT!

Durant el període que va entre l'elaboració final d'aquest treball i el gener de 2014 s'ha produït una esllavissada de grans dimensions que ha malmès de manera irrecuperable gran part d'aquest jaciment. La inestabilitat del terreny i la verticalitat de la superfície n'han propiciat la caiguda.
Personalment, em sap greu la pèrdua d'aquest patrimoni paleontològic, però alhora estic satisfet d'haver preservat, encara que sigui de forma modesta, la memòria d'aquest jaciment en el present treball.



Aspecte del jaciment d'icnites al setembre de 2013.

Aspecte del jaciment d'icnites al febrer de 2014 on s'observa el buit deixat per la caiguda de material, que contrasta amb la línia de referència.

PETJADES FÒSSILS PROP DE PONTS (LA NOGUERA)

Estudi d'un nou jaciment

Una recerca sobre com esbrinar si determinats rastres són icnites i a quins animals correspondrien.

ANNEXOS

CURS 2013-2014

RELACIÓ D'ANNEXOS

ANNEX 1: Àrees relacionades amb el jaciment estudiat (1)

GEOZONA 201: Successió lacustre paleògena de Sanaüja.....1

ANNEX 2: Àrees relacionades amb el jaciment estudiat (2)

L'ÀREA DE VILANOVA DE L'AGUDA.....1

ANNEX 3

FACTORS QUE INFLUENCIEN LA CONSERVACIÓ DE LES PETJADES.....1
1. Tipus de medi sedimentari i grau d'humitat.....1
2. Condicions de consolidació i enterrament.....4
3. Inclinació del substrat.....4
4. Plasticitat del substrat.....4
5. Resistència a les condicions ambientals i homogeneïtat del substrat.....5
6. Tamany i característiques individuals dels animals.....5
7. Exemples de marques que poden confondre.....7

ANNEX 4: Característiques de l'època en la que s'emmarca el jaciment

L'EOCÈ: CARACTERÏSTIQUES CLIMÀTIQUES DE L'EOCÈ.....1
PRINCIPALS JACIMENTS VERTEBRATS FÒSSILS DEL LÍMIT EOCÈ-OLIGOCÈ.....2
FAUNA DE L'EOCÈ: MAMÍFERS.....4
L'Eocè Superior: El Priabonià.....6

ANNEX 5

ALGUNS DELS JACIMENTS PALEONTOLÒGICS DELS PAÏSOS CATALANS.....1
Altres jaciments.....4

ANNEX 6: El jaciment estudiat

MAPES I TAULES DE RESULTATS.....1

ANNEX 1: Àrees relacionades amb el jaciment estudiat (1)

GEOZONA 201

Successió lacustre paleògena de Sanaüja

A la part oriental de la Conca de l'Ebre, des de l'Eocè terminal fins a l'Oligocè superior van succeir-se diversos sistemes lacustres relacionats amb els complexos al·luvials pirinencs i ibèrics. Aquests sistemes lacustres es distingeixen els uns dels altres per l'edat i els materials característics que hi dominen. Els dipòsits lacustres són molt variats però hi dominen les lutites i les arenites (gresos), d'una banda, i les calcàries i els guixos, de l'altra; també hi ha alguns dipòsits de carbó (a Calaf, per exemple). S'hi diferencien cinc sistemes lacustres: els sistemes de la Noguera (Eocè terminal), l'Anoia (Oligocè basal), la Segarra (part superior de l'Oligocè inferior), l'Urgell (Oligocè inferior terminal) i els Monegros (Oligocè superior). Les edats dels sistemes lacustres s'han establert a partir de nombrosos jaciments de fòssils que es troben en aquests sediments.

El geòtop de Sanaüja forma part i és representatiu dels sediments del límit Eocé-Oligocè que afloren al sector central de la part catalana de la Conca de l'Ebre. És interessant geològicament perquè registra una successió amb una bona varietat de fàcies al·luvials i lacustres que mostren estructures sedimentaries molt ben conservades i s'hi veu un clar ordenament seqüencial que fa comprendre la dinàmica dels ambients sedimentaris.
Els sediments lacustres del Sistema de La Noguera són evaporítics i carbonats i afloren principalment al nucli i flancs de les estructures antiformes de Calaf-Ponts, Calaf-Súria i Pinós-Cardona. Aquests antiforms són estructures en les que es veuen les deformacions produïdes per uns encavalcaments pirinencs que, en aquestes àrees, no arriben a manifestar-se en la superfície topogràfica.[1]
Al nucli de l'antiform afloren, molt deformats i coberts per sediments quaternaris, una part dels guixos de la Formació Barbastre. Al flanc NE, cabussant entre 40 i 30º cap al NE, afloren totalment descoberts els materials clars de les formacions Súria i Torà. Per sobre d'aquests apareixen els sediments fluvials vermells de la Formació Solsona. La potència total de la successió és de 580 m.

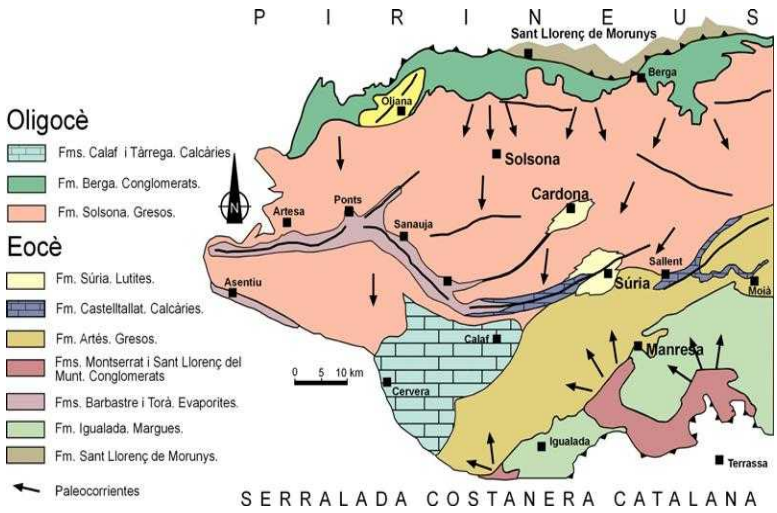


Figura 1: Materials de la part oriental de la conca de l'Ebre.

1 Sans i Vergés, 1995; Sans i al. 1996

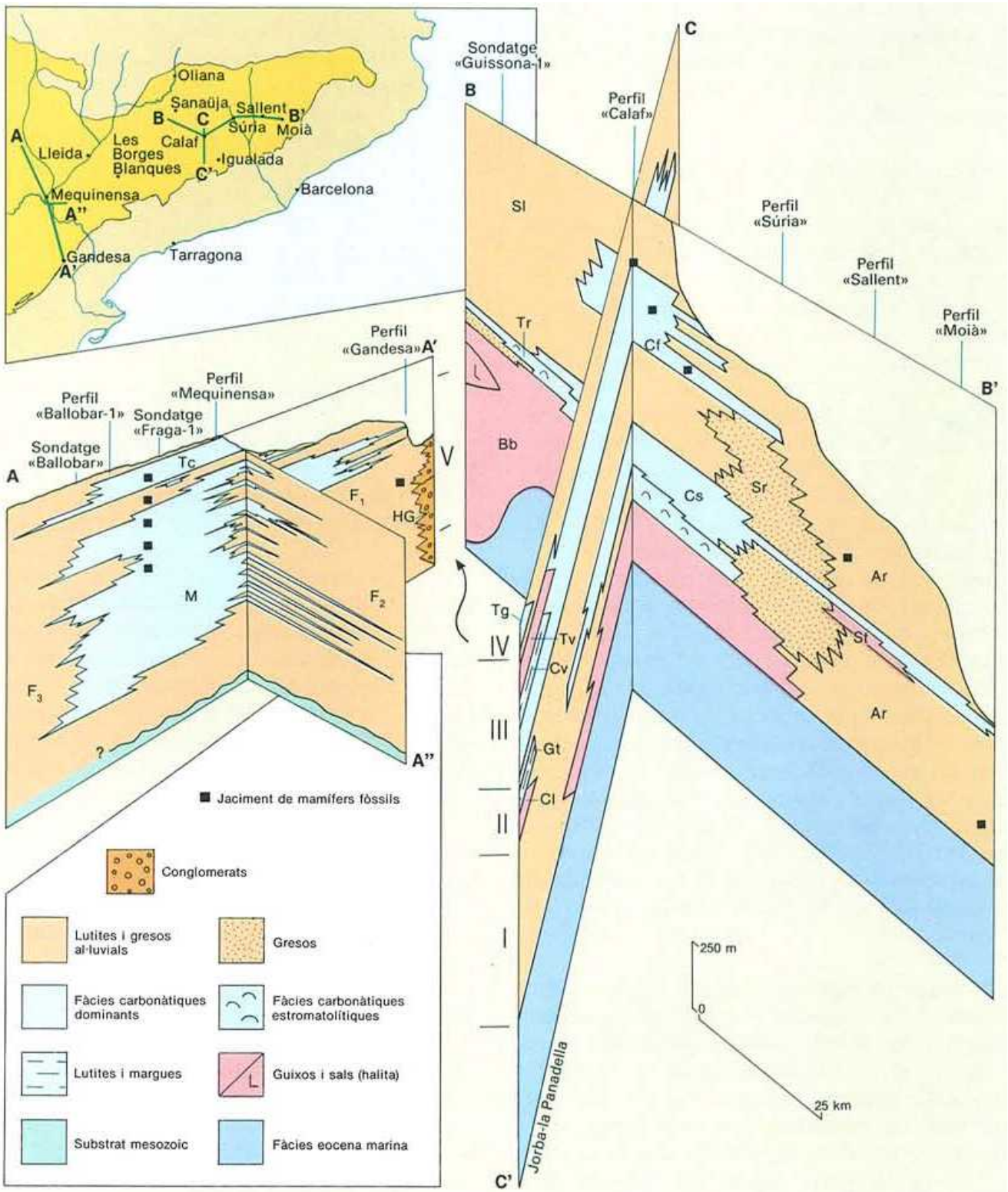


Figura 2: Disposició dels materials a l'àrea assenyalada de la Conca Oriental de l'Ebre. Sanaüja i la nostra àrea d'estudi es troba molt a prop del punt B.

La descripció des de baix a dalt de les unitats que formen la successió de Sanaüja és la següent:[2]

Fotografia 1: Successió lacustre de Sanaüja

- Formació Guixos de Barbastre.- Aflora de forma discontinua amb una potencia mínima de 455 m (i més de 800 m en subsòl). Són essencialment guixos, encara que s'intercalen trams vermells, d'alguns metres de gruix, de lutites i gresos. Als 15 m superiors de la unitat els guixos són de tonalitats blanques a grises, intercalant horitzons de lutites grises. Aquests materials s'han interpretat com sedimentats en un ambient lacustre poc profund i efímer, en condicions d'aridesa climàtica. Els sulfats precipitaven o apareixien per processos evaporítics durant els períodes en què l'evaporació superava la contribució de les aigües d'escorrentia, mentre que les lutites grises i els materials terrígens vermells corresponen a la sedimentació al·luvial durant els períodes relativament més humits.

Fotografies 2 i 3: Guixos de Barbastre, molt a prop del nostre jaciment.

- Formació Gresos de Súria.- Té uns 20 m de potència a Sanaüja però poca continuïtat lateral. Està formada per lutites grises, que passen gradualment a ser vermelles, i van intercalant capes de gresos, formant una clara seqüència en la que el tamany de gra del material va augmentant. Els gresos es presenten en capes de geometria tabular, amplia extensió lateral i un gruix que augmenta des d'alguns centímetres a diversos decímetres. S'hi distingeixen moltes estructures de corrent internes (ripples), i altres marques (gotes de pluja, petjades d'ocells, etc.). Aquests dipòsits de materials han estat interpretats com a sediments de ventall terminal procedents del Pirineu; tenien la seva part distal (sediments grisos) submergida en

2 Sáez, 1987

un cos d'aigua lacustre poc profund, i la part proximal (sediments vermells) emergida.

Fotografia 4: Formació Súria: lutites i gresos vermells a la carretera que va de Ponts a Andorra, a la sortida de Ponts.

- Formació Limolites de Torà.- Té uns 45 m de potència. Està formada per una alternança de limolites carbonatades blanques amb motlles de guix, lutites i marges grises que intercalen ocasionalment capes primes i tabulars de gresos. A les calcàries apareixen algunes laminacions fines d'algues i estromatòlits. Algunes capes mostren horitzons de gresos amb laminació lenticular. En d'altres indrets també contenen petjades d'ocells, conjuntament amb esquerdes de dessecació i marques d'impacte de gotes de pluja, que n'indiquen una exposició subaèria. Sembla, doncs, que es van dipositar en un ambient lacustre poc profund amb forta influencia evaporítica.

Fotografia 5: Formació limolites de Torà, al costat de l'aflorament objecte d'aquest treball.

- Formació Gresos i Lutites de Solsona.- Té diversos centenars de metres de potència encara que a la zona del geòtop de Sanaüja es registren només els de 50 m més baixos. Està formada per una alternança de capes de gresos, conglomerats i lutites vermelles. Aquests sediments tenen procedència pirinenca i corresponen a dipòsits de rius de baixa sinuositat incloent les seves planes d'inundació lutítiques.

Fotografia 6: Gresos de Solsona.

Al nostre jaciment s'hi poden veure els materials corresponents a les dues primeres formacions de la successió lacustre: els guixos de Barbastre i els gresos de Súria.

PROCEDÈNCIA DE LES IL·LUSTRACIONS:

Figura 1: Mapa geològic-paleogeogràfic esquemàtic de la part oriental de la conca de l'Ebre (modificat de Sáez i Riba, 1986).

Figura 2: FOLCH, R. Història Natural dels PPCC. (Vol 15) Registre fòssil. Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona, 1986

Fotografia 1: SÁEZ RUIZ, ALBERT. Geozona 201 Successió lacustre paleògena de Sanaüja. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. Direcció General del Medi Natural.

Fotografia 2, 3, 4 i 5: Pròpies.

Fotografia 6: museugeològic.blogspot. com

ANNEX 2: Àrees relacionades amb el jaciment estudiat (2)

L'ÀREA DE VILANOVA DE L'AGUDA

Hem visitat diverses vegades els voltants del poble de Vilanova de l'Aguda, molt proper geogràficament al jaciment que estic estudiant, i en el que el 1974 Casanovas i Santafé van descriure la trobada d'unes petjades fòssils de diversos animals a dues localitzacions.
Ja he explicat en el treball que les petjades de la localitat I pràcticament han desaparegut (a causa del fort pendent i del mal estat dels materials sobre les que es trobaven, i de les obres de recondicionament de la carretera d'entrada al poble que, justament, hi passa per davant), i que no vàrem ser capaços d'identificar amb seguretat la localitat II (degut a la imprecisió amb la que es va situar a la Nota Paleontològica dels autors), però així i tot vàrem constatar que hi ha moltes petjades fòssils a la zona on, probablement, van situar les d'aquesta localitat II. També vàrem observar moltes estructures que confirmen tot el que he llegit a la bibliografia sobre aquesta zona de la Conca de l'Ebre en l'època que ens interessa, finals de l'eocè- principis de l'oligocè, època a la que pertanyen els materials de tota l'àrea, és a dir, que l'àrea estava inundada de forma més o menys intermitent, que devia ser un terreny semi-pantanós.

Les fotografies que segueixen, al meu parer, confirmen aquestes idees:

Vista general de la localitat I, a l'entrada del poble. La construcció de la nova carretera devia ajudar a la desaparició de moltes de les petjades, impreses en l'estrat molt inclinat i trencat del talús.

A la fotografia s'observa un clar rastre de petjades, i també un conjunt de franges clares i fosques que interpretem com a possibles senyals d'estromatòlits. Per tenir algun element de referència, hi ha una moneda d'un euro al centre de la foto.

Amb el meu pare, localitzant més petjades fòssils.

Aquí s'observa la presència de punts d'oxidació (en vermell), produïdes per matèria orgànica vegetal (plantes que devien créixer quan la zona estava inundada amb una pel·lícula fina d'aigua).

Amb la meva mare, que m'ha ensenyat a veure moltes de les coses que indiquen com era la zona en l'època en que es van dipositar els materials en els que han quedat les marques del què hi passava.

Aquí es poden veure moltes icnites. Estem prop de la zona que Casanovas i Santafè van anomenar *localitat II.*

Més icnites; s'hi veu clarament la rebava. També es veuen laminacions d'estromatòlits (franges paral·leles fosques).

I encara més rastres de petjades...

Senyals de dessecacions.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES:

VERA, J.A. (1994). Estratigrafía. Principios y métodos. Madrid, Ed. Rueda

PROCEDÈNCIA DE LES IL·LUSTRACIONS:

Totes les fotografies són pròpies.

ANNEX 3: Icnites

FACTORS QUE INFLUENCIEN LA CONSERVACIÓ DE LES PETJADES

La majoria de les vegades els organismes no deixen rastre en forma de petjades quan es desplacen sobre el substrat, i, fins i tot quan en deixen es tracta de marques massa fràgils que desapareixen fàcilment si no es produeixen una sèrie de factors. D'entrada cal que immediatament després de que passi l'animal es dipositi sobre les seves petjades un nou sediment de granulometria diferent a la del substrat, de manera que els forats produïts quedin reomplerts per un material diferent, i també protegits d'onades, pluja, tempestes, o altres processos que podrien destruir-les.

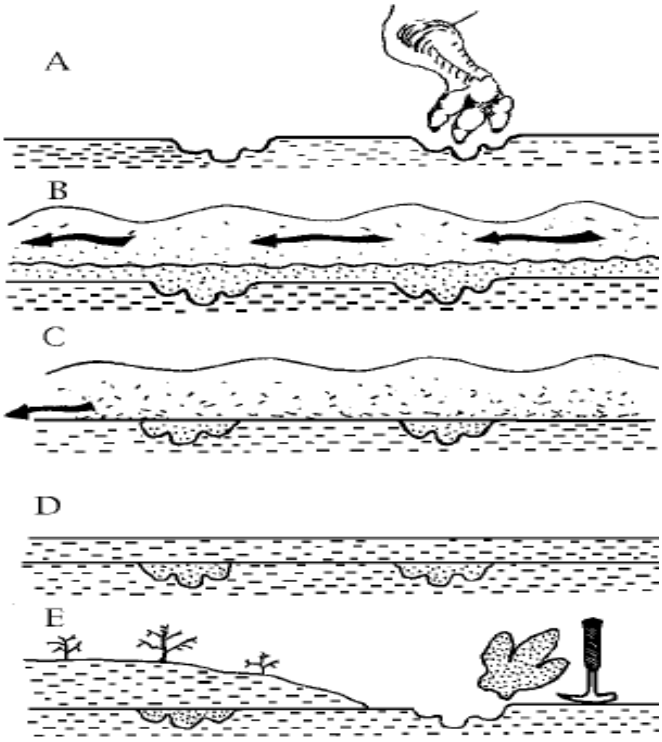


Fig. 2 Modelo simplificado de producción y conservación de impresión y moldes de icnitas de dinosaurios (Lockley & Hunt, 1995)

Imatge 1

Així, els principals factors que poden afectar la producció i la conservació de les petjades tenen a veure amb les característiques del medi sedimentari, i, en concret de:

1. Tipus de medi sedimentari i grau d'humitat:

Perquè el pas d'un animal deixi un rastre imprès al substrat cal que aquest sigui tou o tingui un cert grau d'humitat que el faci plàstic. Així i tot, si hi ha molta aigua o aquesta no està quieta, la petjada serà destruïda gairebé immediatament, com podem comprovar fàcilment quan trepitgem substrats amb diferents quantitats d'aigua o amb onades, corrents, etc. Si el substrat és massa humit o massa sec només quedaran marques més o menys circulars, però sense detall que ens informi adequadament de la forma del peu, el nombre de dits, etc.

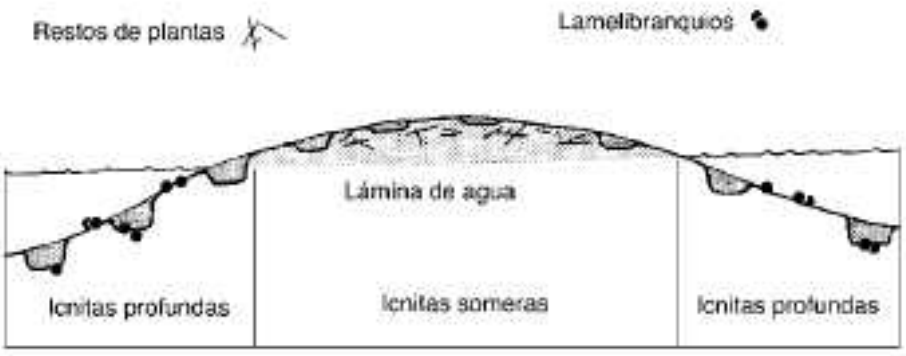
Fotografia 1: Petjades sobre sorra més o menys mullada

Quan un animal es desplaça per una zona costanera travessa sediments que van des de textures més resistents, exposats a l'aire, sediments cada cop més humits i tous, fins a sediments situats sota l'aigua. La forma i la conservació de les petjades a cada zona és diferent. Al llac Turkana, per exemple, alguns autors han estudiat que únicament es conserven les petjades en una franja estreta a la vora del llac, perquè més endins les onades les esborren[1]. Això es pot comprovar fàcilment cada cop que es va a la platja i es camina per la vora...

Fotografia 2: Petjades a la sorra esborrades per les onades

També hi ha estudis de situacions en que els animals es desplaçaven en grup i es constata que els que caminaven més a prop de l'aigua deixaven icnites més fondes[2]. Arriba un moment en que la quantitat d'aigua és tanta que fa col·lapsar la depressió i no es conserva la petjada. Es coneixen també jaciments en que hi ha icnites produïdes en diferents dies al llarg d'un període en que s'anava assecant el substrat, en els que s'observa que les que es van produir al principi són més profundes que les últimes, en que el substrat estava més sec i ferm, fins a desaparèixer del tot les impressions quan desapareix totalment la humitat[3].

1 Laporte i Behrensmeyer, 1980
2 Currie, 1983, Lockley, 1986
3 Thulborn, 1990



Imatge 2: Secció esquemàtica en un rastre del Juràssic Superior dels EUA, on s'observa la relació entre la profunditat de la icnita, la topografia del substrat i la posició de la làmina d'aigua (Lockey, 1986).

Les millors empremtes es produeixen, doncs, en medis continentals o marins, humits o coberts per una làmina d'aigües tranquil·les no gaire gruixuda, especialment si aquesta làmina d'aigua rep l'aportació discontinua de sediments (aquestes condicions acostumen a produir també estructures característiques que poden ajudar en la interpretació: esquerdes de dessecació, marques de gotes de pluja, arrisadures, cristalls d'evaporites, bioturbació, algues[4], etc.).

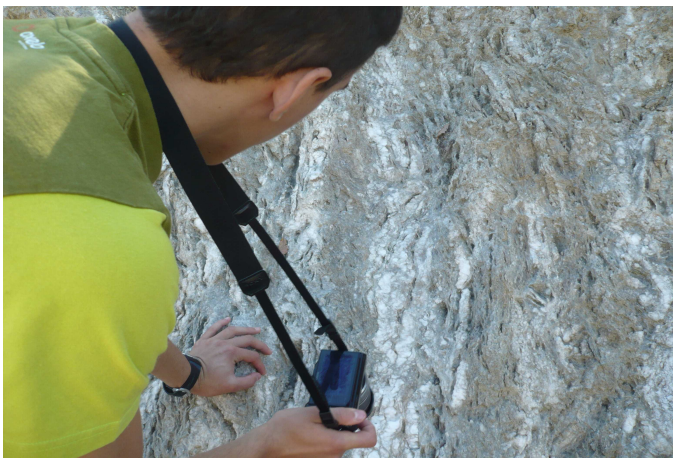


Foto 3: arrissadures; Foto 4: bioturbacions; Foto5: cristalls d'evaporites (guix)

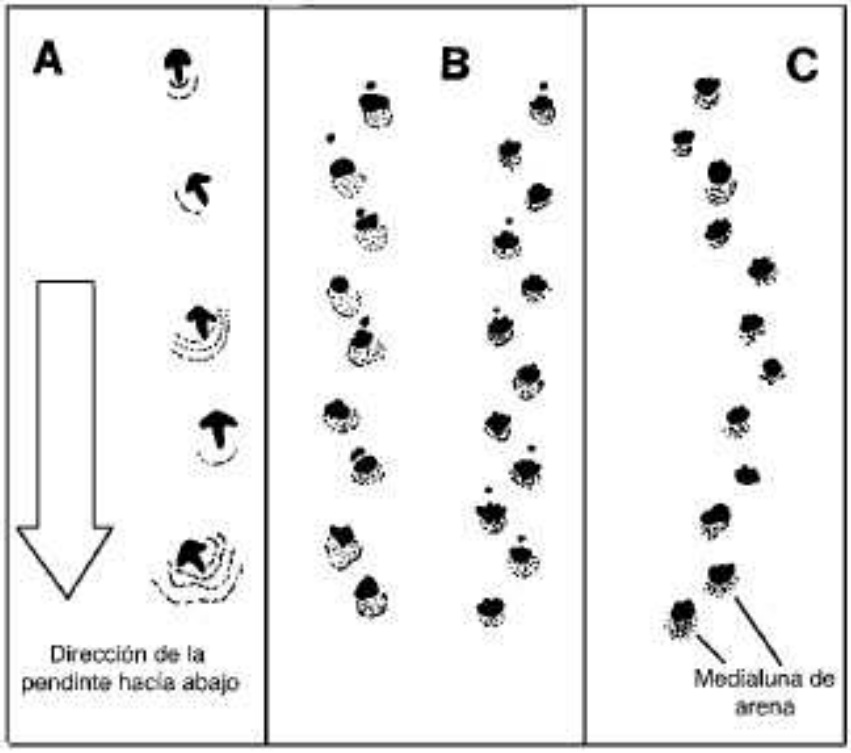
[4] Tucker i Bruchette, 1977; Courel *et al.*., 1979

2. Condicions de consolidació i enterrament

Les icnites fossilitzen millor si queden exposades a l'aire i al sol un cert temps perquè així es pot produir la dessecació i compactació diferencial del substrat[5].
Una qüestió que han observat alguns autors és que sovint els indrets on es troben icnites tenen, en canvi, pocs rastres ossis, i a l'inrevés. Segurament això es dóna perquè les condicions perquè es produeixi la fossilització són diferents: en el cas de les restes òssies cal que quedin recobertes ràpidament per sediments perquè sinó els rapinyaires i altres organismes les destruirien; a més, molts jaciments de restes òssies són el resultat del transport i l'acumulació de les restes en un indret diferent a l'original on van morir els organismes, en canvi les icnites es localitzen sempre allà on es van produir, no poden ser transportades.

3. Inclinació del substrat

Si el substrat pel que va caminar l'animal estava inclinat es detecten unes marques típiques en forma de mitja lluna a la part de davant de la icnita en cas que la trajectòria fos descendent.



Imatge 3: Icnites produïdes baixant dunes sorrenques; les formes de mitja lluna es produeixen a la part anterior de cada petjada.

Si el substrat estava en posició horitzontal la marca (rebava) rodejarà completament la petjada, tot i que hi ha d'altres factors que influeixen també en que aquesta vora sigui més o menys pronunciada (pes de l'animal, consistència i plasticitat del substrat, etc.).

4. Plasticitat del substrat

Si el sediment era d'argila humida es formarà també una vora al voltant i entre els dits, a més de la rebava al voltant de tot el peu. També pot ser que la petjada quedi desfigurada si el fang és massa adhesiu i s'adhereix massa a la pota, que es pot desprendre després en forma de petits fragments.

[5] Hunt, 1975

Aquests fenòmens poden fer que la petjada sigui més gran del que seria en d'altres circumstàncies, fins i tot si no arriben a desfigurar-la del tot.
En sediments menys cohesius, com la sorra, el sediment acostuma a desplaçar-se cap a un costat per efecte de la desigual distribució del pes de l'animal sobre el peu, i també es produeixen trencaments per caiguda de la sorra, a les vores de la petjada, de manera que es poden perdre o desfigurar els detalls de la forma.
Aquestes marques són molt importants per diferenciar autèntiques icnites de depressions més o menys circulars produïdes per altres causes.

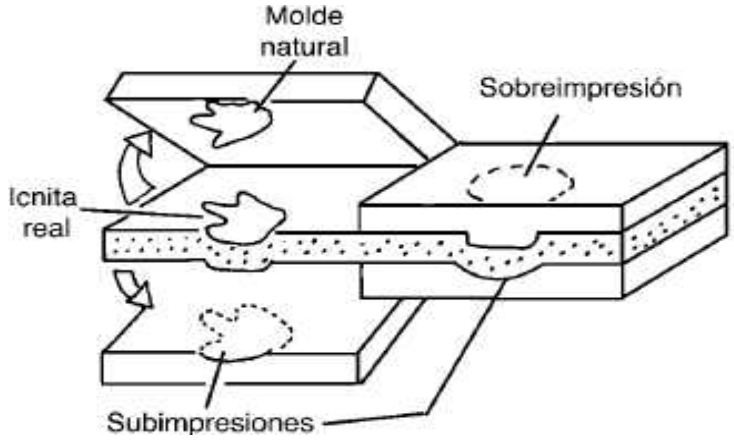
Fotografia 6: icnites a Vilanova de l'Aguda. S'hi distingeix bé el desplaçament del sediment causat pel pes de l'animal.

5. Resistència a les condicions ambientals i homogeneïtat del substrat

Tot i que les impressions acostumen a ser millors en substrats de gra fi, tipus argila, aquestes resisteixen pitjor les condicions mediambientals que les arenites, de manera que és més fàcil i freqüent trobar icnites a roques derivades de sediments sorrencs (gresos) que a roques derivades de sediments argilosos[6].
Els substrats no són sempre ben homogenis i és fàcil que hi hagi petites desigualtats, de manera que en un mateix rastre es poden trobar icnites amb diferent grau d'impressió i de conservació. Ja s'ha parlat de que això és especialment detectable en rastres que s'allunyen o s'apropen a una costa o a la vora d'una zona pantanosa, un riu, un llac, etc. També pot ser que hi hagi una crosta de dessecació per sobre d'un substrat humit, i que l'animal trenqui o no la crosta i deixi petjada per sota, depenent de factors diversos que poden tenir a veure amb el substrat o amb l'animal (pes de l'animal, tipus de pas,etc.), de manera que un mateix rastre pot estar compost per impressions variades[7].

[6] Thulborn, 1990
[7] Thulborn i Wade, 1984

De vegades la part superficial del substrat pot no reunir condicions adequades per a que s'hi formin bones impressions, però es poden produir marques (subimpressions) per sota a causa de la compactació del sediment subjacent, que poden conservar-se fins i tot millor que les impressions, però que convé diferenciar de les impressions reals. S'han descrit una sèrie de criteris que permetrien diferenciar-les[8].



Imatge 4: Lockley & Hunt, 1995.

6. Tamany i característiques individuals dels animals

Els animals, fins i tot si pertanyen a la mateixa espècie, no són tots idèntics, i les seves petjades tampoc. A part de tots els factors esmentats relatius fonamentalment al substrat que poden produir diferències en les icnites d'un mateix d'animal, cal tenir en compte també diferències entre animals d'un mateix grup o d'una mateixa espècie degudes a aquestes característiques individuals. Algunes de les que poden produir diferències més importants són: l'edat, el pes, la velocitat de desplaçament, la trajectòria concreta, i les malformacions que l'animal pugui tenir.
Un aspecte a considerar, per exemple, és que els animals grans amb un pes important deixen empremtes més sovint que els petits i de poc pes, i que és més probable que es conservin empremtes grans i profundes (que, a més, poden haver deixat subimpressions) que petites, per tant pot semblar que hi havia menys animals petits o menys cries de les que realment hi havia en un mateix grup. També cal tenir en compte que les empremtes petites són més difícils de diferenciar de marques produïdes per altres causes, que les grans[9].
Fa poc s'ha descrit, per exemple, la confusió que de vegades es crea a l'hora de decidir si un determinat rastre correspon a animals amb locomoció bípeda o quadrúpeda, degut a que sovint el senyal de les mans és menys profund i, per tant, més fàcilment erosionable, el que ha fet assignar a vegades rastres de quadrúpedes com a bípedes[10].

8 Leonardi, 1997
9 Leonardi, 1997
10 Castanera D, Vila B, Razzolini NL, Falkingham PL, Canudo JI, et al. (2013)

Exemples de marques que poden confondre

Figura 1: Fulles fòssils (restes de l'organisme) o icnites (marques de l'activitat) d'un animal?

Es tracta d'una icnita. Es el producte de l' activitat d'un organisme desconegut, i, probablement són túnels construïts per explorar el substrat a la recerca d'aliment.

Figura 2: Són icnites (túnels, per exemple) o algun altre tipus d'estructura sobre la roca?

No és una icnita. Es tracta d'esquerdes de dessecació, similars a les que es formen en la actualitat quan s'asseca un toll. La làmina de fang es deshidrata i es generen fractures amb un patró més o menys geomètric. Aquestes fractures, després, són recobertes per sediments i queden preservades quan tot el conjunt es transforma en roca.

Fotografies 7 i 8 : Seilacher, D., 2008. Fossil Art. An exhibition of the Geologisches Institut. Tubinge

El Dr. Adolf Seilacher, professor alemany de les Universitats de Yale i de Tubingen, sedimentòleg i especialista en l'estudi de l'origen i interpretació de les icnites, va preparar una exposició amb motlles de resina de moltes icnites de molts afloraments de moltes localitats d'arreu del món. Aquesta exposició itinerant anomenada "Art fòssil" està acompanyada d'un catàleg amb tota la informació científica sobre les icnites, fotografies i esquemes per ajudar a la seva interpretació i a la seva associació amb l'activitat dels éssers vius corresponents en el passat geològic. A l'adreça http://www.fossil-art.dk/KUNST.html, es reprodueixen les peces des d'una perspectiva artística, i a http://www.fossil-art.dk/Fossil_Art-UK.html, es poden trobar els detalls sobre la seva gènesi i interpretació científica.

Després de tot el que s'ha explicat cal concloure, doncs, que no és tan fàcil com pot semblar en un principi, esbrinar a quin animal pertany un determinat rastre de petjades fòssils, perquè la morfologia de la petjada pot ser molt diferent en diferents circumstàncies (apart del fet de que no coneixem del tot quins eren els animals que vivien en una zona en una època determinada).

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES:

CANUDO, J.I.;CUENCA, G. (1990) "Paleoicnología de dinosaurios" (Publicat com a Treball Inèdit a *aragosaurus.com* Grupo de Investigación de la Universidad de Zaragoza)

Les referències bibliogràfiques corresponents als autors citats en aquest annex es troben al mateix treball.

SEILACHER, D. (2008). Fossil Art. An exhibition of the Geologisches Institut. Tubinge

PROCEDÈNCIA DE LES IL·LUSTRACIONS:

Imatges 1, 2, 3 i 4: Lockey i Hunt a *"Paleoicnología de dinosaurios".*

Fotografia 1 a 6: Pròpies.

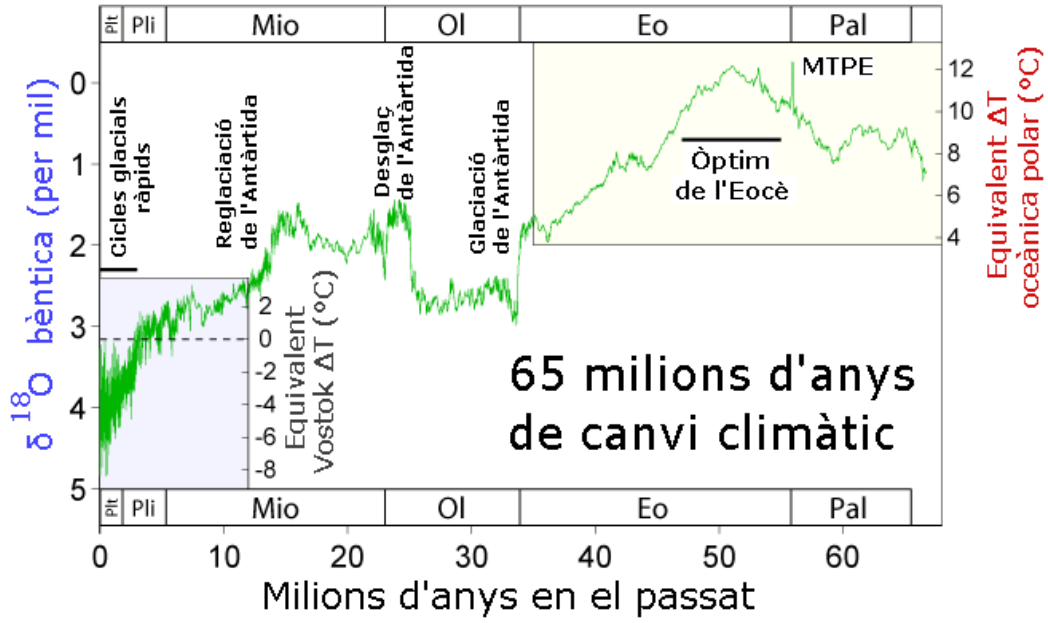
Fotografia 7 i 8: Seilacher, D a *Fossil Art. An exhibition of the Geologisches Institut. Tubinge.*

ANNEX 4: Característiques de de l'època en la que s'emmarca el jaciment

L'EOCÈ: CLIMA I FAUNA

CARACTERÍSTIQUES CLIMÀTIQUES DE L'EOCÈ[1]:

El clima global de l'Eocè fou probablement el més homogeni de Cenozoic; la diferència de temperatures entre els pols i l'equador era la meitat de l'actual, les regions polars eren molt més càlides que avui en dia, potser com el nord-oest dels EUA actual, i els corrents oceànics profunds eren excepcionalment càlids. Els boscos temperats arribaven fins als mateixos pols, mentre que els climes tropicals plujosos arribaven fins a 45° de latitud nord. La diferència amb el clima de l'actualitat era més gran a les latituds temperades que als tròpics, més similar a l'actual; Com que el continent australià i l'Antàrtida encara estaven units en una sola massa terrestre, els corrents oceànics freds i càlids es mesclaven, mantenint una temperatura oceànica homogènia.
Des del principi d'aquest període, la temperatura del planeta augmentà en un dels escalfaments globals més ràpids (en termes geològics) registrats a la història geològica, . Fou un episodi d'escalfament ràpid i intens (de fins a 7 °C a latituds altes) que durà menys de cent mil anys. El màxim tèrmic provocà una gran extinció que serveix per distingir la fauna de l'Eocè de la del Paleocè.



Imatge 1: Temperatures en el passat geològic.

És possible que aquest intens escalfament es degués a l'alliberament de clatrats de metà enterrats al fons marí. Es creu que els sediments en què es trobaven emmagatzemats aquests clatrats foren pertorbats a mesura que els oceans s'escalfaven, i el metà que contenien provocà l'augment de les temperatures globals. S'estima que s'alliberaren unes

1 Vikipèdia

dues mil gigatones de metà, un gas amb un efecte hivernacle més de deu vegades superior al del diòxid de carboni.

L'augment de les temperatures arreu del món no en fou l'única conseqüència, sinó que el clima global esdevingué més humit. Gran part d'aquesta humitat era conduïda als pols, el que provocà gran quantitat de pluja sobre l'oceà Àrtic. Aquesta pluja, juntament amb la configuració dels continents (que feia que l'Àrtic estigués aïllat de la resta d'oceans), en reduí dràsticament la salinitat, i l'aigua dolça acumulada a la zona àrtica preparà el terreny per un gran canvi climàtic de signe totalment oposat i que marcaria el final de l'Eocè. El refredament global que finalment portaria a les glaciacions del Plistocè començà a mitjans de l'època a causa de dos factors: primer l'*esdeveniment d'Azolla* i després l'aïllament de l'Antàrtida.

L*'esdeveniment d'Azolla* tingué lloc fa uns quaranta-nou milions d'anys, quan creixeren grans quantitats de la falguera d'aigua dolça *Azolla* a l'oceà Àrtic . A mesura que s'enfonsaven al fons marí, les plantes quedaven incorporades al sediments, on no es descomponien a causa del baix nivell d'oxigen de les capes d'aigua profundes. La reducció resultant de la quantitat de carboni a l'atmosfera contribuí a transformar el planeta d'una "Terra hivernacle", prou càlida perquè prosperessin tortugues i palmeres als pols, a l'estat actual.

Fotografia 1: Falgueres del gènere Azolla podrien haver causat el refredament de la Terra fins a les fredes temperatures actuals.

Amb la seva separació del continent australià fa uns quaranta-cinc milions d'anys, l'Antàrtida quedà privada del flux d'aigües equatorials que fins aleshores en suavitzaven el clima. Privada d'aquestes aigües càlides, l'Antàrtida es refredà i l'oceà Antàrtic inicià la seva glaciació, creant un flux d'aigua freda i banquises que reforçaren l'efecte refredant.

PRINCIPALS JACIMENTS VERTEBRATS FÒSSILS DEL LÍMIT EOCÈ-OLIGOCÈ

En l'article "Els principals jaciments paleontològics amb vertebrats dels Països Catalans"[2] , Jordi Galindo explica que **els territoris de parla catalana tenen un dels registres fòssils més complerts d'Europa pel que fa a la història evolutiva dels vertebrats**. Així des del Serrat d'en Vaquer (Perpinyà) a la partida de Gormaget (Alcoi)

2 Volum 16 de la *Història Natural dels PPCC*

i des de Mas d'Arsis (Pena-roja, Matarranya) a Cala Pilar (Ciutadella) podem estudiar la història de la vida dels darrers 260 milions d'anys.

Tot i això, **a Catalunya, els jaciments que corresponen a l'edat del que estem estudiant, finals de l'eocè-oligocé inferior, no són gaire abundants**. Revisant el catàleg de jaciments fòssils a Catalunya publicat per la Direcció General de Medi Ambient de la Generalitat hem trobat referències de 3 jaciments importants d'organismes d'aquests períodes:

1. Les pedreres de calcàries Fàbregas i Bujeda (pedreres del Talladell, Tàrrega), de l'oligocè inferior.
2. El jaciments Sossís i roc de Santa, de l'eocè superior.
3. Tres jaciments a Sant Jaume de Frontanyà, de l'eocè mitjà.

Al catàleg dels vertebrats fòssils del Museu de Geologia de Barcelona, que recull els jaciments trobats en els 100 anys compresos entre el 1882 i el 1982, trobem els següents jaciments d'edats eocenes:

1. Castellolí.
2. Esclanyà, a Begur.
3. Manresa.
4. Mas del Coll, a Folgueroles.
5. Sant Julià de Ramis- Montagut.
6. Santa Maria de Meià.

I d'edats oligocenes:

1. Tàrrega (el ja esmentat jaciment del Talladell)
2. Almatret
3. Calaf
4. Cubells
5. Sallent del Solsonès

En d'altres publicacions he trobat d'altres referències corresponents a altres jaciments d'aquestes edats. En Bernat Vila i col·laboradors[3] afirmen que existeixen a Catalunya prop d'una dotzena de localitats amb icnites de mamífer, totes d'edats compreses entre l'eocè superior i l'oligocè inferior. La major part es concentren a l'`area d'Agramunt però també n'hi ha al voltant de Súria, Cardona i Sant Mateu de Bages (encara que no en tots els casos està publicada la seva descripció); també se'n coneixen a Navarra i al Sud de França.
Els gèneres descrits en aquests jaciments, segons recullen en l'esmentat treball, són:
- Cànids (Cynodictis).
- Nimràvids (Nimravus o Eusmilus).
- Rinoceròntids (Acerathium).
- Entelodòntids (Entelodonton).
- Antracotèrids (Bothriodon).
- Paleotèrids (Plagiolophus).
- Creodòntids.

3 Vila, B (2004)"Memòria d'Intervenció d'urgència a la Roca de la Rella"

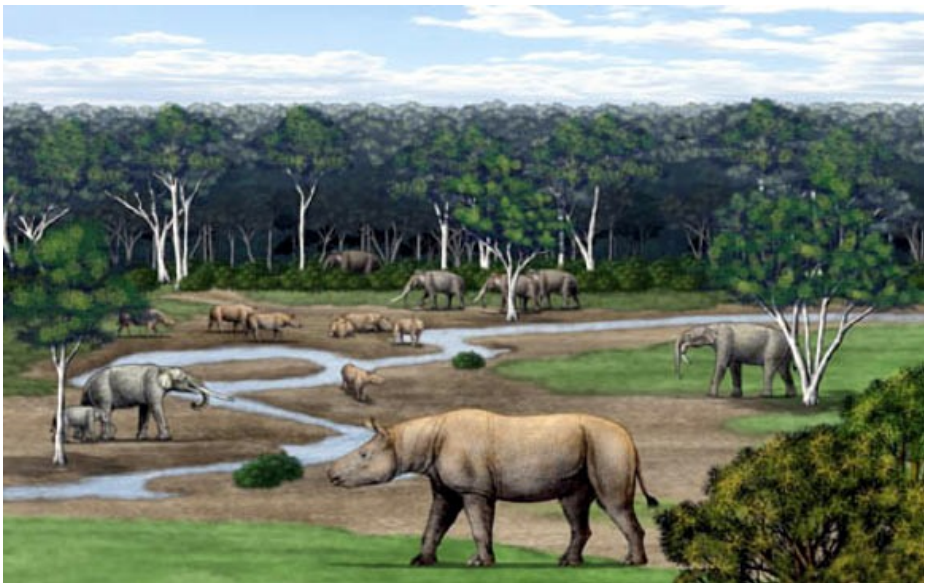
FAUNA DE L'EOCÈ: MAMÍFERS

1. Els artiodàctils aparegueren a principis d'aquesta època, fa uns cinquanta-quatre milions d'anys, i a finals de l'Eocè ja s'havien diversificat en els tres subordres actuals: Tylopoda (camells), Suinae (porcs) i Rumiantia (ovelles, cabres i vaques). Són animals herbívors (i alguns omnívors) amb extremitats acabades amb unglots (ungulats). També hi ha representants que són plantígrads i d'altres que tenen dos (o quatre) dits. Als PPCC hi ha suids (porcs domèstics i senglars), cèrvids (cérvol, daina, cabirol,...), bòvids (cabres domèstiques i salvatges, bens, bou, isard,...) i diversos gèneres extints: *Myotragus*, Ur (*Bos primigenius*), *Entelodonton*, *Bothriodon.* Les grans extensions d'herba que el clima de l'Eocè va propiciar condicionaren el desenvolupament del particular aparell digestiu que tenen els artiodàctils i això els ajudaria a desbancar els perissodàctils com a herbívors dominants.

Imatge 2: Reconstrucció d'*Entelodonton*, semblant a un porc senglar gegant.

2. Els perissodàctils, herbívors ungulats molt abundants durant el Paleocè, continuaren evolucionant durant l'Eocè; van adquirir tamanys molt grans. Es caracteritzen per la possessió d'extremitats amb un nombre de dits imparell acabats en peülles, en què el del mig està més desenvolupat que els altres i els serveix de suport. Són animals de gran talla, generalment pacífics. Estarien representats per paleotèrids (*Plagiolophus)*, èquids (cavalls, rucs, zebres), tapirs i rinoceronts (actuals i extints: *Acerathium).*

Imatge 3: Un perissodàctil: Plagiolophus.



Imatge 4: *Aceratherium* : un rino sense banya.

3. Els carnívors dominants de l'Eocè eren els creodonts (*Hyaenodon*), avantpassats extints dels carnívors actuals. Inclouen alguns dels mamífers depredadors terrestres més grans que mai hagin existit, com ara *Andrewsarchus*, que mesurava uns tres metres i mig de longitud, gairebé dos metres d'alçada i pesava aproximadament 250 kg. Tanmateix, la seva mida no els va servir per imposar-se a llarg termini i foren superats pels carnívors actuals, més eficients a l'hora de córrer i amb una dentició més versàtil (els creodonts eren carnívors obligats); es van extingir al Miocè, fa vuit milions d'anys.

Imatge 5: Un creodont: *Hyaenodon*.

L'Eocè Superior: El Priabonià

És l'últim estatge faunístic de l'Eocè. El final del període ve marcat per la *Grande Coupure*, un episodi d'extincions, de canvis faunístics i de formació de moltes espècies noves. Començà fa 37,2 ± 0,1 milions d'anys i s'acabà fa 33,9 ± 0,1 milions d'anys.

La *Grande Coupure* ("gran tall") representà un gran canvi en la població de mamífers d'Europa fa aproximadament 33,5 milions d'anys per l'arribada a Europa d'immigrants asiàtics. Es caracteritza per grans extincions i la formació de noves espècies en petites

poblacions aïllades d'espècies primitives. La *Grande Coupure* marca un trencament entre la fauna endèmica europea anterior al canvi i la fauna mixta, amb un fort component asiàtic, de després del canvi. J. J. Hooker i el seu equip resumiren així el trencament:

"*A la fauna d'abans de la Grande Coupure són dominants la família de perissodàctils* Palaeotheriidae *(parents distants dels cavalls); sis famílies d'artiodàctils (*Anoplotheriidae, Xiphodontidae, Choeropotamidae, Cebochoeridae, Dichobunidae i Amphimerycidae*); la família de rosegadors* Pseudosciurdae*; les famílies de primats* Omomyidae *i* Adapidae*; i la família de soricomorfs* Nyctitheriidae."

"*La fauna de després de la* Grande Coupure *inclou els autèntics rinoceronts (*Rhinocerotidae*); tres famílies d'artiodàctils (*Entelodontidae, Anthracotheriidae *i* Gelocidae*), relacionades respectivament amb els porcs, hipopòtams i remugants; les famílies de rosegadors* Cricetidae *(hàmsters) i* Castoridae *(castors); i la família d'insectívors* Erinaceidae *(eriçons). Els gèneres* Palaeotherium i Anoplotherium*, així com les famílies* Xiphodontidae i Amphimerycidae*, desapareguеren completament.*"

"*Només la família de marsupials* Herpetotheriidae*; la família d'artiodàctils* Cainotheriidae*; i les famílies de rosegadors* Theridomyidae i Gliridae *(lirons) passaren indemnes aquest trencament.*"

Una de les causes principals d'aquest fet sembla haver estat el tancament de l'estret de Turgai, que uní Europa i Àsia i posà fi a l'aïllament geogràfic d'Europa, permetent així migracions massives d'espècies entre ambdós continents. A més, l'obertura del passatge de Drake, entre Sudamèrica i l'Antàrtida, accentuà el corrent circumpolar antàrtic, iniciant així un refredament progressiu que causà la formació d'un casquet de glaç a l'Antàrtida, així com la formació d'una capa d'aigua freda sobre el fons oceànic. La formació de casquets provocà una important baixada del nivell del mar i accentuà l'albedo de la Terra, reflectint la radiació solar i causant un gran descens de les temperatures. La capa d'aigua freda provocà que moltes de les espècies que vivien en aigües càlides desapareguessin, deixant una fauna molt poc diversa. El canvi climàtic que estava tenint lloc seria la primera fase de les primeres glaciacions polars.

Els mamífers patiren una gran renovació. Els mamífers endèmics europeus foren substituïts per immigrants asiàtics, extingint-se així més de la meitat dels mamífers europeus, i afectant d'aquesta manera la resta de la flora i fauna.

LA FAUNA DEL JACIMENT ESTUDIAT:

De tot el que s'ha explicat es pot deduir que malgrat el jaciment es troba en uns estrats que corresponen al trànsit eocè-oligocè, i que malgrat a la literatura paleontològica sovint es descriu la fauna d'aquest moment de forma conjunta, el canvi entre un i altre període és prou important com per a no barrejar les espècies candidates a ser les productores de les petjades.

Per una banda ja he explicat que no em sento capaç de descriure la morfologia exacte de les petjades, tant per la dificultat d'accés (i, per tant, de l'observació amb detall, que l'escaneig potser hauria resolt si l'haguéssim pogut fer), com pel mal estat de formació o de conservació de les marques.

Així i tot, durant tot el treball hem tingut la sensació de que les petjades corresponien a animals tipus cèrvids, més per la forma dels rastres que per la morfologia de les petjades, sensació que la lectura de les descripció de la fauna típica de l'eocè confirma que podria ser una hipòtesi plausible, tot i que caldria estudiar més detingudament la morfologia de les petjades per a poder-ho confirmar.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES:

GALINDO, J. (1986) "Els principals jaciments paleontològics amb vertebrats dels Països Catalans". Història Natural dels PPCC. (Vol 16). Fauna i Flora, Suplement Fundació Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

VILA, B. (2004) Memòria de la intervenció paleontològica al jaciment de la Roca de la Rella. Intervenció d'urgència. Puig-Reig, Berguedà. Centre d'Informació i Documentació del Patrimoni Cultural. Generalitat de Catalunya.

"Els principals jaciments paleontològics dels Països Catalans". Direcció General de Medi Ambient de la Generalitat. gencat.cat

wikipèdia.org

PROCEDÈNCIA DE LES IL·LUSTRACIONS:

Imatge 1, 2, 4 i 5, i Fotografia 2: wikipèdia. org

Imatge 3: Roman Yevseyev a *romanyevseyev devianart.com*

ANNEX 5: Jaciments de fòssils als Països Catalans

Alguns dels jaciments paleontològics dels Països Catalans[1]

Als Països Catalans disposem d'un ric patrimoni paleontològic. Tenim jaciments de conservació excepcional, d'esquelets, ous i petjades de dinosaures, i mostres de les darreres restes dels dinosaures abans d'extingir-se. També desenes de jaciments de mamífers, alguns dels quals amb primats antropomorfs, que han resultat molt importants en l'estudi de l'evolució del gènere *Homo i* dels altres homínids.
Als Països Catalans tenim dos jaciments de conservació excepcional en els que el tipus de fossilització permet que s'observin les impressions de les parts toves, dels esquelets dels vertebrats, invertebrats i plantes. Tots dos es van formar en ambients lacustres amb aigües tranquil·les i amb fons sense oxigen. Aquesta manca d'oxigen va ser la responsable que els teixits tous dels organismes es conservessin:

- El jaciment de la Pedrera d'Alcover (Alt Camp) és un dels més importants jaciments del triàsic mitjà (240 milions d'anys). Els fòssils que s'han trobat durant els treballs de la pedrera permeten observar les impressions de les parts esquelètiques i toves de peixos i rèptils, així com d'alguns invertebrats com holotúries, crinoïdeus, insectes o límuls.
- La Pedrera de Rúbies i la Cabrua, situades a Vilanova de Meià i a la Noguera, respectivament, són dos jaciments que es van formar en dues zones d'un sistema lacustre, proper al mar. S'hi han trobat abundants aranyes i larves d'insectes, així com traces de coloració de la pell d'algunes granotes i el contingut estomacal d'alguns peixos. S'han citat més de 130 espècies corresponents a vertebrats, invertebrats i plantes. Cal esmentar, per la seva significació, la presència més antiga coneguda d'angiospermes i d'insectes socials com ara els tèrmits. Una altra troballa prou significativa va ser la descoberta d'una au primitiva, Noguerornis gonzalezi.

A més als territoris de llengua i cultura catalanes hi ha presència de restes fossilitzades de dinosaures, com ossos, petjades i ous. Algunes de les restes esquelètiques excavades han permès la descripció de quatre espècies noves de dinosaures.

- Al jaciment del juràssic superior de La Cañada (Aras de Olmos, Serrans) s'ha descrit el sauròpode, el Losillasaurus giganteus. A Mas d'Arsís (Pena-roja, Matarranya), s'ha descobert una espècie fins ara desconeguda de dinosaure sauròpode del cretaci inferior, el Tastavinsaurus sanzi. Finalment, del cretaci superior s'han descrit dues espècies d'hadrosaures procedents de Blasi (Areny de Noguera, Ribagorça) i Sant Romà d'Abella (Isona i Conca de Dellà, Pallars Jussà). Del primer, l'Arenysaurus ardevoli, i del segon, el Pararhabdodon isonensis.
- Del lapse de temps comprès entre el juràssic inferior i el cretaci superior cal esmentar també, per la quantitat i qualitat de restes òssies de dinosaures trobades, els jaciments de Cerrito del Olmo (Aras de Olmos), Mas de la Parreta i Sant Antoni de la Vespa (Morella, els Ports), Ana (Cinctorres, els Ports), i Basturs poble (Isona i Conca de Dellà).
- Igual de significatives són les petjades fossilitzades, les icnites. Al País Valencià, el principal jaciment amb aquest tipus de restes és el de Rambla del Tambuc (Millares, la Canal de Navarrés), on s'han reconegut uns 25 rastres atribuïts a teròpodes i ornitòpodes, sobre calcàries pròpies de zones costaneres. A Catalunya, els jaciments més importants són els de Fumanya (Fígols i Vallcebre), al Berguedà, on el principal l'integren unes 2.000 icnites. La

1 Informació extreta del portal gencat.cat

gran majoria pertanyen a titanosaures. A Fígols (Berguedà) hi ha el jaciment de Cingles del Boixader, amb 7 icnites en bon estat de conservació. Aquestes darreres constitueixen, juntament amb el jaciment d'icnites de la Mata del Viudà (Àger, la Noguera), les darreres restes fòssils dels últims dinosaures del continent eurasiàtic, abans de l'extinció massiva de fa 65 milions d'anys.

- A Coll de Nargó (Alt Urgell), s'han trobat més de 400 acumulacions d'ous de dinosaures assignades a titanosaures. Constitueixen el conjunt de postes d'ous del cretaci superior més importants del món.

A tots els Països Catalans, hi ha molts jaciments de mamífers amb una gran quantitat de restes fòssils i diversitats d'espècies, que van des de l'eocè fins al plistocè superior.

Per importància i nombre, destaquen els jaciments del miocè. Aquests jaciments han proporcionat restes que han permès descriure desenes de noves espècies, algunes de les quals de primats antropomorfs (de forma humana), elements clau per entendre l'evolució humana.

- De fa uns 16 milions d'anys caldria esmentar els de Bunyol (la Foia de Bunyol) i els Casots (Subirats, Alt Penedès). Més moderns, entre 13 i 11 milions d'anys, són els de l'Abocador de Can Mata i l'Ecoparc de Can Mata (els Hostalets de Pierola, Anoia), Trinxera del Ferrocarril (Sant Quirze del Vallès) i Castell de Barberà (Barberà del Vallès).

- Situats entre 11 i 9 milions d'anys són els de Can Ponsic (Sant Quirze del Vallès), el Firal (la Seu d'Urgell, Alt Urgell), Can Llobateres (Sabadell) i els situats a l'entorn dels nuclis urbans de Terrassa i Viladecavalls. Finalment, d'uns 5,5 milions d'anys, cal esmentar Venta del Moro (la Plana de Requena-Utiel), que compta amb la presència de més d'una setantena d'espècies, inclòs un primat de mida petita del qual trobem representants actuals a Àsia.

- De tot aquest ampli conjunt, cal assenyalar per l'excepcionalitat científica i patrimonial les localitats fòssils dels Hostalets de Pierola (Anoia) i Can Llobateres (Sabadell, Vallès Occidental). Gràcies als antecedents històrics i a les potencialitats paleontològiques que oferia la zona on es pretenia realitzar l'ampliació de l'Abocador de Can Mata, es va dur a terme una intervenció paleontològica preventiva que ha permès la descoberta d'un dels conjunts de jaciments amb més projecció internacional. Els resultats han estat espectaculars. S'han recuperat més de 49.000 restes de vertebrats corresponents a un període entre els 12,5 i els 11,5 milions d'anys, s'han excavat més de 150 jaciments de macro i microvertebrats i s'han identificat fins a l'actualitat 84 espècies diferents de vertebrats fòssils. Cal esmentar la descoberta de dos nous gèneres de primats antropomorfs: Pierolapithecus catalaunicus i Anoiapithecus brevirostris. L'estudi del P. catalaunicus ha permès considerar-lo una forma molt propera a l'ancestre comú del grup dels actuals ximpanzés, goril·les, orangutans i humans. La presència de tres gèneres de primats antropomorfs, els dos anteriorment esmentats, i Dryopithecus fontani , que van coexistir en un lapse de temps molt reduït, fa que sigui tan excepcional.

- El jaciment Can Llobateres (Sabadell, Vallès Occidental), amb 9,5 milions d'anys, és també un dels jaciments amb més significació pel que fa a la presència de restes fòssils d'aquest tipus de primats. Es va localitzar l'any 1926 arran de l'obertura de la carretera que va des de Sabadell fins a Mollet. Aquest jaciment presenta un nivell en el qual s'ha trobat una gran diversitat d'espècies, fins a 77 mamífers diferents. Un element indicador de la importància científica i patrimonial són les 16 noves espècies descrites. També s'hi ha trobat les restes cranials i esquelètiques d'un individu de primat antropomorf anomenat Hispanopithecus laietanus. Aquest individu, i les restes de Pierolapithecus catalaunicus dels Hostalets de Pierola, constitueixen les més completes corresponents a primats antropomorfs del període entre els 12 i 9 milions d'anys.

- Situat a terres de la Catalunya del Nord, a Perpinyà (Rosselló), i amb una edat de 5 milions d'anys (pliocè), hi ha el jaciment de Serrat d'en Vaquer. Va ser descobert durant la construcció d'una instal·lació militar i s'hi van recuperar restes atribuïdes a 50 espècies, una de les quals era el d'una mona nova per a la ciència.
- L'excavació del jaciment de Cal Guardiola, trobat durant les obres de construcció de la Mútua de Terrassa, va motivar la realització d'una altra intervenció paleontològica preventiva durant la construcció d'una estació de tren dels FGC a Vallparadís (Terrassa, Vallès Occidental). S'han recuperat més de 26.000 restes amb un magnífic estat de conservació. Fonamentalment mamífers que permeten reconstruir les faunes i els ecosistemes en què segurament es van trobar els primers pobladors de les nostres terres, de fa entre un milió i 700.000 anys.
- Les restes fòssils pròpiament humanes més antigues les trobem a la Cova de l'Aragó (Talteüll, Rosselló) amb l'Homo heidelbergensis, d'uns 450.000 anys d'antiguitat i batejat com l'home de Talteüll.
- A les Illes Balears i Pitiüses hi ha més d'un centenar de coves amb fòssils de faunes endèmiques. Per exemple, el Myotragus, una mena de cabra de mida petita; l'Hipnomys, un liró gegant; el Nesiotites', una musaranya gegant; i el Nuralagus, una llebre gegant de Menorca. Entre les més importants podem esmentar: Sa Pedrera de s'Òmix (Manacor, Mallorca), Cap des Ferrutx (Artà, Mallorca), Cova del Llenaire (Pollença, Mallorca), Cova de Son Bauçà (Ciutat de Mallorca) i Punta Nati (Ciutadella, Menorca). I a l'illa de Menorca, a la cala del Pilar (Ciutadella), s'han trobat les primeres restes fòssils de vertebrats dels Països Catalans, que pertanyen al permià superior, de fa 260 milions d'anys.

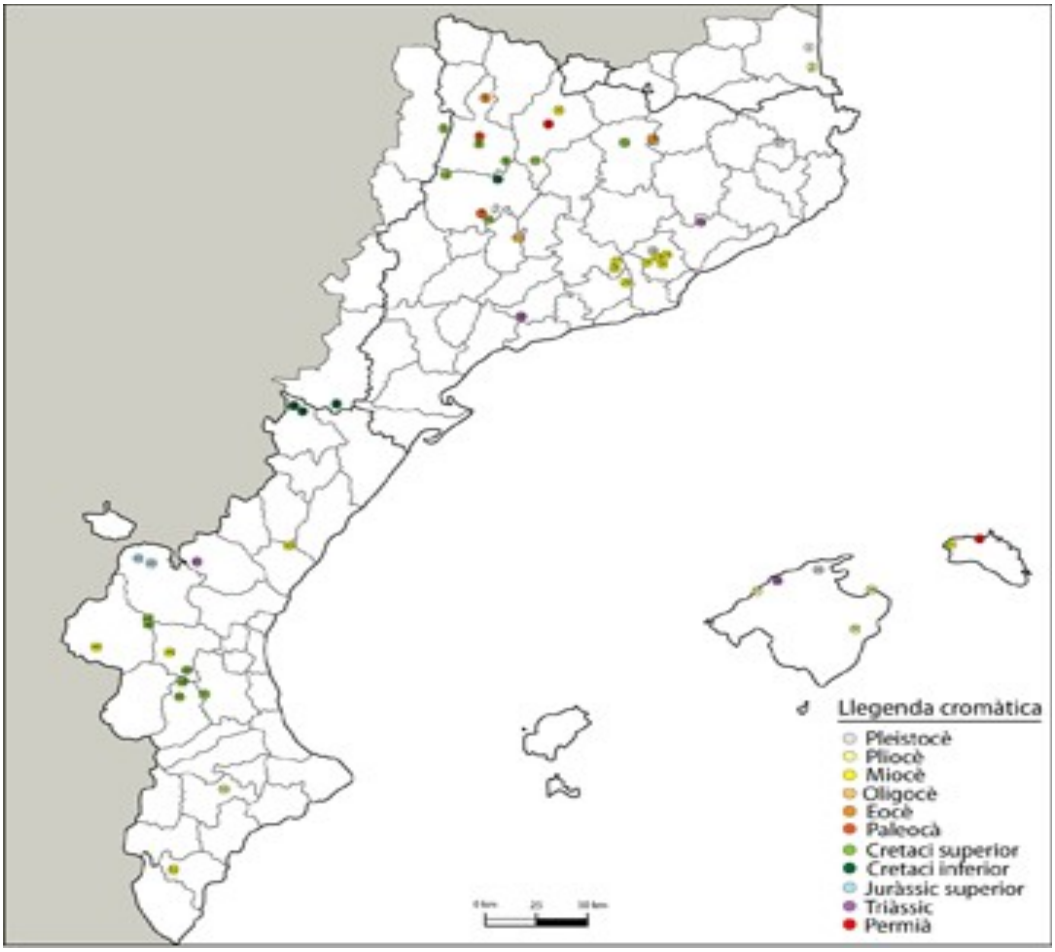


Figura 1: Principals jaciments als PPCC

Altres jaciments:

En tot aquest temps de recerca bibliogràfica he trobat informació sobre molts altres jaciments, alguns dels quals de força interès i importància. Tot i que ja fa temps que vaig decidir que no tenia prou temps per dedicar al que inicialment era un dels meus objectius en aquest treball, el d'elaborar una llista de jaciments, em sembla interessant, si més no, fer una primera relació, a tall d 'aproximació, per si en un futur tinc temps o ocasió de completar-la. Així doncs, a la relació de jaciments que apareixen en el portal gencat.cat, d'on he tret la informació de l'apartat anterior, caldria afegir:

- Les icnites de Prat Barrina
- Les petjades de dinosaure de la Vall d'Ariet
- Les icnites de Puig Reig
- Les icnites de la Roca de la Rella
- Icnites de Súria i Cardona

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES:

"Els principals jaciments paleontològics dels Països Catalans". Direcció General de Medi Ambient de la Generalitat. gencat.cat

ANNEX 6: El jaciment estudiat

TAULES DE RESULTATS

A continuació s'inclouen les dades obtingudes amb els diferents treballs i mesuraments que s'han comentat al treball. Són les següents:

Treballs cartogràfics:

- Mapes topogràfics de l'àrea del jaciment (general i detall)
- Mapes geològics de l'àrea del jaciment (general i detall)
- Mapa geològic de l'àrea del jaciment (incloent Vilanova de l'Aguda)
- Mapa aeri (Google Earth) amb diferents estructures geològiques localitzades

Treballs sobre les fotografies del jaciment:

- Mètode de cerca de traces
- Imatge amb l'escala corregida per a poder mesurar fidelment la superfície i les distàncies entre punts
- Perímetre estudiat: quantificació de la superfície
- Icnites identificades al perímetre estudiat
- Traces d'icnites identificades
- Classificació dels rastres per tipologia
- Paràmetres mesurats en els rastres
- Taules de valors dels paràmetres mesurats a cada rastre
- Taules de mitjanes dels valors dels paràmetres mesurats

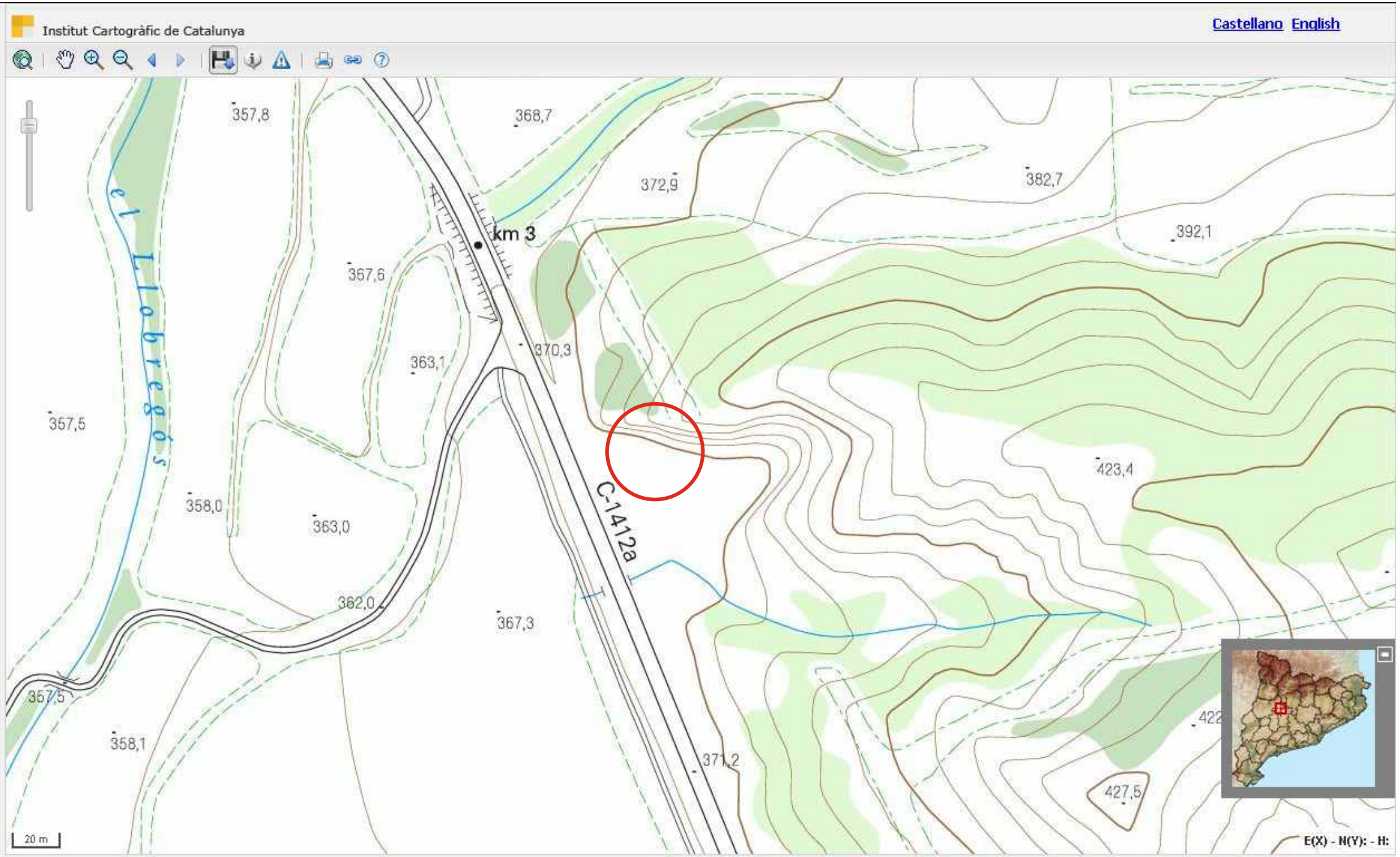
Altres:

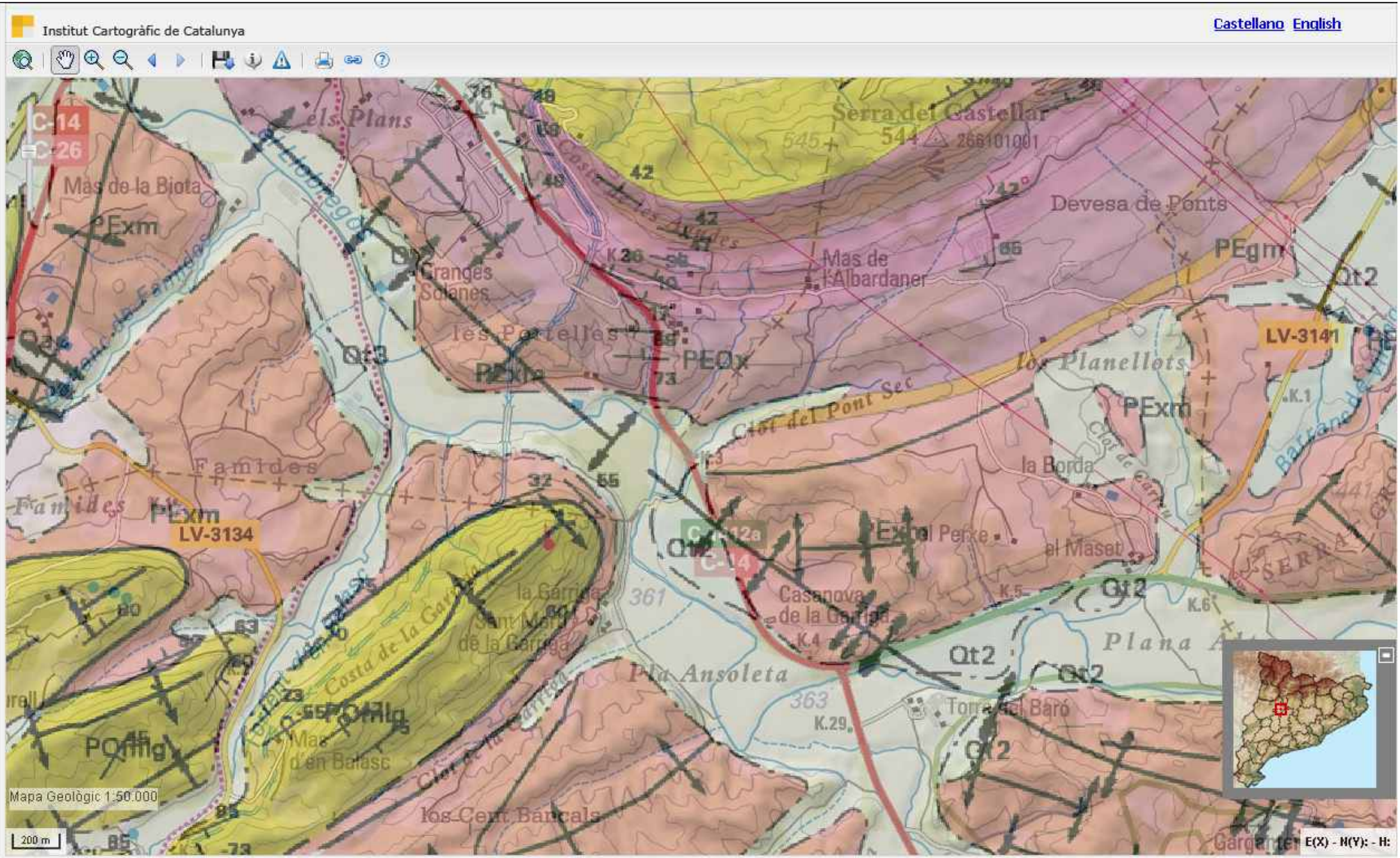
- Identificació dels triangles de la malla utilitzada per referenciar les icnites

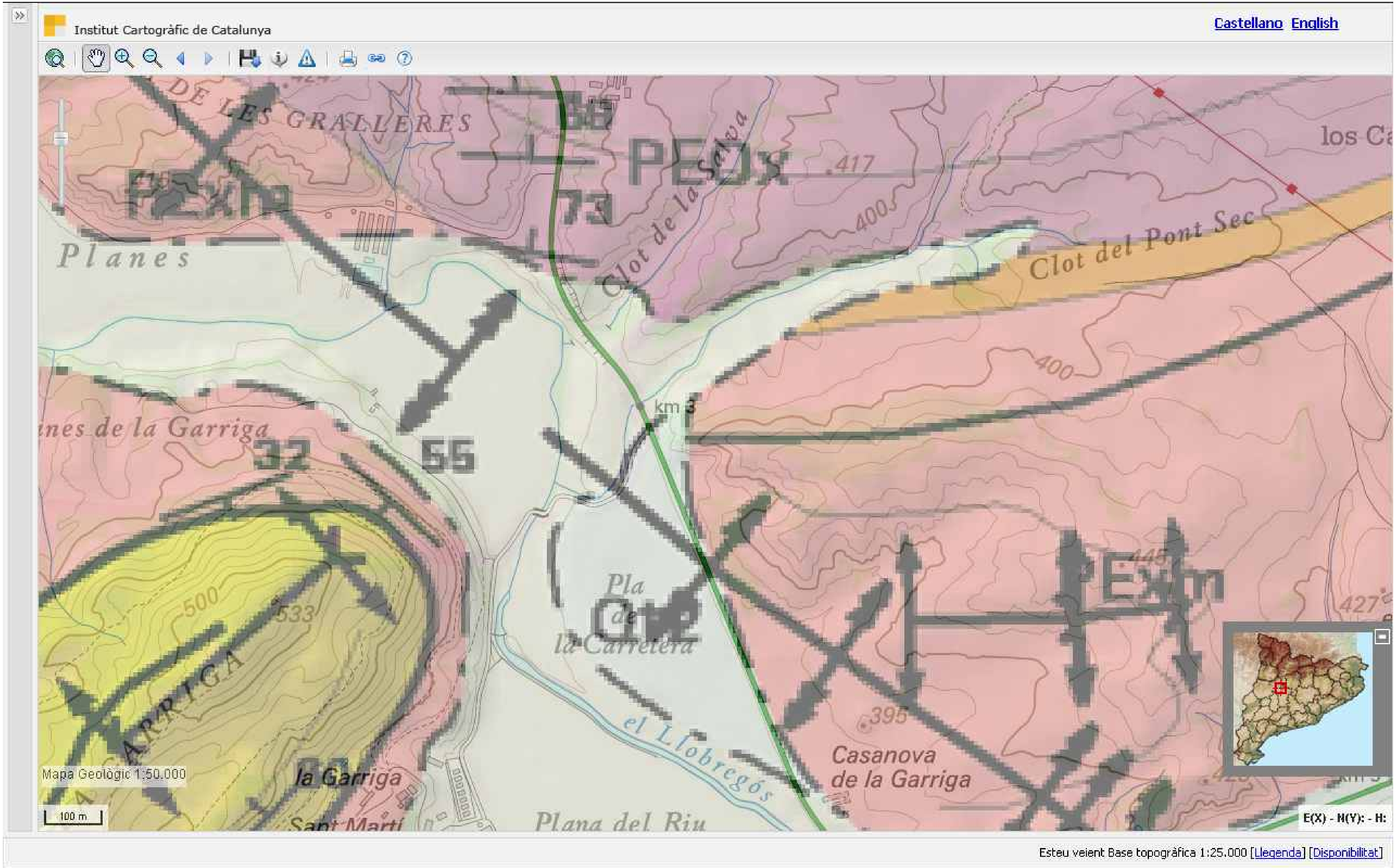
REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES:

ATLES GEOLÒGIC DE CATALUNYA Escala 1:50 000. Institut Geològic de Catalunya, 2010.

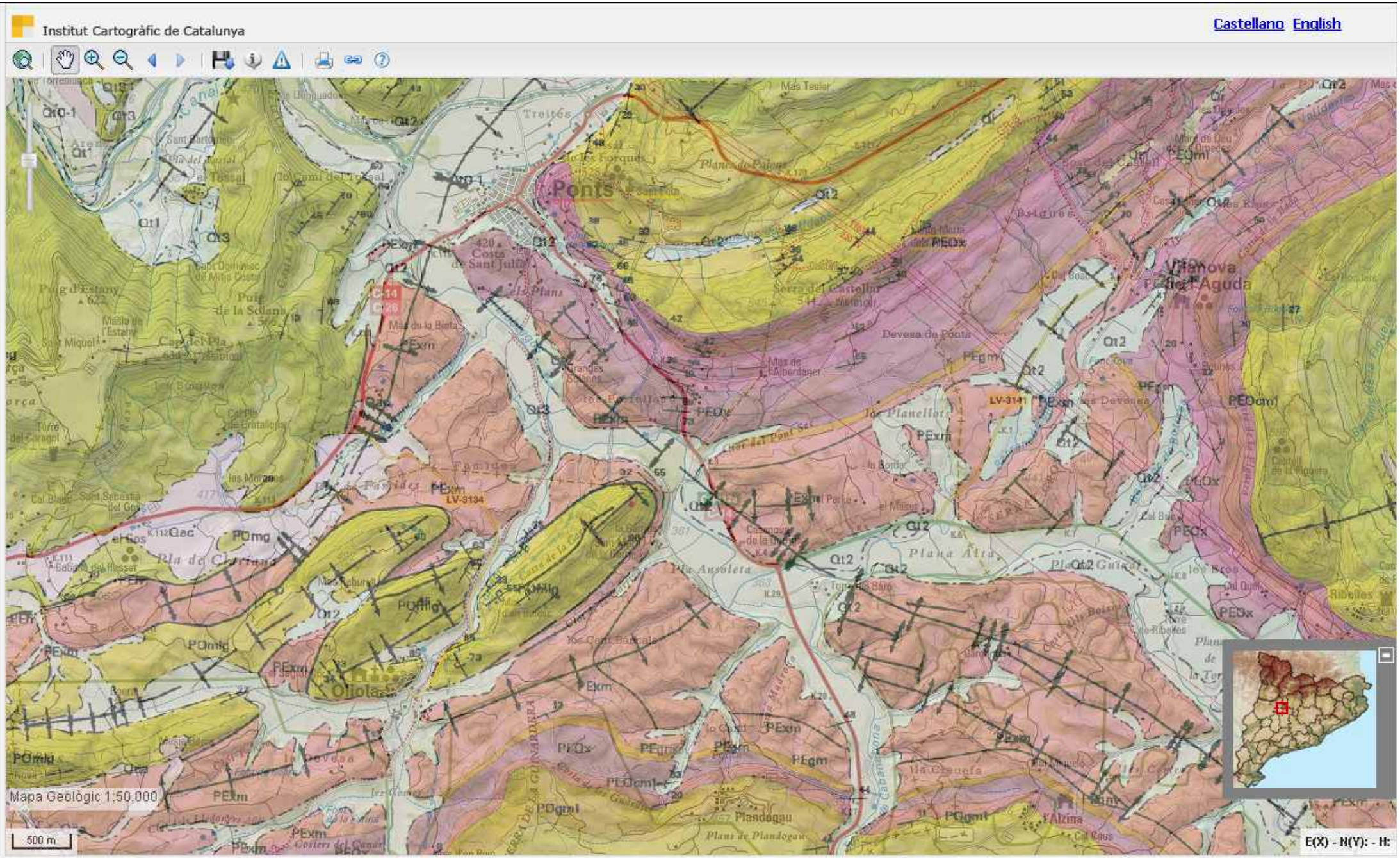
MAPA TOPOGRÀFIC DE CATALUNYA. LA NOGUERA. Escala 1:50 000. Institut Cartogràfic de Catalunya.

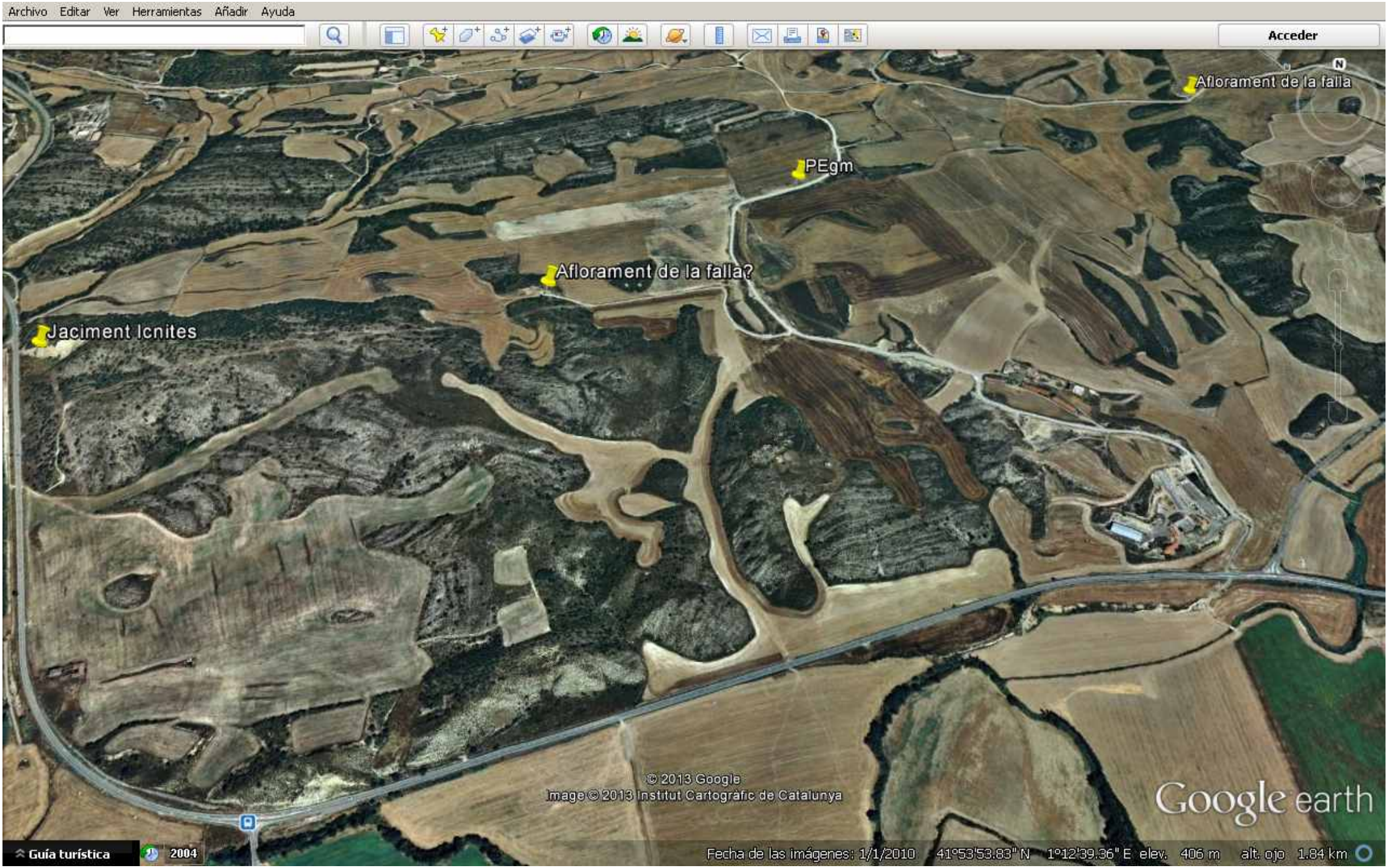

Institut Cartogràfic de Catalunya
Castellano English
357,8
368,7
372,9
382,7
392,1
km 3
367,6
363,1
370,3
357,5
358,0
363,0
C-1412a
423,4
362,0
367,3
357,5
358,1
371,2
427,5
el Llobregós
20 m
E(X) - N(Y): - H:
Esteu veient Base topogràfica 1:5.000 [Llegenda] [Disponibilitat]

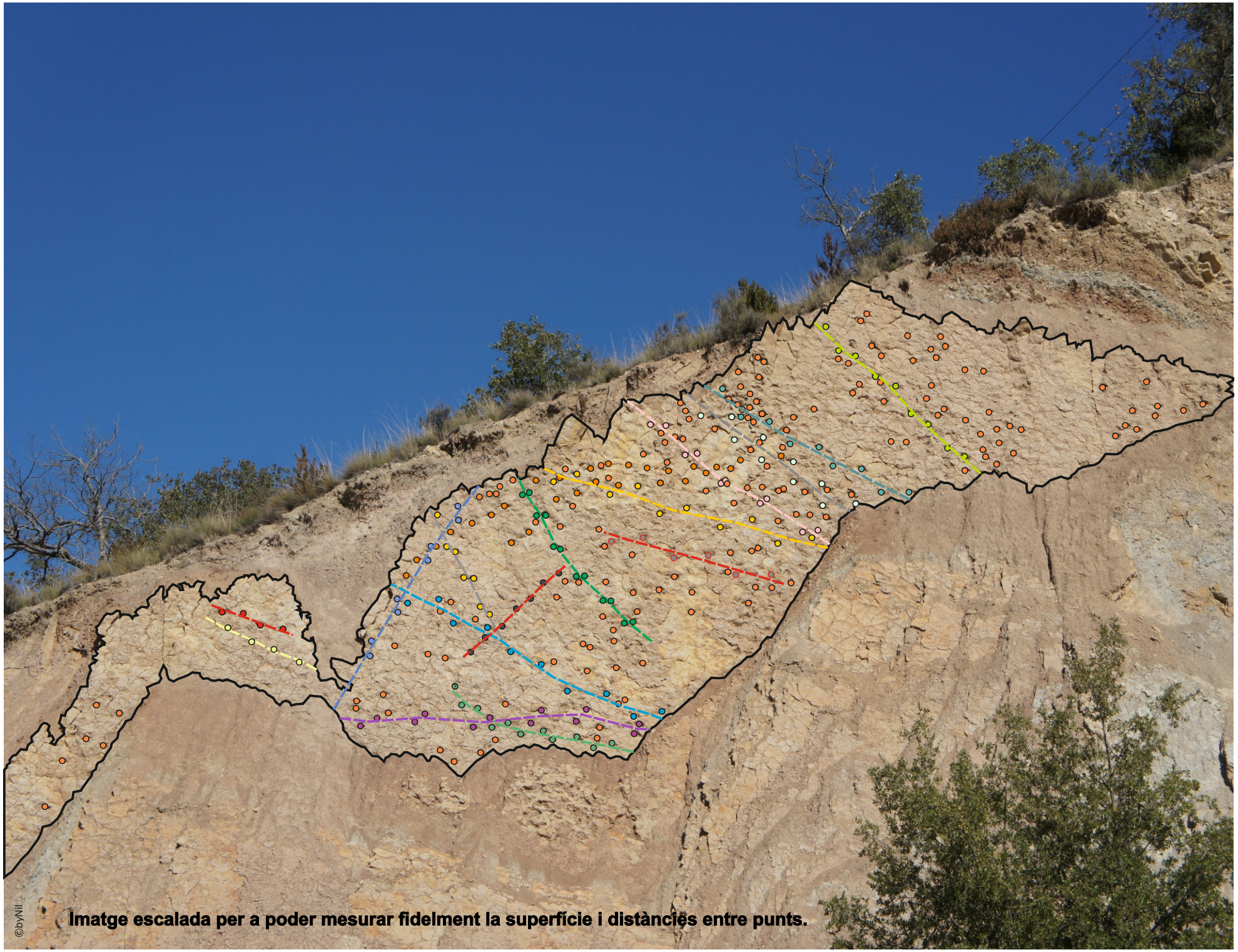

Institut Cartogràfic de Catalunya
Castellano English
Serra del Castellar
Devesa de Ponts
Mas de l'Albardaner
Granges Solanes
les Portelles
Clot del Pont Sec
los Planellots
la Borda
el Perxe
el Maset
Casanova de la Garriga
Pla Ansoleta
Torre del Baró
Mas d'en Balasc
los Cent Bancals
Famides
Mas de la Biota
LV-3134
LV-3141
Mapa Geològic 1:50.000
200 m
E(X) - N(Y): - H:
Esteu veient Mapa topogràfic 1:50.000 [Llegenda] [Disponibilitat]



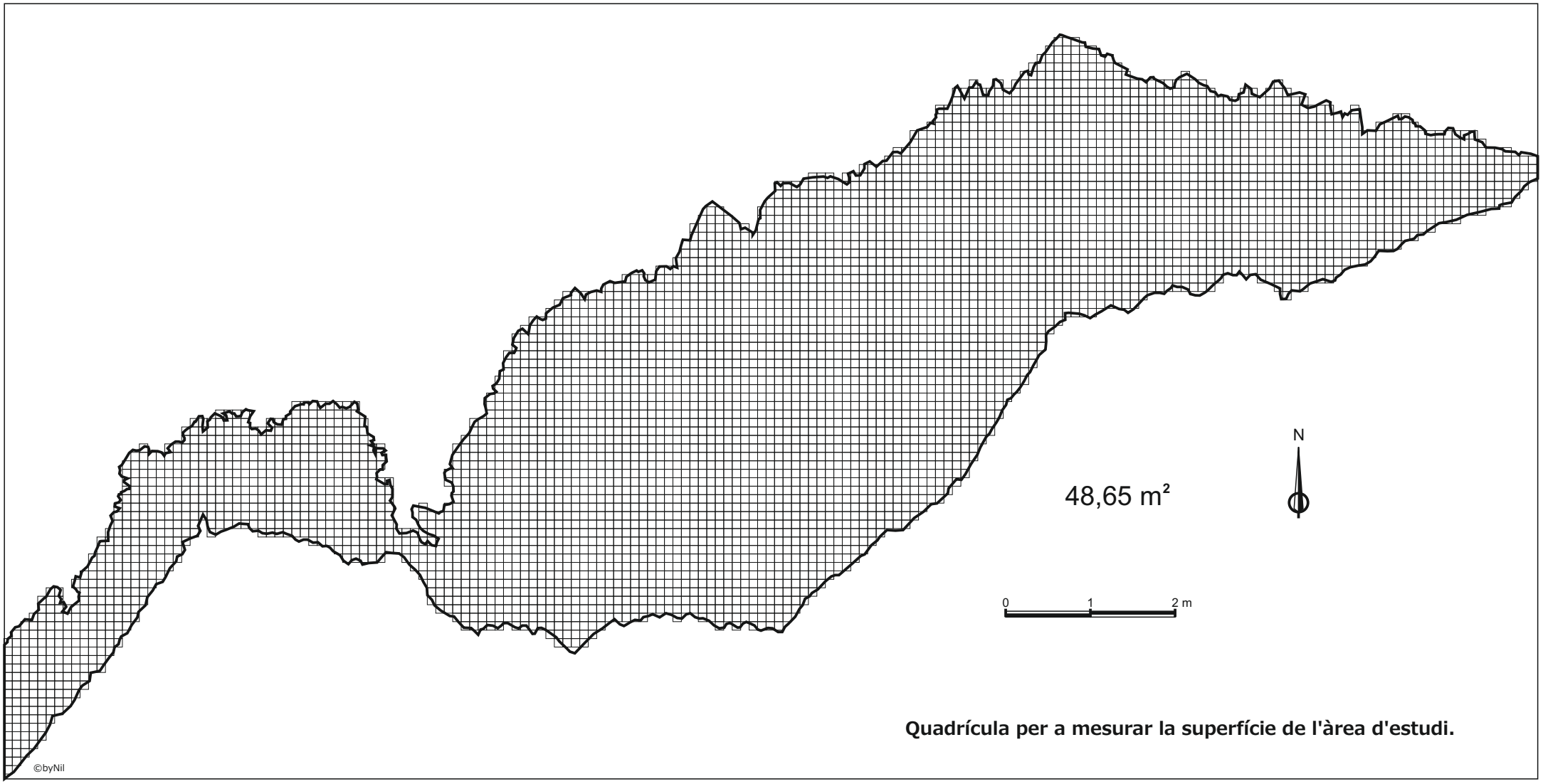
Institut Cartogràfic de Catalunya
Castellano English
DE LES GRALLERES
PEOx
Clot de la Selva
.417
400
73
Planes
Clot del Pont Sec
los Ca
400
km 3
nes de la Garriga
32
55
Pla
de
la Carretera
445
PExm
427
500
533
ARRIGA
395
Casanova
de la Garriga
el Llobregós
Mapa Geològic 1:50.000
100 m
la Garriga
Sant Martí
Plana del Riu
E(X) - N(Y): - H:
Esteu veient Base topogràfica 1:25.000 [Llegenda] [Disponibilitat]


Institut Cartogràfic de Catalunya
Castellano English
Ponts
Mapa Geològic 1:50.000
500 m
E(X) - N(Y): - H:
Esteu veient Mapa topogràfic 1:50.000 [Llegenda] [Disponibilitat]

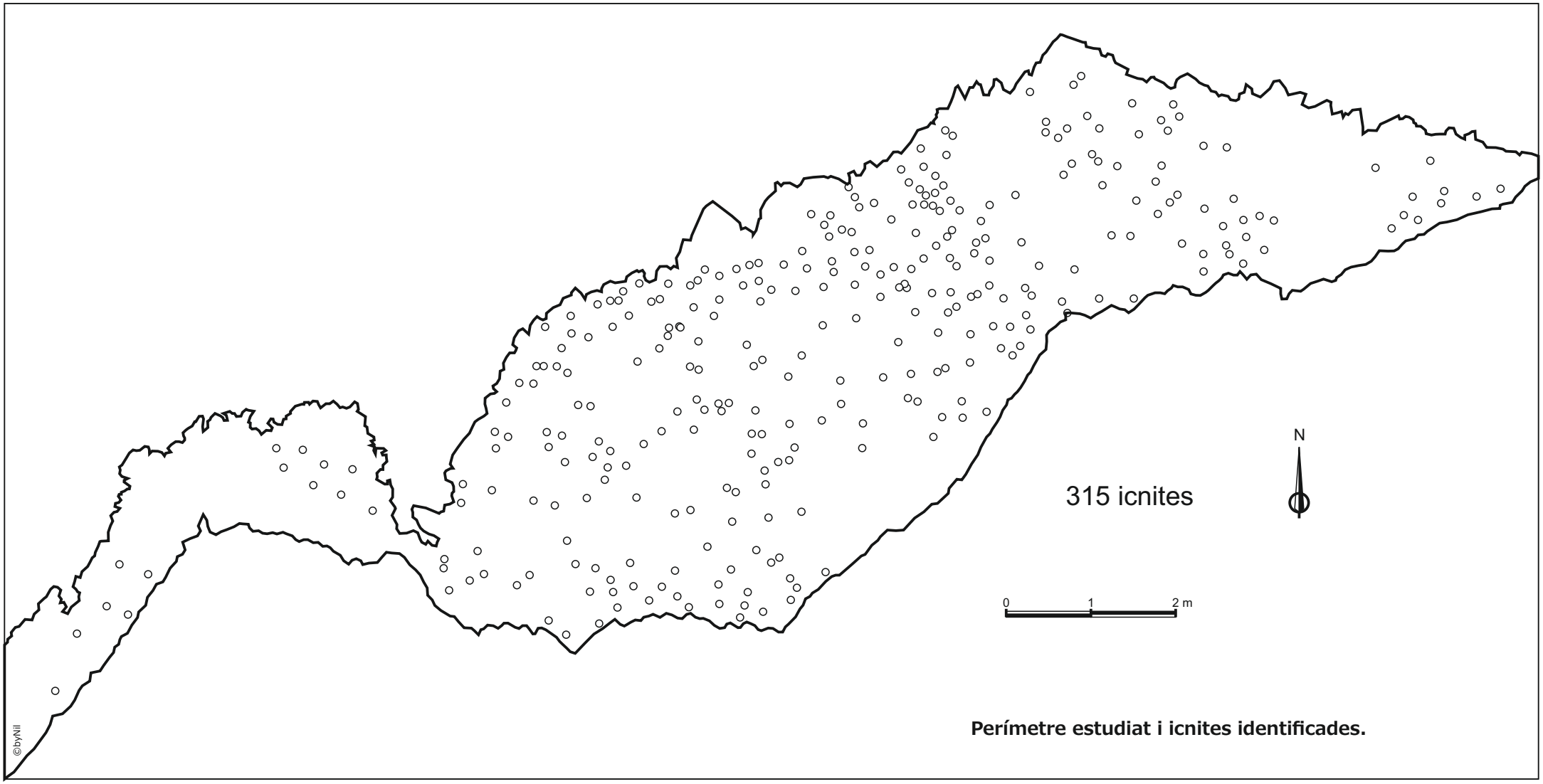

Archivo Editar Ver Herramientas Añadir Ayuda
Acceder
Aflorament de la falla
PEgm
Aflorament de la falla?
Jaciment Icnites
© 2013 Google
Image © 2013 Institut Cartogràfic de Catalunya
Google earth
Guía turística
2004
Fecha de las imágenes: 1/1/2010 41°53'53.83" N 1°12'39.36" E elev. 406 m alt. ojo 1.84 km



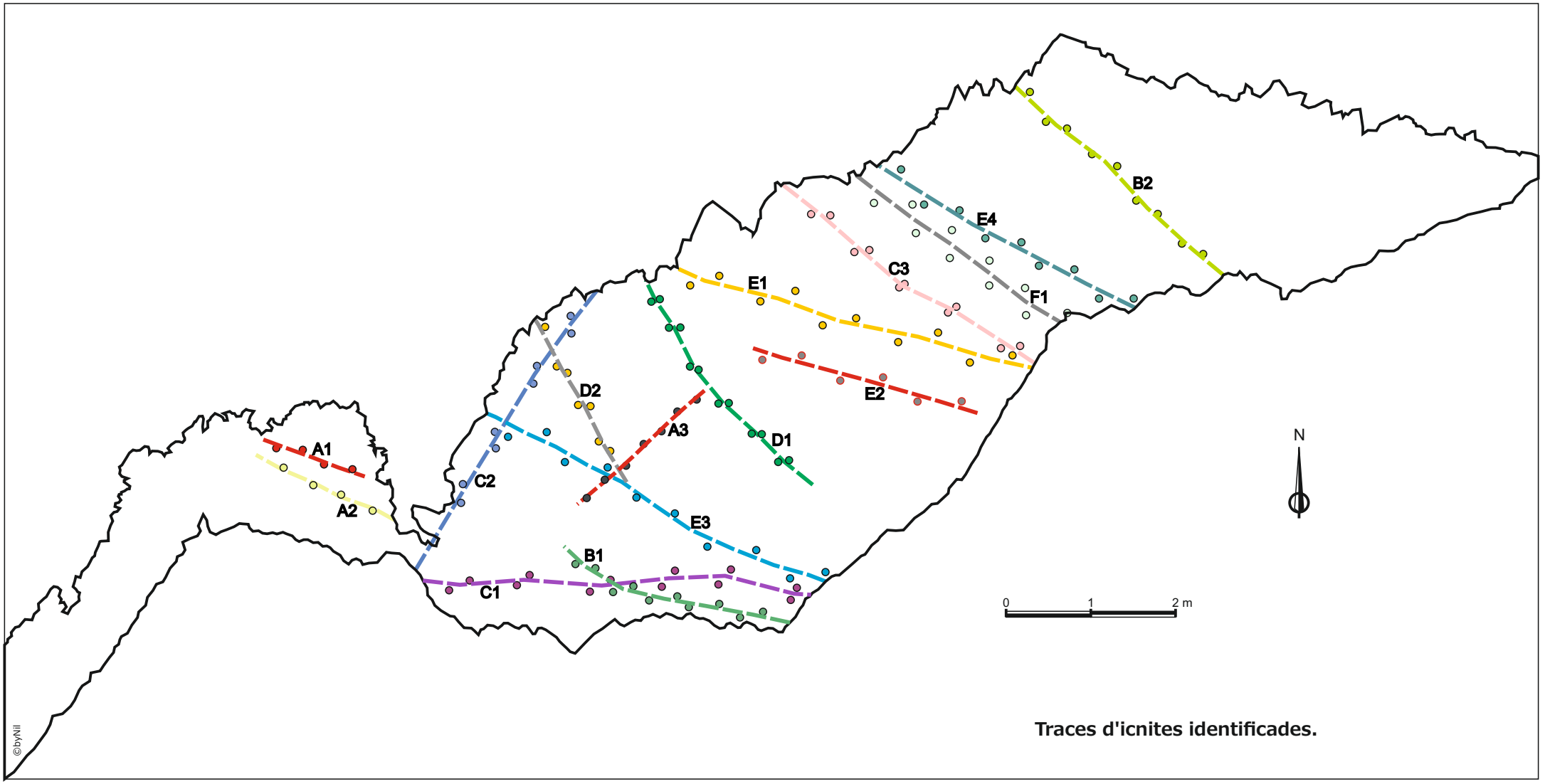
Imatge escalada per a poder mesurar fidelment la superfície i distàncies entre punts.



Quadrícula per a mesurar la superfície de l'àrea d'estudi.

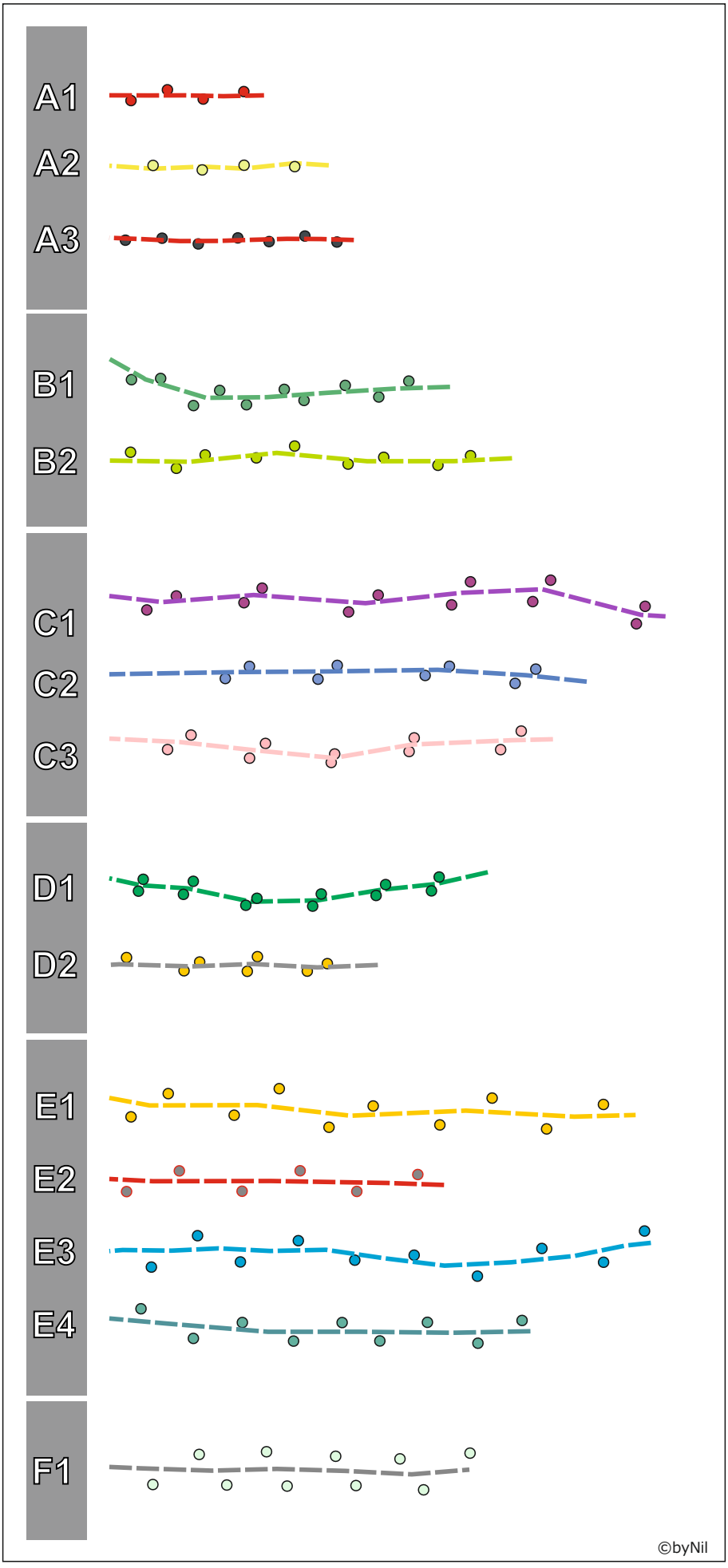


Perímetre estudiat i icnites identificades.



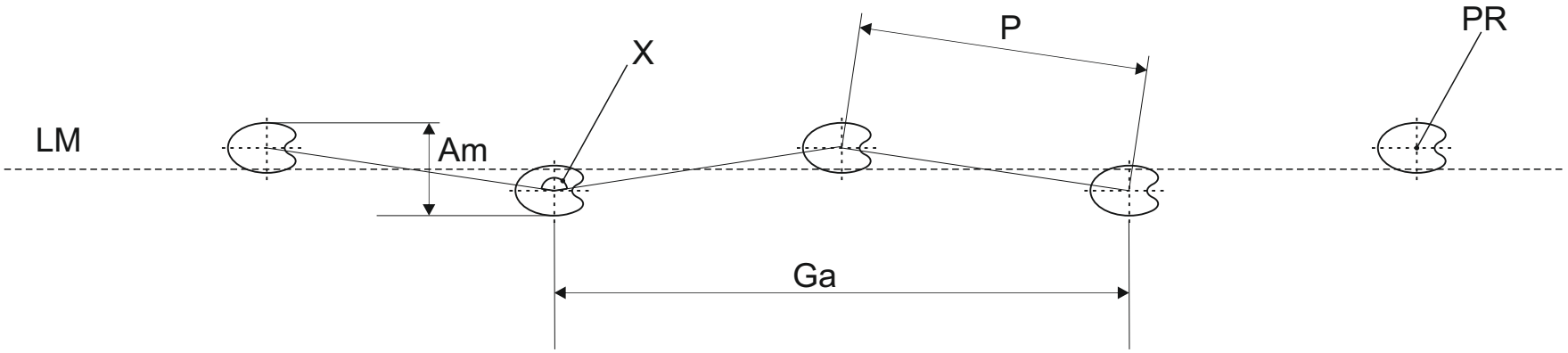
Traces d'icnites identificades.

Classificació dels rastres per tipologia.



Mitjanes Rastres

Traça	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
A1	**43,73**	**16,83**	**152**	**83,75**
A2	**53,47**	**10,67**	**170**	**103,55**
A3	**40,20**	**11,48**	**164**	**80,00**
B1	**38,94**	**21,93**	**129**	**70,86**
B2	**49,80**	**18,78**	**151**	**97,30**
C1	**56,76**	**26,46**	**123**	**109,07**
C2	**52,84**	**20,00**	**140**	**108,45**
C3	**46,36**	**21,84**	**115**	**84,18**
D1	**35,47**	**18,81**	**117**	**67,12**
D2	**40,82**	**18,83**	**129**	**73,30**
E1	**65,12**	**35,19**	**127**	**120,43**
E2	**69,36**	**70,98**	**142**	**132,25**
E3	**67,52**	**30,37**	**139**	**127,46**
E4	**58,64**	**28,20**	**135**	**107,53**
F1	**53,78**	**41,12**	**92**	**76,48**



Llegenda:

PR Punt de Referència

LM Línia Mitjana

Ga Gambada

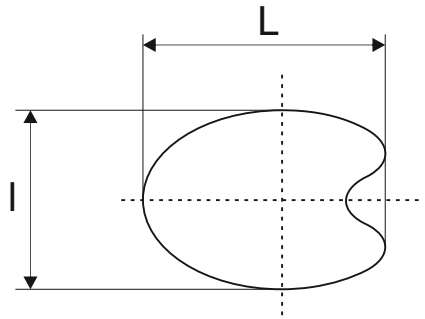
P Pas

Am Amplada de la Pista

L Llargada de la Icnita

l Amplada de la Icnita

X Angle de pas



MESURES DE LES MAGNITUDS DE LES DIFERENTS ICNITES I RASTRES

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
A1	1 – 2	42,9	11,6
A1	2 – 3	41,7	11,4
A1	3 – 4	46,6	9,5
A1	4 – 5		
A1	5 – 6		
A1	6 – 7		
A1	7 – 8		
A1	8 – 9		
A1	9 – 10		
A1	10 – 11		
A1	11 – 12		
Mitjana		43,7	10,8

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
A1	1 – 3	149,4	81,4
A1	2 – 4	155,0	86,1
A1	3 – 5		
A1	4 – 6		
A1	5 – 7		
A1	6 – 8		
A1	7 – 9		
A1	8 – 10		
A1	9 – 11		
A1	10 – 12		
Mitjana		152,2	83,8

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
A2	1 – 2	55,7	5,0
A2	2 – 3	47,5	5,2
A2	3 – 4	57,2	3,8
A2	4 – 5		
A2	5 – 6		
A2	6 – 7		
A2	7 – 8		
A2	8 – 9		
A2	9 – 10		
A2	10 – 11		
A2	11 – 12		
Mitjana		53,5	4,7

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
A2	1 – 3	168,6	102,7
A2	2 – 4	172,3	104,4
A2	3 – 5		
A2	4 – 6		
A2	5 – 7		
A2	6 – 8		
A2	7 – 9		
A2	8 – 10		
A2	9 – 11		
A2	10 – 12		
Mitjana		170,5	103,6

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
A3	1 – 2	41,4	5,3
A3	2 – 3	41,4	4,4
A3	3 – 4	45,1	6,6
A3	4 – 5	35,6	5,3
A3	5 – 6	40,9	4,8
A3	6 – 7	36,8	6,5
A3	7 – 8		
A3	8 – 9		
A3	9 – 10		
A3	10 – 11		
A3	11 – 12		
Mitjana		40,2	5,5

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
A3	1 – 3	167,9	82,3
A3	2 – 4	162,3	85,5
A3	3 – 5	164,5	79,9
A3	4 – 6	163,9	75,8
A3	5 – 7	161,3	76,5
A3	6 – 8		
A3	7 – 9		
A3	8 – 10		
A3	9 – 11		
A3	10 – 12		
Mitjana		164,0	80,0

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
B1	1 – 2	32,9	15,1
B1	2 – 3	48,1	14,0
B1	3 – 4	34,2	22,6
B1	4 – 5	34,2	16,6
B1	5 – 6	46,6	16,6
B1	6 – 7	25,6	14,1
B1	7 – 8	49,5	14,1
B1	8 – 9	40,0	14,8
B1	9 – 10	39,4	15,5
B1	10 – 11		
B1	11 – 12		
Mitjana		38,9	15,9

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
B1	1 – 3	138,1	75,8
B1	2 – 4	110,5	68,0
B1	3 – 5	121,8	59,8
B1	4 – 6	129,7	72,9
B1	5 – 7	128,6	65,2
B1	6 – 8	130,6	68,9
B1	7 – 9	140,8	84,4
B1	8 – 10	132,9	71,9
B1	9 – 11		
B1	10 – 12		
Mitjana		129,1	70,9

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
B2	**1 – 2**	54,8	16,4
B2	**2 – 3**	35,8	18,2
B2	**3 – 4**	57,9	11,0
B2	**4 – 5**	45,1	9,1
B2	**5 – 6**	63,7	16,3
B2	**6 – 7**	40,9	12,7
B2	**7 – 8**	61,8	8,3
B2	**8 – 9**	38,4	10,2
B2	**9 – 10**		
B2	**10 – 11**		
B2	**11 – 12**		
Mitjana		**49,8**	**12,8**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
B2	**1 – 3**	135,6	84,2
B2	**2 – 4**	151,6	91,0
B2	**3 – 5**	159,4	101,5
B2	**4 – 6**	144,1	103,7
B2	**5 – 7**	150,5	101,3
B2	**6 – 8**	160,7	101,4
B2	**7 – 9**	155,1	98,0
B2	**8 – 10**		
B2	**9 – 11**		
B2	**10 – 12**		
Mitjana		**151,0**	**97,3**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
C1	**1 – 2**	36,9	19,9
C1	**2 – 3**	76,7	12,8
C1	**3 – 4**	26,3	15,0
C1	**4 – 5**	101,2	18,2
C1	**5 – 6**	30,4	21,1
C1	**6 – 7**	83,6	16,3
C1	**7 – 8**	33,6	22,7
C1	**8 – 9**	73,7	24,8
C1	**9 – 10**	31,5	24,2
C1	**10 – 11**	108,5	28,5
C1	**11 – 12**	22,0	21,6
Mitjana		**56,8**	**20,5**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
C1	**1 – 3**	149,4	109,9
C1	**2 – 4**	135,7	97,2
C1	**3 – 5**	126,2	118,5
C1	**4 – 6**	136,0	131,1
C1	**5 – 7**	142,5	116,5
C1	**6 – 8**	121,7	105,2
C1	**7 – 9**	111,3	91,6
C1	**8 – 10**	112,0	90,5
C1	**9 – 11**	103,0	119,6
C1	**10 – 12**	89,6	110,6
Mitjana		**122,7**	**109,1**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
C2	**1 – 2**	30,5	13,8
C2	**2 – 3**	78,7	13,9
C2	**3 – 4**	28,7	15,3
C2	**4 – 5**	99,8	14,8
C2	**5 – 6**	29,3	10,6
C2	**6 – 7**	76,6	12,8
C2	**7 – 8**	26,3	16,8
C2	**8 – 9**		
C2	**9 – 10**		
C2	**10 – 11**		
C2	**11 – 12**		
Mitjana		**52,8**	**14,0**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
C2	**1 – 3**	142,7	104,6
C2	**2 – 4**	134,0	99,1
C2	**3 – 5**	137,8	121,0
C2	**4 – 6**	152,6	126,6
C2	**5 – 7**	144,6	101,9
C2	**6 – 8**	130,8	97,5
C2	**7 – 9**		
C2	**8 – 10**		
C2	**9 – 11**		
C2	**10 – 12**		
Mitjana		**140,4**	**108,5**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
C3	**1 – 2**	4,1	18,9
C3	**2 – 3**	71,0	19,1
C3	**3 – 4**	24,4	18,6
C3	**4 – 5**	77,2	17,6
C3	**5 – 6**	10,4	11,3
C3	**6 – 7**	84,0	8,6
C3	**7 – 8**	16,4	13,9
C3	**8 – 9**	98,4	15,2
C3	**9 – 10**	31,3	19,4
C3	**10 – 11**		
C3	**11 – 12**		
Mitjana		**46,4**	**15,8**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
C3	**1 – 3**	126,7	93,0
C3	**2 – 4**	115,6	4,5
C3	**3 – 5**	121,0	92,3
C3	**4 – 6**	95,8	79,0
C3	**5 – 7**	114,0	88,8
C3	**6 – 8**	112,5	91,5
C3	**7 – 9**	104,6	103,3
C3	**8 – 10**	130,2	121,0
C3	**9 – 11**		
C3	**10 – 12**		
Mitjana		**115,1**	**84,2**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
D1	**1 – 2**	14,4	14,7
D1	**2 – 3**	48,5	13,8
D1	**3 – 4**	18,5	15,2
D1	**4 – 5**	65,2	16,5
D1	**5 – 6**	14,8	11,1
D1	**6 – 7**	63,5	8,1
D1	**7 – 8**	16,9	13,1
D1	**8 – 9**	61,9	11,9
D1	**9 – 10**	16,4	10,7
D1	**10 – 11**	52,2	11,5
D1	**11 – 12**	17,9	14,3
Mitjana		**35,5**	**12,8**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
D1	**1 – 3**	91,3	50,9
D1	**2 – 4**	106,5	56,6
D1	**3 – 5**	102,5	71,5
D1	**4 – 6**	122,8	74,3
D1	**5 – 7**	138,8	75,4
D1	**6 – 8**	117,2	72,8
D1	**7 – 9**	123,6	72,6
D1	**8 – 10**	129,4	73,4
D1	**9 – 11**	122,8	62,7
D1	**10 – 12**	111,2	61,0
Mitjana		**116,6**	**67,1**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
D2	**1 – 2**	66,6	13,2
D2	**2 – 3**	20,2	11,0
D2	**3 – 4**	54,7	10,0
D2	**4 – 5**	20,6	15,4
D2	**5 – 6**	58,6	16,5
D2	**6 – 7**	24,2	10,9
D2	**7 – 8**		
D2	**8 – 9**		
D2	**9 – 10**		
D2	**10 – 11**		
D2	**11 – 12**		
Mitjana		**40,8**	**12,8**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
D2	**1 – 3**	137,7	82,7
D2	**2 – 4**	139,8	71,4
D2	**3 – 5**	113,7	65,4
D2	**4 – 6**	108,5	67,7
D2	**5 – 7**	143,3	79,3
D2	**6 – 8**		
D2	**7 – 9**		
D2	**8 – 10**		
D2	**9 – 11**		
D2	**10 – 12**		
Mitjana		**128,6**	**73,3**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
E1	**1 – 2**	46,5	27,7
E1	**2 – 3**	78,3	25,6
E1	**3 – 4**	50,0	27,7
E1	**4 – 5**	71,1	36,2
E1	**5 – 6**	55,3	32,6
E1	**6 – 7**	78,2	22,9
E1	**7 – 8**	66,3	26,3
E1	**8 – 9**	70,6	32,5
E1	**9 – 10**	69,8	31,2
E1	**10 – 11**		
E1	**11 – 12**		
Mitjana		**65,1**	**29,2**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
E1	**1 – 3**	129,8	116,4
E1	**2 – 4**	131,4	125,4
E1	**3 – 5**	111,7	107,9
E1	**4 – 6**	116,5	107,8
E1	**5 – 7**	138,4	125,1
E1	**6 – 8**	137,0	134,5
E1	**7 – 9**	123,3	120,5
E1	**8 – 10**	127,3	125,8
E1	**9 – 11**		
E1	**10 – 12**		
Mitjana		**126,9**	**120,4**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
E2	**1 – 2**	63,4	25,5
E2	**2 – 3**	74,4	232,0
E2	**3 – 4**	69,5	23,0
E2	**4 – 5**	68,1	23,2
E2	**5 – 6**	71,4	21,2
E2	**6 – 7**		
E2	**7 – 8**		
E2	**8 – 9**		
E2	**9 – 10**		
E2	**10 – 11**		
E2	**11 – 12**		
Mitjana		**69,4**	**65,0**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
E2	**1 – 3**	140,5	130,4
E2	**2 – 4**	142,6	136,3
E2	**3 – 5**	140,5	129,5
E2	**4 – 6**	144,6	132,8
E2	**5 – 7**		
E2	**6 – 8**		
E2	**7 – 9**		
E2	**8 – 10**		
E2	**9 – 11**		
E2	**10 – 12**		
Mitjana		**142,1**	**132,3**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
E3	**1 – 2**	63,0	30,8
E3	**2 – 3**	56,7	32,3
E3	**3 – 4**	69,6	27,2
E3	**4 – 5**	67,4	23,0
E3	**5 – 6**	67,2	14,0
E3	**6 – 7**	75,2	14,6
E3	**7 – 8**	79,2	27,3
E3	**8 – 9**	71,3	23,1
E3	**9 – 10**	58,1	27,0
E3	**10 – 11**		
E3	**11 – 12**		
Mitjana		**67,5**	**24,4**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
E3	**1 – 3**	114,3	100,6
E3	**2 – 4**	128,3	113,8
E3	**3 – 5**	140,8	129,1
E3	**4 – 6**	156,2	131,7
E3	**5 – 7**	157,0	139,5
E3	**6 – 8**	138,5	144,3
E3	**7 – 9**	144,1	143,2
E3	**8 – 10**	130,1	117,5
E3	**9 – 11**		
E3	**10 – 12**		
Mitjana		**138,7**	**127,5**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
E4	**1 – 2**	67,9	23,7
E4	**2 – 3**	58,1	25,2
E4	**3 – 4**	61,5	19,4
E4	**4 – 5**	58,7	20,7
E4	**5 – 6**	47,4	20,7
E4	**6 – 7**	57,8	20,9
E4	**7 – 8**	61,7	22,3
E4	**8 – 9**	56,0	24,7
E4	**9 – 10**		
E4	**10 – 11**		
E4	**11 – 12**		
Mitjana		**58,6**	**22,2**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
E4	**1 – 3**	132,5	115,4
E4	**2 – 4**	142,0	113,1
E4	**3 – 5**	140,0	113,0
E4	**4 – 6**	133,3	97,5
E4	**5 – 7**	132,6	96,2
E4	**6 – 8**	136,1	110,7
E4	**7 – 9**	130,3	106,8
E4	**8 – 10**		
E4	**9 – 11**		
E4	**10 – 12**		
Mitjana		**135,3**	**107,5**

Rastre	Icnita/Icnita	Pas (P) cm	Ample Rastre (Am) cm
F1	**1 – 2**	62,4	34,8
F1	**2 – 3**	46,5	34,3
F1	**3 – 4**	58,5	35,7
F1	**4 – 5**	45,2	38,3
F1	**5 – 6**	64,3	37,3
F1	**6 – 7**	40,2	33,2
F1	**7 – 8**	56,1	32,1
F1	**8 – 9**	44,0	33,2
F1	**9 – 10**	66,8	37,2
F1	**10 – 11**		
F1	**11 – 12**		
Mitjana		**53,8**	**35,1**

Rastre	Icnita/Icnita	Angle de pas (X) graus	Gambada (Ga) cm
F1	**1 – 3**	99,2	83,4
F1	**2 – 4**	92,4	76,0
F1	**3 – 5**	81,0	68,1
F1	**4 – 6**	89,4	78,2
F1	**5 – 7**	93,2	77,7
F1	**6 – 8**	93,4	72,6
F1	**7 – 9**	96,1	76,5
F1	**8 – 10**	89,0	79,3
F1	**9 – 11**		
F1	**10 – 12**		
Mitjana		**91,7**	**76,5**

Imatge escalada per a poder mesurar fidelment la superfície i distàncies entre punts.

©byNil