

4. MÈTODES I RESULTATS PARCIAIS D'AQUESTA RECERCA

En un treball recent (Roberts, Meadows i Dodson, 2001) s'explicava com l'estudi del medi ambient mediterrani dels darrers anys s'havia realitzat a partir de quatre temes fonamentals: la biogeografia històrica, el canvi climàtic, la representació cultural i el futur mediambiental de les regions mediterrànies. En aquesta tesi s'aborden aspectes que es poden relacionar amb tots quatre plantejaments, per altra banda clarament interrelacionats. I per tant, cal preguntar-se sobre quines són les tècniques que permeten fer aproximacions a temàtiques tant diverses, si bé d'entrada ja es pot deduir que no és qüestió d'una única disciplina, ni tampoc d'una única tècnica. La pluridisciplinarietat regnant en els equips que treballen aquests temes no exclou la interdisciplinarietat com una manera de relacionar-se amb d'altres disciplines, per altra banda característica que hauria de ser pròpia del treball dels geògrafs (Bertrand i Bertrand, 2002). Si bé és cert que la crítica en la integració de les diferents especialitats sovint ha vingut donada pel fet que l'aposta per la pluridisciplinarietat ha estat més fictícia que no pas real.¹ I és que en els estudis sobre geohistòria ambiental tal i com explica Bernard Davasse no es pot menystenir cap informació ni cap camp d'anàlisi.² El plantejaments metodològics d'aquesta

¹ En aquesta sentit per exemple s'expressava Lucie Chabal (1997:9): "Quels que soient les acteurs de la recherche, la seule erreur serait de juxtaposer les interprétations archéologiques, historiques ou paléoécologiques, sous le prétexte qu'elles répondraient à des questions distinctes. Or, on ne peut plus, dans l'état actuel des connaissances, prétendre à la dualité transformations de l'environnement/histoire des sociétés. L'irréductible séparation des compétences ne signifie pas la séparation des questionnements (...) Pour comprendre les causes des évolutions objectivées par la paléoécologie, on interroge souvent les traces archéologiques des activités humaines. Mais si la confrontation des causes et de effets n'est pas bilatérale, si on ne croise pas ces questions de façon symétrique, on court le risque d'interprétations erronées et, qui plus est, verrouillées pour longtemps. Ainsi, souvent le paléoécologue ne tient pas précisément compte des acquis concernant l'avancement des techniques, le peuplement, l'économie ou les courants culturels pour une période ou une région".

² Segons Bernard Davasse (2000: 11): "l'un des objectifs des recherches sur l'histoire de l'environnement est de situer les évolutions contemporaines, rapides et complexes (déforestations ou au contraire enrichissement et reboisement, modifications climatiques, érosion de sols, risques naturels, etc.) dans un contexte historique dont le rôle explicatif est fondamental. D'emblée se pose le problème du choix des échelles et des articulations entre les différents niveaux d'échelles, aussi bien dans l'espace que dans le temps. Il faut aussi retenir des angles de vue, le regard de l'écologue n'étant pas celui de l'historien ou du géographe. Les choix méthodologiques ne sont pas des choix neutres!".

tesi neixen de la necessària relació entre la natura i la societat i per això busquen explicacions complementàries en cadascun d'aquests camps.

4.1 Àrea d'estudi i justificació de les tècniques empleades.

Una característica fonamental dels diferents treballs apareguts en els darrers anys sobre geohistòria ambiental ha estat la reivindicació d'investigar un mateix objecte d'estudi -en aquest cas el paisatge- a partir de diferents tècniques de tipus paleobotànic i documental (Riera i Esteban, 1997a). Per tant, a l'estudi de la vegetació hom s'hi pot aproximar, lògicament, des de les ciències naturals (registres paleobotànics) però també des de les ciències humanes (registres documentals). De fet, per a una millor comprensió de la història vegetal quantes més se n'utilitzin millor, ja que el fet d'utilitzar-ne una no exclou les altres.³ El principal problema a l'hora d'usar registres documentals i paleobotànics ve provocat pel fet de la variabilitat de les escales temporals, ja que les fonts documentals quant més es retrocedeixi en el temps -si existeixen- més valor i precisió perden i llavors les interpretacions s'han de fer sobretot a partir de tècniques paleobotàniques. Per contra, a mesura que s'arriba a l'actualitat les fonts documentals guanyen valor i precisió mentre que els registres paleobotànics poden perdre fiabilitat, sobretot si es treballa amb datacions de ¹⁴C o a baixa resolució. Igualment, la dificultat d'aplicar determinades metodologies d'estudi vindrà donada pel fet que moltes vegades hi ha tècniques que no es poden emprar precisament per motius tècnics (no hi ha on aplicar-les), o motius econòmics (les despeses d'aplicació són superiors als beneficis). Aplicar més d'una tècnica tampoc no és garantia de complementarietat, ja que de vegades les informacions que aporten són de moments temporals diferents (Davasse, 2000). Així si es busca interpretar un llarg període temporal cal combinar l'ús de diferents informacions en busca de la complementarietat. Després de la Memòria de Recerca els plantejaments metodològics a partir del pol·len, la dendrocronologia i l'estudi de les fonts documentals s'havien mostrat com uns indicadors vàlids per a l'estudi de la dinàmica forestal i l'evolució del paisatge vegetal (Pèlach, 2000). Per tant, la intenció inicial va ser continuar amb aquestes tècniques i ampliar-les en la mesura del possible.⁴ Sovint l'ús d'unes tècniques necessita el complement d'altres

³ Són diversos els estudis on es valora positivament aquesta complementarietat de fonts paleobotàniques i documentals. En aquest sentit mencionar el valor que des de la pal·linologia (Esteban, Miret, Miret i Muro, 1992; Riera i Esteban, 1994 i 1997b; Galop, 2000; Palet i Riera, 1997), l'antracologia (Davasse, 2000; Montanari *et alii*, 2002) i la dendrologia (Pérez, 1995) es dona al document per tal de contextualitzar el paisatge i els processos que en ell s'hi donen (Gordi, Boada, Pintó i Vilar, 1993). També s'ha valorat positivament la relació entre la palinologia i l'antracologia (Aira, Criado i Díaz, 1992; Chabal, 1997; Davasse i Galop, 1989), o entre aquestes dues fonts paleobotàniques i l'arqueologia material del carbó i dels llocs pasturats (Dubois, 2002a, 2002b; Davasse, Galop i Rendu, 1997; Galop, 2002b; Galop, Vannièrre i Fontugne, 2002), etc.

⁴ En l'actualitat hi ha una gran varietat de tècniques per a l'estudi dels registres naturals terrestres i marins amb aplicacions ambientals (Lowe i Walker, 1997).

metodologies, per exemple, l'estudi del pol·len ha d'anar acompanyat d'una descripció sedimentològica, de la mateixa manera que també és necessari identificar macrorestes vegetals, o microcarbons vegetals, etc. Igualment determinats mètodes requereixen passos intermedis a partir de resultats parcials per avançar, si es continua amb l'exemple del pol·len és evident que algunes decisions no es poden prendre fins que no s'ha fet l'anàlisi sedimentològica, o bé es tenen datacions de ^{14}C , etc. És per tots aquests motius que el desenvolupament metodològic s'ha proposat com un procés en el que es combinen tècniques diferents i resultats parcials. Tot plegat serà la base sobre la que es construiran els resultats de la tesi.

Un altre factor a tenir en compte és que si bé l'àrea d'estudi ha quedat definida per les forests estudiades, la major part de les tècniques paleobotàniques s'han aplicat sobre àmbits concrets d'aquest territori donada la impossibilitat de fer-ho a tots els llocs (Mapa 4.1). I per tant, la informació que aporten no sempre és extrapolable a la resta de l'àmbit estudiat. Per això, cal justificar el motiu pel qual s'ha escollit uns llocs i no uns altres, si bé d'entrada es pot dir que s'han buscat llocs representatius de la relació entre la societat i el medi forestal de les diferents activitats que es donen a muntanya:

1) L'anàlisi pol·línica s'ha dut a terme a l'Estany de Burg. L'elecció d'aquest espai ve condicionada per la disponibilitat de material paleolacustre amb un registre sedimentari de llarga profunditat. La seva baixa altitud respecte d'altres dipòsits regionals (únicament 1.821 metres) li confereix una representativitat que abarca des de la part més elevada de la Coma de Burg (Pic de Màniga, 2.515 metres) fins al fons de vall a Tírvia (900 metres aprox). I això converteix l'estany en un excel·lent testimoni de les diferents activitats que es donen al llarg d'un ampli transecte altitudinal. Precisament, una de les principals virtuts de l'estany és la seva mida, ja que en ser poc extensa, permet ser un excel·lent captador de la dinàmica vegetal més propera i representatiu de la Coma de Burg i per tant de totes les activitats que en un moment o altre s'hi hagin pogut desenvolupar. A més, de tota la zona d'estudi és el territori que millor representa l'activitat agrícola (Matamala, 2003; Pèlachs, 2000).

2) L'anàlisi antracològica als boscos de Virós. L'estudi de les restes vegetals carbonitzades (antracologia) s'ha pensat directament en relació a l'activitat metal·lúrgica. Per aquest motiu l'estudi s'ha plantejat a partir de les restes de carbó trobades en les carboneres, és a dir, en aquells espais destinats a la transformació de la fusta en carbó vegetal. L'elecció dels boscos de Virós però, no ve tant pel fet de que s'hi hagi trobat carboneres, ja que d'aquestes se'n podria trobar una mica per totes bandes, sinó pel fet que és l'espai on es localitzen les principals mines de ferro explotades a la zona d'estudi. Un procés de transformació del mineral de ferro que algunes fonts apuntaven com antic (Davasse, 2000) i que per tant, havia de servir per assegurar una llarga reconstrucció històrica dels usos de fusta associats a la producció de carbó vegetal. A més, inicialment la disponibilitat de ferro era un factor molt més valorat que no pas la fusta i d'aquí que el bosc de Virós es pensés com un àmbit molt més

sensible als diferents processos d'especialització metal·lúrgica que al llarg de la història s'han donat a la vall.

3) L'anàlisi dendrocronològica als boscos de Virós i a la Ribalera. Des d'un punt de vista de la història forestal conèixer fins a quin punt les masses forestals són antigues (en la mesura del possible madures), és un fenomen que s'ha volgut analitzar a partir de conèixer l'edat del bosc. S'han escollit dos boscos per dur a terme aquesta feina: els boscos de Virós i la Ribalera. El motiu d'haver-los triat respon a diversos criteris:

a) En l'actualitat són boscos amb una important coberta arbòria.

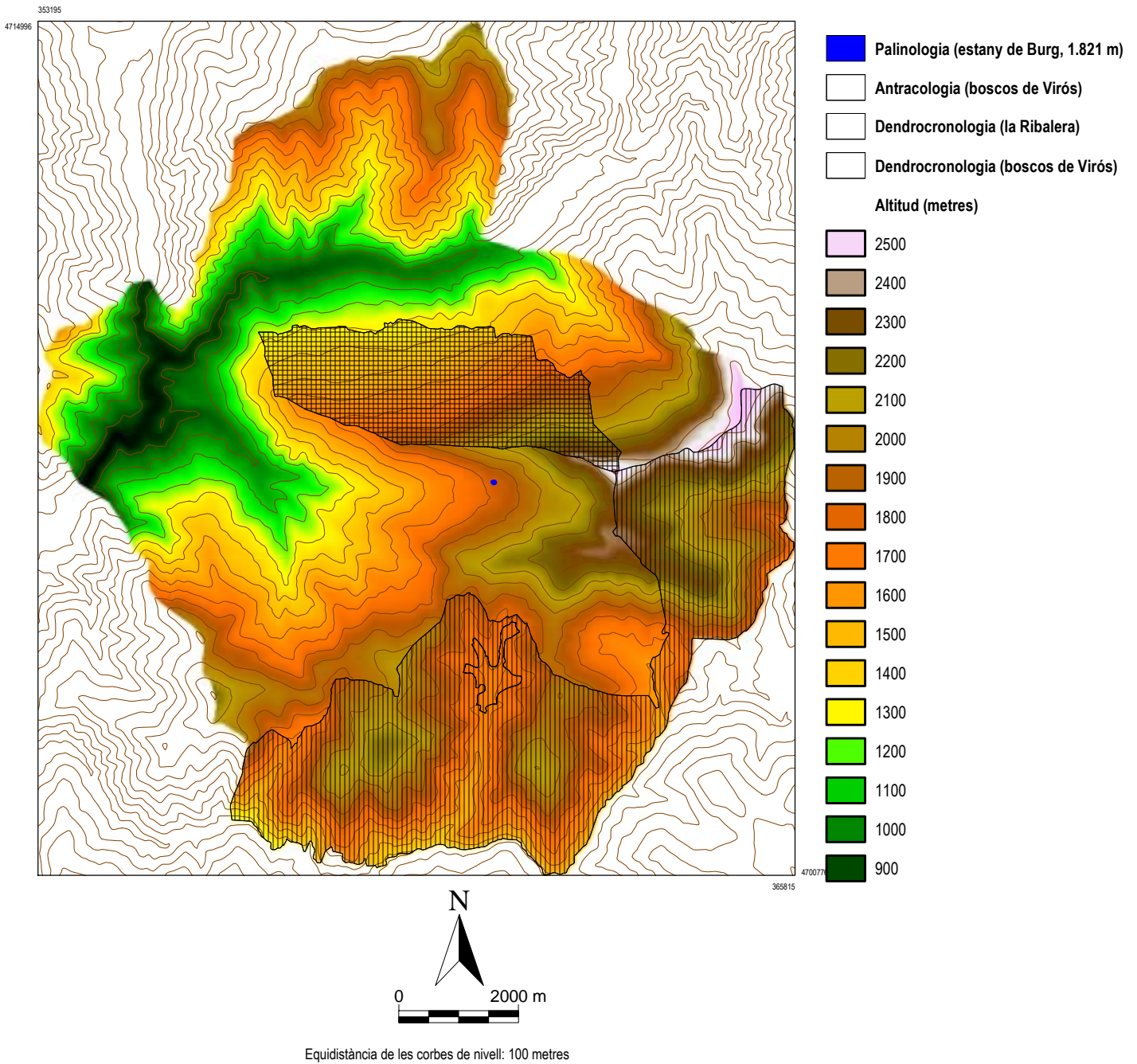
b) Tradicionalment han estat boscos amb una forta capacitat productora de fusta que han estat aprofitades per les poblacions propietàries i això hauria de permetre veure fins a quin punt la seva gestió silvícola ha condicionat el seu estat actual. A més, entre elles també són diferents ja que els propietaris de la Ribalera són tres entitats de població mentre que cada part de Virós només depèn d'una.

c) Són boscos en els que hi ha representades les principals espècies arbòries de tot l'àmbit d'estudi (*Pinus sylvestris* i *Pinus uncinata*) però també aquelles altres més sensibles a determinats processos de canvi (*Betula* sp., *Abies alba* i *Fagus sylvatica*).

Per contra, l'anàlisi de les fonts documentals (escrites, gràfiques i orals) ha estat possible dur-la a terme a tot l'àmbit d'estudi, si bé no sempre la informació s'ha repartit d'igual manera. I és que algunes parts de l'àmbit estudiat han estat centre d'especial atenció de les fonts documentals escrites i gràfiques, generalment com a conseqüència de les disputes pels diferents valors naturals. Un cas paradigmàtic d'aquests conflictes i de la informació generada és la Ribalera (Bringué, 1995; Gras, 2000; Pèlach, 2000).

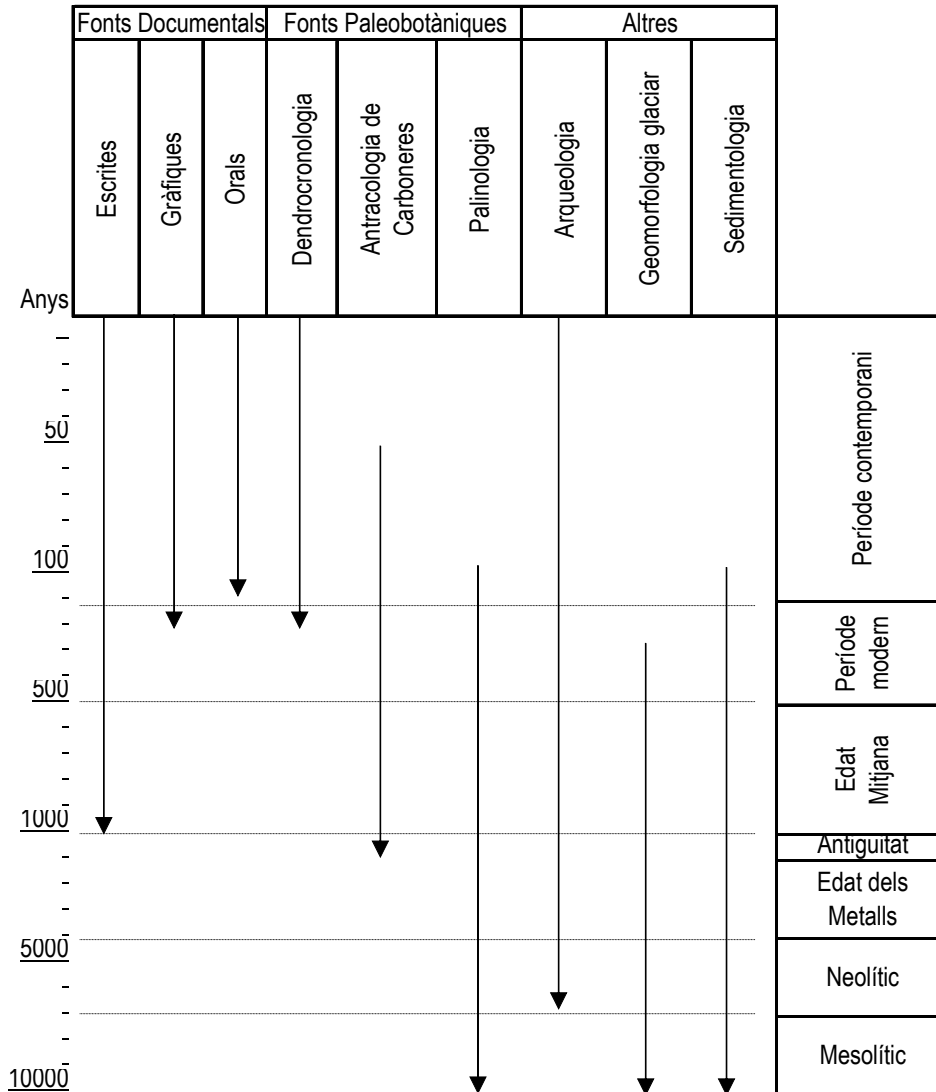
És el moment d'explicar el protocol seguit per aplicar cadascuna d'aquestes metodologies i justificar les feines realitzades en base als objectius perseguits. La presentació es fa seguint un ordre cronològic de més antic a més modern i si bé cada metodologia es presenta com una recerca en sí mateixa està pensada, com ja s'ha dit, com una aproximació a la geohistòria ambiental general que s'explicarà posteriorment. En la Figura 4.1 es poden veure algunes de les tècniques i metodologies que d'una manera més directa o tangencial es mencionaran en el decurs d'aquesta tesi. Cal observar que la representació de l'escala temporal augmenta a mesura que es retrocedeix en el temps i que en la figura només s'ha esquematitzat aquesta evolució.

Mapa 4.1 Localització de les tècniques paleobotàniques emprades en aquesta tesi



Font. Elaboració pròpia i programa Miramon a partir del Model Digital d'Elevacions i de la cartografia digital del Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya (2003).

Figura 4.1 Metodologies i temps històrics usats a la tesi



Font. Elaboració pròpia

4.2 La palinologia: l'estany de Burg

Els treballs a l'estany de Burg es van iniciar l'any 1998 en una recerca coordinada des del Centre d'Art i Natura de Farrera (CANF) i dirigida pel Dr. Agustí Esteban Amat, sota el títol: "l'impacte de les activitats metal·lúrgiques sobre els boscos de la Vallferrera a partir de l'anàlisi pol·línica", que va gaudir d'una subvenció en el marc dels "Ajuts per al Desenvolupament de Projectes de Recerca d'abast Comarcal" (ACOM) (1998ACOM 00037). Aquest ajut va servir per fer una primera prospecció geològica a l'estany i extreure un primer paquet de material paleolacustre. A partir de llavors, i en el marc del conveni de col·laboració entre el CANF i la Universitat Autònoma de Barcelona, l'equip d'investigació GRAMP dirigit pel Dr. Antoni Francesc Tulla Pujol (del departament de Geografia) s'ha fet

càrrec del finançament de totes les feines realitzades i que es van derivar d'aquesta primera acció (anàlisi i tractament físico-químic de les mostres) i de les posteriors feines que s'hi han dut a terme (sondeigs geoelectrics, segona extracció de sediments, datacions de ^{14}C , etc).⁵

Les plantes produeixen durant el seu cicle reproductiu una gran quantitat de pól·lens i espores (d'ara en endavant només *pól·lens*)⁶ que en general s'emeten a l'atmosfera, la major part d'aquests pól·lens es dipositen a la superfície i passen a formar part del sediment. Ara bé, si un gra de pol·len es diposita en un ambient reductor, és a dir amb unes bones condicions anaeròbiques (un estany, una torbera, etc.)⁷ es pot conservar un llarg període de temps (milers d'anys) gràcies a la resistència de la seva membrana exterior o exina, composta principalment per esporopolinina, una substància molt resistent a les agressions químiques a excepció de l'oxidació.⁸ La palinologia té com a objectiu l'estudi d'aquests grans de pol·len. I segons Santiago Riera i Agustí Esteban (1997a: 82) es basa en "els principis següents:

- a) La llarga conservació dels grans de pol·len i espores en medis reductors.
- b) Principi estratigràfic de la sedimentació pol·línica.
- c) Existència d'una diversitat morfològica dels grans de pol·len que permet determinar el taxó vegetal que l'ha produïda.
- d) La conservació de grans quantitats d'espormorfs en llacs i torberes permet dur a terme un treball quantitatiu.
- e) Possibilitat d'establir l'edat de formació d'un nivell sedimentari a partir de mètodes de datació radiomètrics".

A l'hora d'estudiar qualsevol registre que contingui pol·len és molt important conèixer quines són les vies d'arribada dels diferents taxons, i és que segons S. Riera i A. Esteban (1993) en un gran número d'espècies vegetals és necessari un vector de transport perquè el pol·len arribi a complir el seu paper reproductor (si es deixen de banda d'altres mètodes de reproducció de les plantes com el partenocàrpic o l'autogàmic). Es parlarà així de taxons anemògams quan el transport es realitzi pel vent, entomògams si la dispersió l'efectuen insectes i/o hidrògams si qui realitza la dispersió és l'aigua.

⁵ Els dos projectes que han servit per finançar aquestes accions han estat: "Análisis y gestión del territorio. Usos del suelo, paisaje y desarrollo sostenible en espacios naturales protegidos" (PB97-0197) i "Usos del suelo, paisaje y desarrollo sostenible en espacios rurales de montaña. Reconstrucción paleoambiental y prospectiva del paisaje" (REN2001-1896/GLO).

⁶ Tal i com expliquen S. Riera i A. Esteban (1993: 221) "Los granos de polen son engendrados en las anteras de los estambres florales, teniendo un papel de gametófitos masculinos que fecundarán el aparato femenino; las esporas, por su parte, representan la fase de dispersión de las criptógamas".

⁷ Segons M. Dupré (1992: 4): "al principio, la aplicación del análisis polínico se limitó a los medios turbosos, pero el perfeccionamiento de la técnica permite hoy obtener resultados a partir de sedimentos secos que, aunque menos ricos en polen, pueden proporcionar datos para zonas en las que escasen los ambientes húmedos"

⁸ Per a més informació sobre aquest tema veure M. Dupré (1992) i A. Esteban (2003).

Aquestes característiques condueixen de ple al tema metodològic en les anàlisis pol·líniques (Dupré, 1992; Carrión *et alii*, 2000; Furundarena i Jiménez, 1998; Lowe i Walker, 1997; Moore *et alii*, 1991; Riera i Esteban, 1993 i 1997), però obliguen abans de res a reflexionar sobre les principals crítiques rebudes per la palinologia i que segons J. S. Carrión *et alii*, (2000) sempre s'han basat en:

- a) L'existència de discontinuïtats en les columnes sedimentàries, és a dir, falta de registres continus.
- b) Una determinada influència dels processos de preservació i destrucció diferencial de palinomorfs.
- c) El biaix introduït en el sistema per la societat humana i els animals, cosa que ha servit per parlar dels defectes i poques virtuts de l'anàlisi polínica en coves, en conflicte amb els arqueòlegs i sedimentòlegs.
- d) Els problemes suscitats pel moviment vertical dels palinomorfs.

De fet, la dispersió és un dels principals problemes amb els que s'enfronta la palinologia i és que els pòl·lens de les anemògames es poden traslladar molt més lluny i amb molta més gran quantitat que no pas d'altres pòl·lens "no voladors" i això pot afectar la representativitat vegetal. Per altra banda, el comportament diferent dels agents de transport segons el medi on es trobin també és una dificultat afegida que s'hauria de tenir en compte, per exemple el vent dins d'un bosc tancat circula de manera diferent a com ho faria en un espai obert, i el mateix es podria dir de l'aigua, etc. (Furundarena i Jiménez, 1998). A aquest primer problema se n'ha d'afegir un altre que és el de la deposició, és a dir, en una gran torbera o llac, hi haurà més facilitat per recollir pòl·lens que no pas en un petit estany o una cova molt condicionada pels factors naturals però també humans. I és que no s'ha d'oblidar que la base d'aquesta mena d'estudis, com ja s'ha indicat anteriorment, és la sedimentació i per tant cal anar molt alerta amb les possibles modificacions estratigràfiques, en molts casos, base de la cronologia que després servirà per interpretar els resultats. Amb això no es vol dir que els llacs no presentin problemes, ja que els sediments poden estar igualment retreballats per l'acció natural del llac o fins i tot per la fauna que hi habita (Lowe i Walker, 1997), però sembla un factor més fàcil de controlar si s'escull un dipòsit sedimentari adequat. Per aquest motiu, voluntàriament i sempre que ha estat possible s'han usat referències a llacs i torberes i s'han bandejat les interpretacions efectuades a partir de registres sedimentaris en coves, molt més complexes i difícils de fer. D'aquesta manera es vol fugir de la polèmica latent entre palinòlegs i sedimentòlegs (arqueòlegs), ja que per començar estudien coses diferents: els primers fan una reconstrucció paleoambiental dels ecosistemes i la seva evolució al llarg del temps, i els segons busquen la reconstrucció de les cultures prehistòriques i el seu esdevenir històric (cronològic). I en segon lloc treballen amb tècniques diferents (Furundarena i Jiménez, 1998). Sense voler ser taxatius (en molts llocs no hi ha més remei que analitzar coves i abrics) i davant les dificultats associades a aquests estudis (Carrión *et alii*, 2000; Furundarena i Jiménez, 1998; Isturiz i Sánchez, 1990), i si bé s'és coneixedor dels resultats de determinades excavacions per la seva

antiguitat i per la gran quantitat de variables diferents que se'n poden extreure,⁹ es centrarà l'atenció en els estudis polínics en estanys i torberes (vegeu 2.2 Algunes reflexions sobre geohistòria ambiental).

4.2.1 La localització de l'estany de Burg: primera caracterització física de l'estany

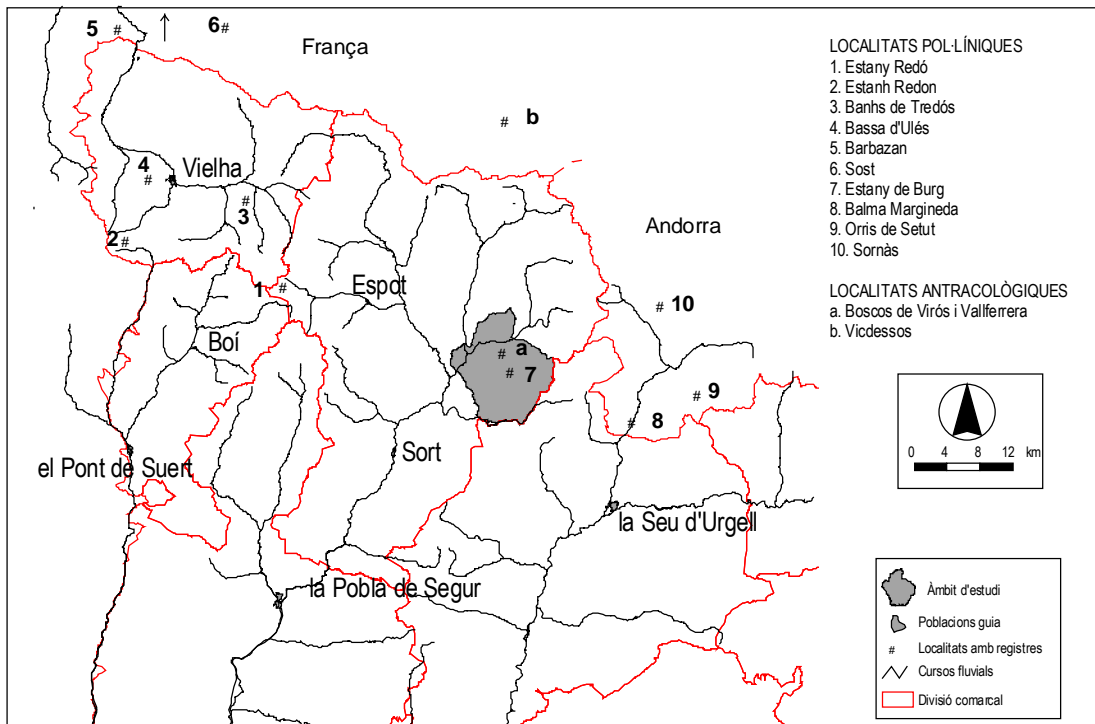
En qualsevol anàlisi paleopol·línica el primer pas és l'elecció d'un dipòsit sedimentari susceptible de ser analitzat. En aquest sentit es va dur a terme una prospecció sistemàtica de la Coma de Burg, el resultat més notable de la qual va ser la detecció d'una zona endorreica que funciona com una mullera estacional, coneguda com a *Estany de Burg* (o *Estany de la Coma de Burg*). De seguida es va poder observar com l'excepcionalitat de l'Estany de Burg radicava en la seva localització (42° 30' 18" latitud nord; 1° 18' 22" longitud est) i en la seva baixa altitud relativa (1.821 metres) respecte d'altres localitats pirinenques meridionals (Mapa 4.2).

Una primera inspecció sobre el terreny va permetre veure que es tractava d'una conca molt reduïda, si es comparava amb les grans valls glaciars veïnes (Serrat *et alii*, 1994), i que havia estat molt poc afectada per l'erosió fluvial holocènica a jutjar per la gran quantitat de dipòsits de gènesi glaciària que s'acumulaven en un espai molt reduït. Aquest conjunt de factors feien presumir certa antiguitat del dipòsit sedimentari però abans de res calia comprovar la seva potencialitat. A tal efecte l'estiu de l'any 1999 es va realitzar un primer sondeig manual, consistent a fer un forat d'un metre quadrat a pic i pala a l'estany.¹⁰ El resultat fou l'evidència d'un paquet lacustre de com a mínim 3 o 4 metres de profunditat, ja que al forat de gairebé 1,50 metres calia afegir una barra d'acer de 2 metres que s'enfonsà a l'estany gairebé sense esforç.

⁹ Vegeu per exemple alguns treballs sobre fauna al Cantàbric (Altuna, 1992) o al País Basc (Altuna i Mariezkurrena, 2001), carbons en coves basques, cantàbriques o pirinenques (Heinz, 1995 i 2002, Uzquiano, 1992, 1995, 1998, 2000); sobre el clima a "l'abric romani" de Catalunya (Burjachs i Julià, 1994), restes de llavors al País Basc, Aragó o Catalunya (Alonso i Buxó, 1995; Alonso, 2000; Zapata, 2000), pol·len de coves a l'alta vall de l'Ebre (Iriarte, 1994 i 1997), o pol·len en "cromlechs" (Marambat, 1995) o l'extens treball realitzat a la "Balma Margineda" d'Andorra que en dues fases (Guilaine i M. Martzluff, 1995; Guilaine, 1998) han recollit dades de pol·len (Leroyer, 1995 i 1998), carbons (Heinz i Vernet, 1995; Heinz i Barbaza, 1998); restes de llavors o "carpologia" (Marinval, 1995), fauna (Geddès, 1995), entre molts d'altres.

¹⁰ Aquest treball fou realitzat per Lluís Llobet (director del Centre d'Art i Natura) i l'investigador del Centre, aleshores, Agustí Esteban i jo mateix.

Mapa 4.2 Ubicació regional de localitats paleobotàniques i antracològiques



Font. Elaboració pròpia a partir d'Agustí Esteban (2003)

A tal efecte, es contractà l'empresa IGEOTEST d'Andorra la Vella, sota la direcció de Valentí Turu, amb l'objectiu d'efectuar una primera prospecció per tal d'identificar i estimar el gruix del rebliment de la cubeta sedimentària. Els treballs realitzats el 17 d'agost de l'any 1999 van consistir en una prospecció del subsòl mitjançant geofísica de superfície amb la realització de tres Sondatges Elèctrics Verticals (SEV), cadascun de 100 metres de distància màxima entre elèctrodes.¹¹ A partir de cadascun d'ells es pogueren elaborar uns perfils que denotaren una forta potencialitat de sediment susceptible de ser analitzat i una profunditat màxima fins al substrat rocós de més de 40 metres, tal i com es recull en les Taules 4.1, 4.2 i 4.3:

Taula 4.1 SEV 1 de l'estany de Burg

Capa de material	Resistivitat en ohms	Potència en metres	Fondària en metres
Graves	700	1	1
Sorres	220	2	3
Lutites	170	9	12
Till subglacial	500	14	36
Substrat rocós	1	-	-

Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (1999).

¹¹ Per a més informació sobre les característiques tècniques d'aquesta mena de treballs veure l'informe tècnic elaborat per l'empresa IGEOTEST i signat pel geòleg Valentí Turu.

Taula 4.2 SEV 2 de l'estany de Burg

Capa de material	Resistivitat en ohms	Potència en metres	Fondària en metres
Sòl	400	0,3	0,3
Graves	500	2	2,3
Sorres	220	6	8,3
Lutites	170	2	10,3
Till Subglacial	500	14	24,3
Substrat Rocós	1	-	-

Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (1999).

Taula 4.3 SEV 3 de l'estany de Burg

Capa de material	Resistivitat en ohms	Potència en metres	Fondària en metres
Graves	570	2,3	2,3
Lutites	90	16	18,3
Till subglacial	500	25	43,3
Substrat rocós	1	-	-

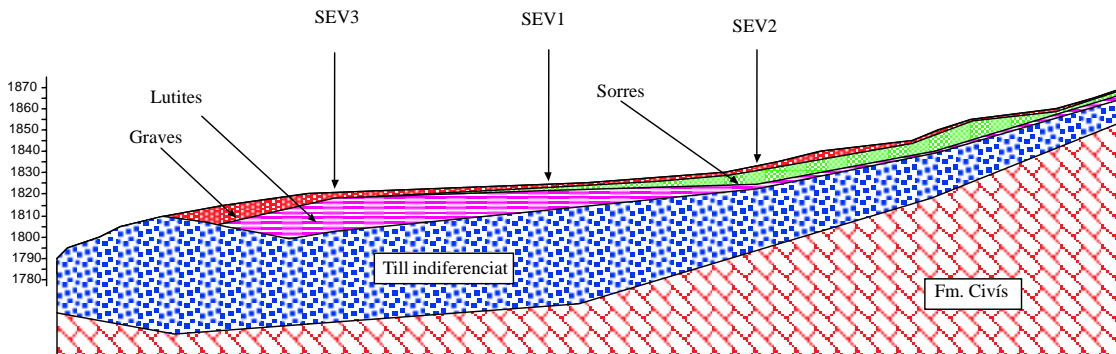
Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (1999).

La prospecció geolèctrica va servir per observar com per damunt del substrat rocós hi ha un nivell de resistivitat moderada que s'assignà a un till indiferenciat.¹² Unes resistivitats semblants a les trobades en els primers metres de sòl (700 - 500 Ω m) i que es van interpretar com a materials grollers de caire flúviorrencial. Per sota d'aquest nivell de resistivitat moderada es situaren dos llindars amb resistivitats baixes (220 - 170 Ω m) en els sondatges 1 i 2, mentre que en el sondatge 3 la resistivitat és força menor (90 Ω m). Aquestes resistivitats baixes es van relacionar amb nivells de sorres i lutites i per tant semblaven susceptibles de ser analitzats entre uns 15 i 18 metres de material aproximadament. A més, el sector que presentava més gruix de material coincidia amb la localització de l'estany, per la qual cosa es va optar per efectuar un quart SEV dins de l'estany, si bé l'excessiva quantitat d'aigua no va permetre efectuar-lo.

Amb la informació obtinguda en els Sondatges Elèctrics Verticals es va poder interpretar una secció longitudinal al sector de la cubeta reomplerta amb material detrític flúvio-torrencial. En el seu dia es va interpretar que el sòcol presentava una disposició inclinada i es trobava a una major profunditat en els sectors inferiors de la cubeta prospectada (Turu, 1999) (Figura 4.2)

¹² Segons Valentí Turu responsable del sondeig probablement de tipus subglacial.

Figura 4.2 Interpretació dels Sondatges Elèctrics Verticals (SEV)



Font. Valentí Turu (1999)

A partir de les dades d'aquest informe i d'una anàlisi geomorfològica de superfície de l'estany, s'arribà a la conclusió que es tractava d'una cubeta sedimentària d'uns 120 x 100 m, formada per obturació morrènica. El paquet de sediment lutítics, orgànics i flúvio-torrencials era d'uns 18 m de potència mitjana, i s'encaixaven en un till subglacial indiferenciat que tenia entre 14 i 25 metres; el till descansa sobre materials esquistosos de la formació Civís. Per comparació amb els propers materials andorrans de Forn de Canillo, s'estimà una edat basal mínima per al referit paquet d'entre 16.000 i 11.000 anys BP. A la vista d'aquestes característiques l'estany de Burg es mostrava com un lloc ideal per a realitzar estudis paleobiogeogràfics d'alta resolució.

4.2.2 Disseny de l'extracció de mostra

4.2.2.1 L'obtenció de mostra

El pas següent va consistir en l'obtenció de mostra per a la seva posterior anàlisi química i microscòpica.¹³ S'està d'acord amb Santiago Riera i Agustí Esteban (1993: 222) quan diuen que: "el muestreo ideal es el realizado sobre cortes vistos, ya que permiten visualizar *in extenso* la estratigrafía y evitar la contaminación". Però quan això no és possible cal usar una sonda per a l'obtenció de sediment (Montserrat, 1992) si bé és recomanable l'ús de sondes mecàniques de rotació per tal d'evitar possibles contaminacions (Riera i Esteban, 1993); d'entrada -davant la modèstia inicial del projecte- la sonda usada per a l'extracció de mostra de l'estany de Burg va ser una sonda edàfica *Eijkelkamp*, que

¹³ Segons M. Dupré (1992: 9) "este material se obtiene, la mayoría de las veces, a partir de sondeos o de cortes estratigráficos, aunque también se pueden analizar muestras sacadas de fondos de recipientes, sepulcros, cadáveres, coprolitos, etc"

és de tipus manual.¹⁴ Degut a aquest fet el mostreig abarcà únicament des de la superfície fins als 6,57 metres de profunditat davant la impossibilitat d'aprofundir més per la forta resistència mecànica que presentava el material. A més cal dir que els primers 46 cm es van descartar davant l'estat del material, fortament alterat, i les evidències de contaminació pel pastoreig de vaques a l'interior de l'estany. En total es van extreure 9 testimonis ("cores"), amb una profunditat mínima de 46 cm i una màxima de 657 cm que es van medir i etiquetar per separat. Per tal de conservar el punt de presa de mostra abans d'abandonar el sondeig es va procedir a entubar el forat amb tub de PVC de 80 mm de diàmetre exterior. La recuperació d'aquesta mostra es va catalogar com a CMB-I (Coma de Burg número 1) i serà la base de l'anàlisi pol·línica que es presenta en aquesta tesi doctoral.

4.2.2.2. El treball de laboratori I: la descripció sedimentològica i la malla de mostreig

Una vegada recollida la mostra el següent pas va consistir a escollir la malla de mostreig a analitzar. Se sap que la malla varia en funció de les característiques del dipòsit i del tipus d'estudi a realitzar,¹⁵ en aquest cas després d'analitzar una primera malla de prova, la qual serví per comprovar la gran fertilitat pol·línica del dipòsit, es decidí mostrejar el conjunt dels 9 testimonis amb una malla de precisió de 5 cm, i d'aquesta manera obtenir un total de 123 mostres. Aquesta feina es va desenvolupar al laboratori de botànica de la Universitat Autònoma de Barcelona i va comptar amb la direcció del Dr. Ramon Pérez Obiol al qual es vol agrair el seu ajut i bona predisposició vers aquesta tasca.

Com a pas previ a l'aplicació de la malla de mostreig totes les mostres es van descriure i fotografiar diverses vegades (Pèlachs, 2000). La descripció va servir per interpretar la sedimentologia de l'estany, que d'una forma esquemàtica s'ha recollit a la Figura 4.3 on es veu com la torba i els llims tenen una presència molt important en tota la seqüència. I com aquesta transició d'un ambient lacustre a un medi palustre s'acompanya d'algunes fàcies argilo-llimoses que s'intercalen en la seqüència entre els diferents sediments predominants.

Així a grans trets s'han descrit cinc episodis importants de torba:

- a) Del 46 cm al 121 cm.
- b) Del 141 cm al 161 cm.

¹⁴ Aquests feines es dugueren a terme per Valentí Turu director d'IGEOTEST i hi col·laboraren Lluís Llobet director del Centre d'Art i Natura de Farrera i el seu investigador principal Agustí Esteban, a més de Josep Bringué i Albert Bringué. En aquesta ocasió jo no hi vaig participar.

¹⁵ "Así, por ejemplo, una investigación referente a la acción humana sobre el paisaje requiere una malla más densa, ya que los impactos antrópicos pueden abarcar un corto lapso temporal. Por el contrario, en caso de sedimentos donde se han producido procesos de redeposición (bioturbación, etc.), la malla debe ser ampliada debido a una cierta homogeneización de los niveles superficiales durante su proceso de formación" (Riera i Esteban, 1993: 222).

- c) Del 166 cm al 327 cm.
- d) Del 329 cm al 350 cm.
- e) Del 401 cm al 436 cm.

Tres fases argilo-llimoses:

- a) Del 121cm al 141 cm.
- b) Del 161 cm al 166 cm.
- c) Del 327 cm al 329 cm.

La resta del paquet sedimentari són llims:

- a) Del 350 cm al 401 cm.
- b) Del 436 cm al 656 cm.

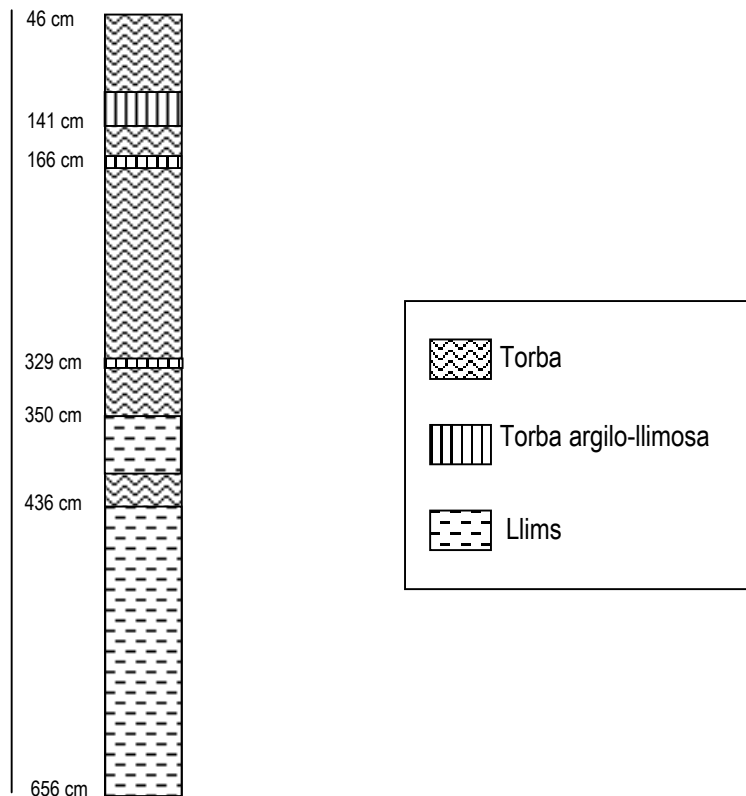
Tal i com de forma esquemàtica es mostra en la Figura 4.3.

Abans de tallar els testimonis i degut al temps que havia passat des que s'havien extret de l'estany va ser necessari fer un càlcul (una simple regla de tres) per tal de saber cada quants centímetres s'havien de tallar per equiparar la longitud actual als 5 cm originals (Pèlachs, 2000).

Durant el procés de fragmentació dels testimonis van aparèixer dos fragments de fusta a l'interior dels cores que es es van separar i guardar amb silicagel (mostra 64 i 85). Una d'aquestes macrorestes (mostra 85) va merèixer la consideració del Dr. Ramon Pérez Obiol ja que per les seves dimensions va poder ser tractada i identificada com a fusta d'abet. En una segona fase d'aquesta operació hi va haver l'intent d'extreure el DNA de la fusta per poder interpretar la seva evolució històrica, però malauradament les dimensions de la macroresta no van ser suficients per a poder realitzar les proves adients.

Una vegada separades del seu testimoni la resta de mostres van ser sotmeses a un procés de tractament físico-químic per tal d'aïllar els palinomorfs, cal tenir en compte que el tractament és bàsicament destructiu, si bé es pot complementar amb tècniques físiques (Dupré, 1992; Riera i Esteban, 1993; Galop, 1998). L'anàlisi físico-química dels testimonis es realitzà al Departament de Botànica de la Universitat Autònoma de Barcelona, entre els mesos de febrer i abril del 2000, sota el vist-i-plau del Dr. Ramon Pérez-Obiol; per tant tot el procés químic per tal de separar-ne les partícules dels grans de pol·len i espores va ser fet sota la seva supervisió. De les 123 mostres separades es va fer el tractament físico-químic de 62.

Figura 4.3 Columna sedimentària de l'estany



Font. Elaboració pròpia

4.2.2.3 El treball de laboratori II: la identificació i quantificació dels grans de pol·len

La identificació i quantificació dels palinomorfs i altres microfòssils ha estat duta a terme per Agustí Esteban Amat, segons els procediments de preparació i anàlisi de les mostres descrits abastament en la literatura científica sobre el tema (Dupré, 1992; Esteban, 1995). S'ha de comentar però, que la riquesa en palinomorfs de CMB-I és força elevada, no hi ha nivells estèrils, i que el grau de conservació dels microfòssils és molt bo, a causa de la natura de la conca de sedimentació; si bé lògicament durant el procés de comptatge han aparegut pól·lens que no s'han pogut identificar per la mala conservació del gra, aquests són mínims i per altra banda això no és dolent perquè proporcionen informació sobre el medi en què els grans de pol·len s'han transportat i dipositat (Riera i Esteban, 1993). En total s'han analitzat 53 mostres de les 72 preparades, ja que la sedimentologia i les representacions dels diferents taxons vegetals així ho aconsellaven. Al final tots els taxons s'han agrupat segons les seves afinitats ecològiques segons si eren AP (Arboreal Pollen) i NAP (Non Arboreal Pollen), si bé dins d'aquests segons s'ha fet una altra distinció per separar les plantes aquàtiques (*Myriophyllum*, *Sparganium*, *Epilobium* i *Nymphaeaceae*).

Sovint s'ha criticat aquesta fase del procés per ser altament subjectiva i en aquest sentit: "hay que señalar que el nivel taxonómico de identificación de los palinomorfos varía enormemente en función de los grupos vegetales que se consideren. Así, por ejemplo, los granos de polen pertenecientes a las *Poacea* son identificados por la mayor parte de los autores a nivel de familia, si bien puede distinguirse el tipo ("type") *Cerealia*, que abarca tanto especies cultivadas como salvajes. Por otra parte, los granos de *Thalictrum* permiten una clasificación a nivel de género, mientras que un grupo como *Plantago major / media* nos indica un nivel identificativo entre el género y la especie. En algunos casos, poco frecuentes, se ha indicado la posibilidad de identificaciones a nivel de especie (...) Precisemos, empero, que nos estamos refiriendo a la identificación en microscopio óptico (y no en microscopio electrónico de barrido), y a un grano aislado, mientras que la observación de un conjunto de granos similares permite, mediante aproximación cuantitativa, una identificación más precisa" (Riera i Esteban, 1993: 222).

Val a dir que durant el procés de comptatge, a més de pol·lens i espores apareixen d'altres microrestes, i és en aquest sentit que prenen importància les restes vegetals carbonitzades, les quals permeten la identificació de fases d'incendis (Patterson, 1987; Riera i Esteban, 1994; Vanniere *et alii*, 2001). A l'estany de Burg també s'han localitzat diferents nivells de microcarbons i "grumolls de pol·len" (en francès *amas*, i que són grans de pol·len en els quals l'antera els ha caigut sencera) que han aportat diverses informacions sobre les diferents fases de pertorbació antròpica (relacionades amb incendis forestals) i alguns episodis més energètics en relació a la dinàmica de la conca i el seu règim de sedimentació, respectivament.

Respecte al nombre de microcarbons identificats, la seva poca presència ha fet que la valoració fos totalment qualitativa. D'aquesta manera s'ha distingit entre: absència, presència, abundància i gran abundància, de manera que es pogués atribuir un valor a cadascuna d'aquestes apreciacions:

a) 0 = absència.; b) 1 = presència.; b) 2 = abundància. i c) 3 = gran abundància.

Pel que fa la nombre de grumolls només se n'han trobat en 21 mostres de les 53 mostres tractades, en 15 ocasions s'ha trobat un únic grumoll, i només en 6 mostres s'ha superat les dues identifications. Aquestes informacions s'adjunten a la Taula 4.4 i a la Figura 4.4 següents on a més del número de mostra, també s'ha considerat el remanent (R) analitzat i el nombre de taxons vegetals identificats per a cadascun dels diferents nivells.

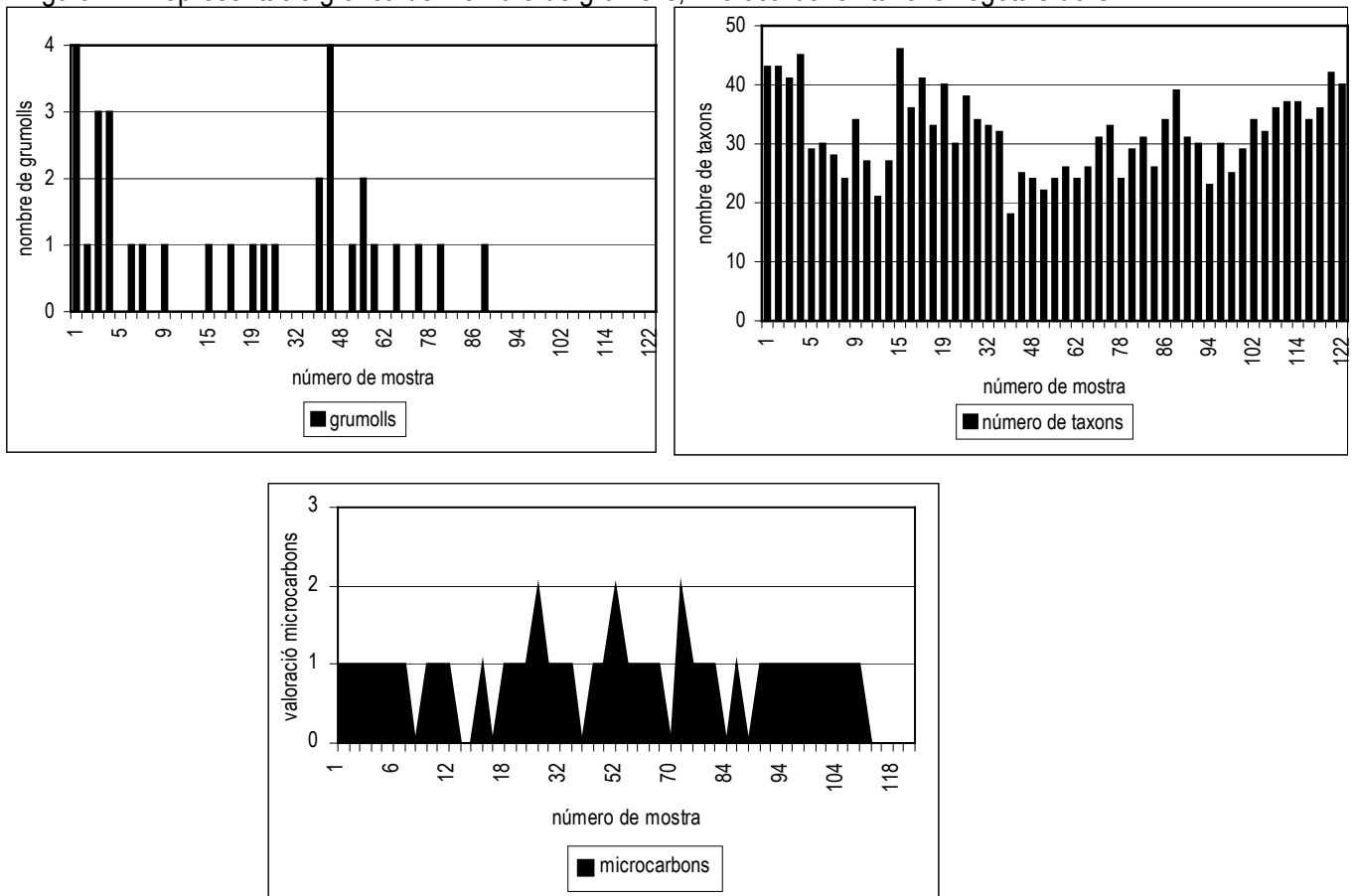
Taula 4.4 Nombre de grumolls, microcarbons i taxons vegetals de CMB-I

Núm. Mostra	R	Grumolls	microcarbons	nombre de taxons	Núm. Mostra	R	grumolls	microcarbons	nombre de taxons
1	136799	4	1	43	52	26802	1	2	22
2	282092	1	1	43	56	515520	2	1	24
3	335940	3	1	41	60	354231	1	1	26
4	121732	3	1	45	62	220929	0	1	24
5	714103	0	1	29	66	71078	1	1	26
6	325208	1	1	30	70	265726	0	0	31
7	141195	1	1	28	74	35167	1	2	33
8	98667	0	0	24	78	483375	0	1	24
9	1003057	1	1	34	80	530034	1	1	29
10	52667	0	1	27	82	363515	0	1	31
12	199630	0	1	21	84	481621	0	0	26
14	473899	0	0	27	86	983230	0	1	34
15	26696	1	0	46	88	433907	1	0	39
16	201235	0	1	36	90	550309	0	1	31
17	30060	1	0	41	92	298062	0	1	30
18	15250	0	1	33	94	647113	0	1	23
19	41661	1	1	40	96	896632	0	1	30
21	37363	1	1	30	98	969985	0	1	25
24	73400	1	2	38	100	1195026	0	1	29
28	257390	0	1	34	102	1312275	0	1	34
32	8546	0	1	33	104	463258	0	1	32
36	32223	0	1	32	108	509070	0	1	36
40	127913	2	0	18	112	440762	0	1	37
44	78875	4	1	25	114	514562	0	0	37
48	363349	0	1	24	116	100218	0	0	34
					118	191867	0	0	36
					120	184637	0	0	42
					122	59812	0	0	40

Font. Elaboració pròpia a partir de les dades d'Agustí Esteban

Com es pot observar en la Taula 4.4 i la Figura 4.4 els valors significatius de grumolls es troben entre les mostres 1 i 4 a la part superior de la seqüència, així com també a les mostres 40, 44 i 56. Pel que fa als microcarbons, només hi ha tres mostres que han merescut el qualificatiu d'abundància, són les mostres 24, 52 i 74. I pel que fa al nombre de taxons cal indicar que el mínim es situa en 18 (mostra 40) i el màxim en 46 (mostra 15), de fet la mostra 40 sembla marcar un punt d'inflexió entre una primera dinàmica decreixent i una segona fase en la que tot i els alts i baixos el nombre de taxons es situa en uns valors superiors.

Figura 4.4 Representació gràfica del nombre de grumolls, microcarbons i taxons vegetals de CMB-I



Font. Elaboració pròpia a partir de les dades d'Agustí Esteban

4.2.2.4 La representació gràfica

El següent pas després de la identificació dels diferents taxons és la representació d'un diagrama pol·línic entenent com a tal "la representación gráfica estandarizada del contenido esporopolínico de cada muestra" (Riera i Esteban, 1993: 222). A l'hora de tractar les dades, però, s'ha de tenir en compte que hi ha dues maneres diferents de fer-ho -al marge, lògicament, de la seva presentació bàsica-, una a través del càlcul de valors pol·línics en percentatges (el més habitual), i l'altra en valors de concentració pol·línica. Com que les dues formes de procedir són complementàries no se n'hauria de descartar cap, serveixin aquestes paraules -que es comparteixen- per comprendre la problemàtica: "las relaciones porcentuales entre los distintos taxones o grupos de estos son interdependientes. De esta manera si una especie arbórea desapareciese, o se convirtiese en extremadamente rara debido a una enfermedad, todos los porcentajes del resto de taxones aumentaría a pesar de no haberse producido ningún cambio climático ni ecológico. Si tenemos en cuenta que los volúmenes de polen pueden variar por múltiples razones, como el viento, las tormentas, etc..., toda variación en el volumen absoluto de

polen de un taxón implicaría una variación en los porcentajes de todos los demás. Una forma de eliminar este problema es realizar un estudio del volumen absoluto de concentración polínica. El método consiste en calcular un número de pólenes de diferentes especies por unidad de volumen sedimentario. En ocasiones, al sedimento se le añade polen de una planta exótica, fácilmente reconocible. Sabiendo la cantidad de sedimento utilizado y el volumen de polen exótico añadido, es relativamente simple conocer el volumen de polen fósil por unidad sedimentaria. Posteriormente se mide la velocidad de sedimentación, por ejemplo si se poseen medidas de ^{14}C , convirtiéndose el diagrama de concentración polínica en un diagrama de flujo polínico medido en gramos de diferentes taxones por unidad de volumen de sedimentación por unidad de tiempo (Lowe y Walker, 1997). Este sistema permite analizar números absolutos y no relativos o porcentuales. Por desgracia este modelo posee una clara desventaja. Es muy difícil comparar espectros de distintos caracteres sedimentarios, como lagos, turberas y sedimentos en cueva. Así mismo es prácticamente imposible conseguir una escala fiable de tiempo, debido a las diferentes velocidades de sedimentación en un mismo depósito y a los decalajes cronológicos de las dataciones de ^{14}C que hacen muy peligroso aventurarse a dar una medida de la velocidad de sedimentación por unidad de tiempo. Por todo ello es preferible comparar los diagramas de concentración polínica con los porcentuales, y trabajar con precaución" (Furundarena i Jimenez, 1998: 43).¹⁶ Per aquest motiu s'ha representat el diagrama pol·línic de forma percentual però també s'han tingut en compte les corbes de Concentració Pol·línica (PC).

Una vegada fet això, ja s'està en condicions de realitzar els diagrames pol·línics i per tant "obtenir un coneixement sobre la dinàmica vegetal, ja que poden ser interpretats en termes d'evolució d'espècies, comunitats o paisatges vegetals" (Riera i Esteban, 1997a: 83). Però per això, tan important com la correcta identificació i el mecanisme de tractament de les dades és el fet de poder emmarcar els resultats en una escala cronològica, si és possible, amb l'ajuda de datacions absolutes. Encara que si no es tenen el marc cronològic es pot fer per comparació regional (Pèlach, 2000). Els mètodes de datació més extesos són els radiomètrics, especialment el ^{14}C pel que es refereix al Quaternari Recent i Holocè, si bé se'n podria considerar d'altres com el $^{210}\text{Pb}/^{237}\text{Cs}$ aplicable a períodes recents o el K-Ar per fases més antigues; en aquesta tesi el mètode emprat ha estat el ^{14}C . Totes les mostres s'han enviat a datar al laboratori de *Beta Analytic Inc.* de Miami (Florida-EUA).

¹⁶ En aquest sentit es poden trobar d'altres exemples igualment il·lustratius (Dupré, 1992; Riera i Esteban, 1993). Per exemple M. Dupré explica de quina manera el fet de considerar tots els taxons no sempre té per què ser positiu: "si la naturalesa del yacimiento lo aconseja, conviene a veces extraer de la suma total algunos taxones locales, sobrerrepresentados, que podrían emmascarar las fluctuaciones del resto de la vegetación; eso puede ocurrir con los helechos, las compuestas en los yacimientos arqueológicos, las higrófitas en ambientes húmedos (Cyperaceae, Typha), etc. Sin embargo no se podrá prescindir de ellos en la interpretación final por lo que también habrá que tomarlos en consideración" (Dupré, 1992: 15-16). Caldrà estar alerta.

Els criteris que van determinar l'elecció de les mostres a datar van ser tant sedimentològics com pol·línics. D'aquesta manera es van escollir quatre mostres pels motius següents:

1) La mostra número 13 situada a 111 cm de profunditat, perquè havia de palesar l'aparició de la *Juglans line*, és a dir, el punt on situar els darrers 2.000 anys d'història de la vegetació.

2) La mostra número 85 situada a 471 cm de profunditat, perquè era el testimoni més directe d'una de les macrorestes trobades a l'estany i que s'havia pogut identificar com a *Abies* sp. A més si hi havia una macroresta això podia significar una dinàmica sedimentària diferent que calia determinar.

3) La mostra número 93 situada a 511 cm de profunditat, perquè havia de servir per comprendre l'aparició de l'avet i per tant -"teòricament"- el pas d'unes condicions climàtiques a unes altres.

4) La mostra número 121 situada a 651 cm de profunditat en la base de la columna sedimentària analitzada i que havia de mostrar l'edat basal del testimoni.

Totes les datacions convencionals de ^{14}C han estat calibrades directament pel laboratori de Beta Analytic Inc. seguint el programa *newest* (Stuiver i Plicht, 1998; Stuiver *et alii*, 1998; Talma i Vogel, 1993). El fet de treballar amb dades calibrades (cal BP) ha obligat a usar el programa *Radiocarbon calibration Program. Calib. rev 4.3* (copyright Stuiver i Reimer, 2000: disponible a internet) (Stuiver i Reimer, 1993) en tots aquells casos en què ha estat necessària la conversió de datacions sense calibrar (BP) per tal de poder procedir a la comparació.

Si bé la consideració de les datacions de ^{14}C forma part dels resultats i no correspon pròpiament a la part metodològica, el plantejament seguit a l'hora d'extrapolar els resultats a la resta del diagrama pol·línic obliga a fer ara aquesta aportació. A la Taula 4.5 es recullen les datacions efectuades per Beta Analytic Inc. i que han servit per estimar la cronologia de totes i cadascuna de les mostres analitzades:

Taula 4.5 Datacions de ^{14}C de CMB-I

Mostra (cm)	Codi Laboratori	Material	Datació convencional BP	Intercepció corba calibració cal BP	Datacions calibrades a 2σ (95% probabilitat)
111	Beta-167020	torba	2310 \pm 40	2340	cal BP [2360 (2310, 2230) 2190] cal BC [410 (360, 280) 240]
471	Beta-167021	llims	4730 \pm 40	5470	cal BP [5590 (5440, 5410) 5320] cal BC [3640 (3490, 3460) 3370]
511	Beta-167022	llims	8320 \pm 50	9400-9360-9310*	cal BP [9470 (9220, 9180) 9140] cal BC [7530 (7280, 7230) 7190]
651	Beta-167023	llims	9300 \pm 60	10510	cal BP [10660-10260] cal BC [8710-8310]

* A l'hora de treballar es prendrà l'any 9360 cal BP com a referència
Font. Elaboració pròpia a partir dels resultats de Beta Analytic Inc.

D'aquesta manera ha estat possible fer el càlcul aproximat de la taxa de sedimentació tal i com es recull en la Taula 4.6 i la Figura 4.5, en la que es pot veure quina és la quantitat de sediment que es diposita de mitjana anualment al llac. Les diferències entre les mostres datades han servit per extrapolar els resultats a la resta.

Taula 4.6 Càlcul de la taxa de sedimentació de CMB-I

Anys cal BP intercept.	profunditat cm	diferènc. cal BP	diferènc. cm	taxa any/cm	taxa cm/any
2340	111	2340	111	21,08	0,05
5470	471	3130	360	8,69	0,12
9360	511	3890	40	97,25	0,01
10510	651	1150	140	8,21	0,12

Font. Elaboració pròpia a partir dels resultats de Beta Analytic Inc.

Aquestes mesures han servit per fer un càlcul de l'edat estimada de totes les mostres extrapolant les edats en funció de la taxa de sedimentació.

En la Figura 4.5 s'han aplegat les diferents informacions que tenen a veure amb la taxa de sedimentació i la diferent sedimentació descrita a partir de l'anàlisi sedimentològica. En qualsevol cas s'ha d'assenyalar com durant un llarg període de temps (de l'any 9360 al 5470 cal BP) l'aport sedimentari és mínim, segurament com a conseqüència d'una elevada biostàssia, mentre que abans i després la taxa de sedimentació augmenta, el que indica la presència de processos reixtàssics de diferent magnitud perquè no cal oblidar que la mitjana no deixa de ser una referència a llarg termini.

En la Figura 4.5 s'observa que, si bé la presència de grumolls sembla ser independent del tipus de material i de la taxa de sedimentació, en canvi, la correspondència entre l'abundància de microcarbons i les diferents fàcies de torba argilo-llimosa i torba entre llims és evident. La macroresta que ha estat identificada com a avet es correspon amb un canvi notable de la taxa de sedimentació i per tant es pot vincular a un augment d'energia.

Ja només falta dibuixar el diagrama pol·línic. Per fer-ho s'han calculat els percentatges dels diferents taxons a partir d'una taula d'identificació base de CMB-I i una vegada fet això s'han convertit les informacions processades per Excel a *.wks de manera que es poguessin treballar amb el programa Tilia versió 1.12 del sistema operatiu MSDOS. Posteriorment, els diagrames s'han dibuixat amb el programa Tilia graph view versió 1.3.1.1.

Figura 4.5 Taxa de sedimentació i registres paleoambientals de l'anàlisi pol·línica

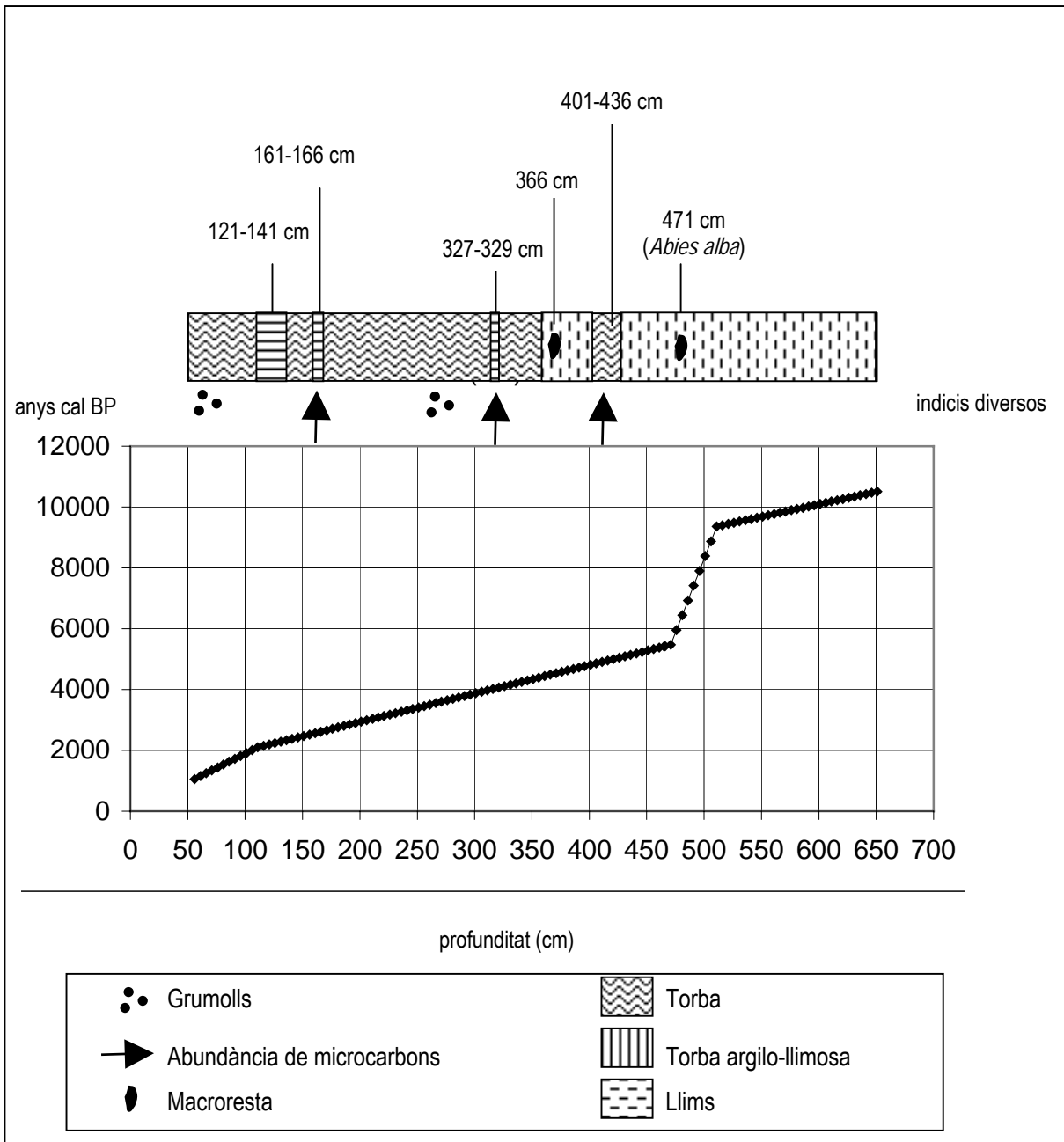
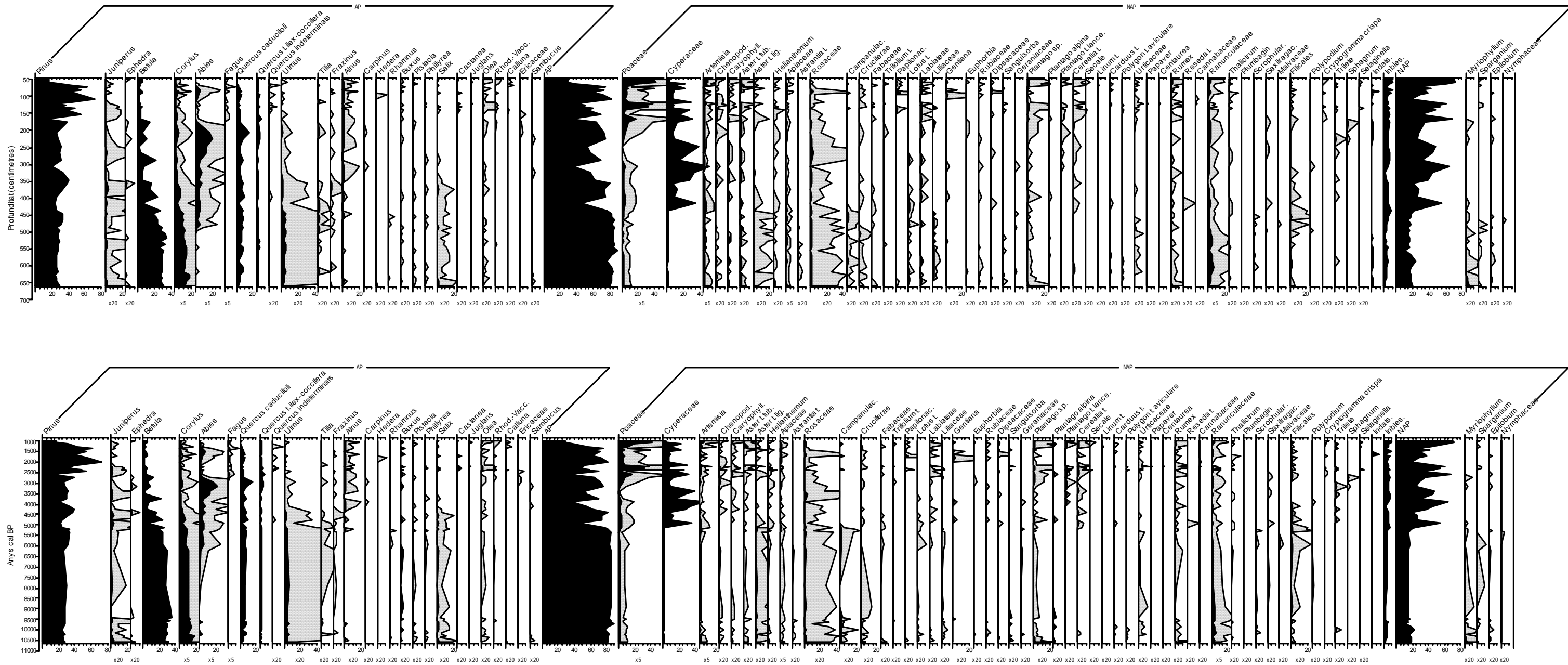


Figura 4.6 Diagrames pol·línics sense fer la zonació i amb tots els resultats de l'anàlisi representats en profunditat (centímetres) i anys (cal BP)

Diagrama pol·línic de l'Estany de Burg, 1.821 metres (CMB-l). Pirineus (Farrera, Pallars Sobirà)

Anàlisi pol·línica: Agustí Esteban Amat (2003)



Font. Elaboració pròpia i programa Tilia

Com que el diagrama pol·línic s'ha representat de forma percentual, un aspecte que es va haver de decidir va ser si la seva definició havia d'incloure les Ciperàcies o no, ja que com espècies pròpies d'ambients humits el pas del sediment lacustre a palustre podia fer augmentar el seu número –com així ha estat- i per tant distorsionar el percentatge final. Tot i el risc d'un canvi en la relació entre AP/NAP s'ha decidit incloure les Ciperàcies en l'anàlisi final perquè en l'àmbit de treball –muntanya pirinenca- no s'ha considerat prudent deixar de banda una vegetació tan important com la pròpia de les torberes i mulleres. Per tant, a partir d'un determinat moment s'accepta que la pròpia dinàmica extralocal de l'estany pot afectar la interpretació més regional, si bé s'assumeix aquest error davant la possibilitat que l'aïllament de la dinàmica de l'estany pogués afectar d'altres espais propers.

L'elaboració completa del diagrama pol·línic ha permès la representació d'un total de 27 taxons arboris (AP), consideració feta a partir de la suma dels taxons arboris i arbustius; i un total de 56 taxons no arboris (NAP) és a dir, totes aquelles espècies que no han estat considerades com arbòries i que estarien constituïdes principalment per espècies herbàcies i pteridòfits (falgueres, licopodis, etc). Inicialment, hi va haver la intenció de representar els diferents taxons arboris separant-los en funció de si eren pròpiament arbres o es podien considerar arbusts. Ara bé, degut a la pròpia dinàmica històrica de les espècies i a la seva adaptabilitat a les condicions ecològiques canviants de tot el període es va decidir no fer la distinció, ja que per exemple un taxó com *Corylus* sp., que apareix des de l'inici de la seqüència, no hi havia manera de saber amb certesa a partir de quin moment deixaria de ser arbustiu per passar a ser arbori. Segurament aquestes consideracions haurien estat més fàcils d'efectuar en medi mediterrà, però a muntanya el gradient altitudinal en complica la interpretació. Davant d'aquesta dificultat i per tal d'estalviar esforços inútils l'ordre seguit per representar les espècies del diagrama pol·línic s'ha basat únicament en afinitats ecològiques.

Per això, els diferents taxons s'han agrupat segons la seva caracterització als diferents estatges de vegetació (subalpí, montà, etc.) o ambients vegetals característics (bosc de ribera, landa, vegetació aquàtica, etc.), sempre que ha estat possible. Per exemple les espècies arbòries introduïdes i/o conreades (*Castanea*, *Juglans* i *Olea*) s'han grafiat agrupades, tal i com s'ha fet amb les espècies aquàtiques (*Myriophyllum*, *Sparganium*, *Epilobium*, *Nymphaceae* per posar només alguns exemples).

La representació sencera del diagrama pol·línic ha obligat a dibuixar una gran quantitat de taxons en poc espai i per aquest motiu ha estat necessari augmentar l'escala de molts d'ells. L'augment d'escala s'ha fet de dues maneres diferents: una que multiplica x5 i una altra que ho fa x20, s'ha preferit fer d'aquesta manera més que no pas homogèniament perquè s'ha trobat que facilitava la comprensió gràfica. Igualment, s'ha elaborat una versió reduïda del diagrama pol·línic que serveixi de base a les diferents interpretacions efectuades tant des de la història biogeogràfica (clima i vegetació) com a partir de les perturbacions antròpiques. A la Figura 4.6 es presenten primer els diferents diagrames pol·línics

(sencers) efectuats en el marc d'aquesta tesi doctoral. Cal destacar el fet que com a escala vertical tant s'ha fet servir la profunditat (centímetres) com els anys calibrats, encara que posteriorment les representacions finals només s'hagin fet en anys (cal BP).

4.2.2.5 La interpretació de les dades: el referencial actual i la zonació del diagrama pol·línic

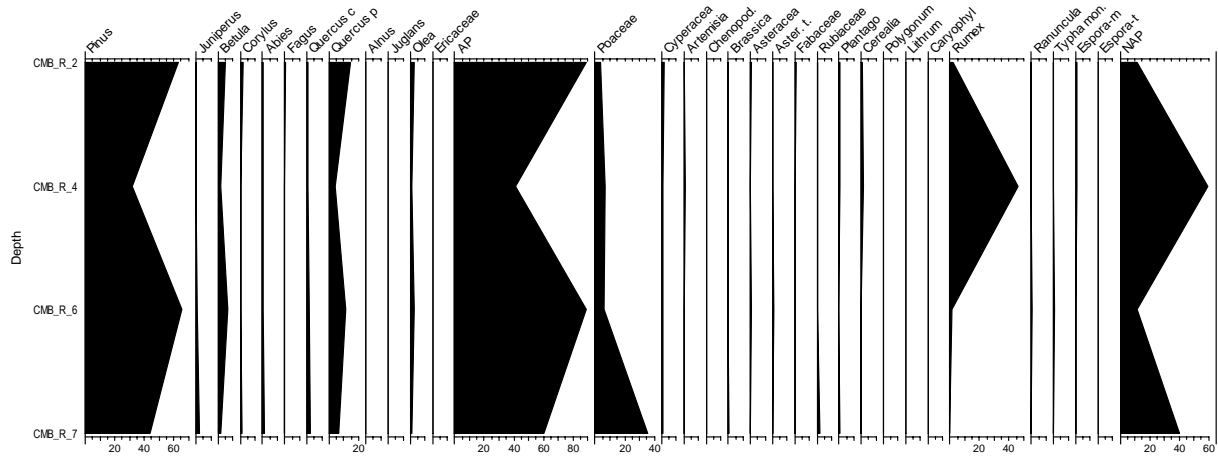
Una vegada dibuixat el diagrama pol·línic ja només queda interpretar-lo. La seva interpretació s'ha basat en dos fets: l'anàlisi del referencial actual i la zonació del diagrama pol·línic.

El referencial actual

D'entrada es va creure convenient modelitzar la pluja pol·línica actual. D'aquesta manera es va dur a terme un mostreig de moltes actuals, excel·lents captadores de la pluja pol·línica a la zona de l'estany. Es van recollir un total de 8 moltes, de les quals es van analitzar quatre. Aquesta feina es va realitzar sota la direcció del Dr. Ramon Pérez Obiol (Botànica, Universitat Autònoma de Barcelona) (Pèlach, 2000). En conjunt es van identificar un total de 1.451 pal·linomorfs, corresponents a 28 taxons diferents. A partir de la representació dels resultats s'observen algunes coses interessants i que expliquen l'actual pluja pol·línica a l'estany i permeten calibrar la interpretació de les dades de CMB-I (Figura 4.7). Les mostres s'han pres seguint una orientació est-oest (en el mateix sentit que l'orientació general de la vall) per tal de detectar millor l'efecte paràbola de l'actual pluja pol·línica. En aquest sentit cal destacar que tot i la sobrerepresentació de *Pinus* a totes les mostres, s'observa com la proximitat al límit de la pineda fa que els percentatges siguin més elevats (CMB-R-2 = 62,8% i CMB-R-6 = 65,5%) que no pas a la mostra més allunyada (CMB-R-7 = 43,8%), la qual sí recull una major concentració de *Juniperus* (2,2%) i un important percentatge de Poàcees (35,3%) respecte les altres mostres.

S'ha de destacar la quasi absència de faig a totes les mostres (a excepció de CMB-R-2) i la presència de valors molt baixos d'abet, la qual cosa n'evidencia llur origen al·lòcton. Respecte a *Olea*, la feble cobertura arbòria de la zona permet que aquest taxó arribi a valors percentuals compresos entre 0,7% i 2,5%. Cal destacar la infrarepresentació del conjunt de les herbàcies, amb alguna excepció, explicable per la proximitat de la molsa a la planta, com és el cas de *Rumex* que a més provoca que la mostra CMB-R-4 no sigui tan significativa com la resta. Respecte a la dominància dels *Quercus* perennifolis sobre els caducifolis, aquest fet respon a la raresa dels roures a la Coma de Burg, mentre que les carrasques estan presents al fons de vall just al costat de Tírvia (Terveu, la Bana, etc).

Figura 4.7 Diagrama pol·línic del referencial actual



Font. Elaboració pròpia a partir de l'anàlisi pol·línica dirigida per Ramon Pérez-Obiol.

La zonació¹⁷ biogeogràfica (PAZ) i antròpica (ZA) de l'estany de Burg

Una vegada representades les diferents corbes pol·líniques juntament amb la representació sedimentològica ja només queda zonar el diagrama pol·línic de dues maneres diferents:

1) En unitats biogeogràfiques (conegudes com a PAZ, *Pollen Assamblage Zones*, si bé en aquesta tesi també es farà servir l'expressió ZB, *Zonació Biogeogràfica*), per tal de poder fixar una biocronoestratigrafia de la zona estudiada que serveixi per a la comparació de l'espectre pol·línic amb d'altres d'escala regional, continental, etc. (Montserrat, 1992; Riera i Esteban, 1993). Del que es tracta és d'identificar aquelles pertorbacions que afecten l'explicació biogeogràfica del lloc i n'alteren i modifiquen la vegetació.

2) En unitats antròpiques (ZA) per tal de copsar aquelles particularitats que fruit de l'activitat humana han afectat la dinàmica de la vegetació. Del que es tracta és d'identificar aquelles pertorbacions antròpiques que suposen canvis en el sistema de relació entre la societat i el medi natural.

En aquest sentit existeixen diferents mètodes estadístics, la majoria dels quals basats en l'anàlisi multivariant per descriure les diferents zones biogeogràfiques (PAZ). A més, Joan Maria Montserrat (1992) indicava que no es tingués en compte la informació litoestratigràfica per la definició de les PAZ ja que formalment s'han de construir a partir del seu contingut en restes d'origen biològic i proposava un mètode basat en tres punts:

¹⁷ "Las zonas polínicas sólo se consideran como tales cuando muestran entre sí variaciones significativas y concomitantes entre, al menos, dos taxones de diferente ecología" (Furundarena i Jimenez, 1998: 46).

1) Seleccionar tots els taxons de cada seqüència amb una freqüència d'aparició superior al 10% descartant aquells que alguna vegada no arriben al 2%.

2) Realitzar l'anàlisi de components principals d'aquests taxons més abundants.

3) Elaborar les PAZ donant prioritat a les corbes del primer component i seleccionant els segments on hi hagi canvis acusats o estables. Les variacions del segon i tercer component servien per a determinar subzones quan es considerava necessari.

Ara bé, aquest plantejament metodològic no s'ha considerat prudent i per això no s'ha aplicat en aquesta tesi. L'ús de la bioestadística hauria de ser una eina que ajudés a confirmar les hipòtesis plantejades, però no hauria de ser el pal de paller en el qual es basa la identificació de biomes; ja que determinats taxons, tot i tenir poca representació, poden caracteritzar determinats ambients que d'una altra manera seria impossible de fer (cas per exemple de determinats pics d'*Urticaceae* o *Cryptogramma crispa*, etc). Per això, les PAZ s'han dissenyat de forma manual. Tot i que lògicament els canvis que experimenten els paràmetres independents (litoestratigrafia, concentració pol·línica, etc.) coincideixen amb les caigudes abruptes de les corbes principals. I és que sovint, les informacions ecològiques que aporten els taxons de menor representació pol·línica són molt més importants que no pas l'anàlisi dels components principals. En la Taula 4.7 es mostren aquelles espècies que alguna vegada han arribat al 10%, al 5% i al 2% de representació del total (lògicament les columnes són acumulatives és a dir, si arriben al 10% vol dir que també ho han fet al 5% i al 2%).

Taula 4.7 Representació de taxons a CMB-I

10%	5%	2%
<i>Pinus</i>	<i>Ranunculac.</i>	<i>Juniperus</i>
<i>Betula</i>	Indats.	<i>Quercus ilex</i>
<i>Corylus</i>	Inbles.	<i>Ulmus</i>
<i>Abies</i>		<i>Artemisia</i>
<i>Quercus cad.</i>		<i>Aster t. tub.</i>
<i>Poaceae</i>		<i>Rosaceae</i>
<i>Cyperaceae</i>		<i>Papilionaciae</i>
		<i>Myrophillum</i>

Font. Elaboració pròpia a partir del programa Gpalwin.

S'han tingut en compte per no caure en l'error de pensar que els components principals sempre són els que determinen les zones pol·líniques. Aquesta Taula ha ajudat a fixar-se més en la resta de components.

L'explicació de les diferents perturbacions s'ha de fer en funció de la relació existent entre l'espectre pol·línic i la vegetació de la zona que l'ha produït. En aquest sentit Santiago Riera i Agustí Esteban (1993: 222) són molt clars: "está suficientemente demostrado que el espectro polínico no es un plasmación directa de la vegetación, sino que su formación está mediatizada por una serie de procesos como son la *producción*, la *dispersión*, la *deposición*, la *sedimentación* y la *conservación polínica*. La

comprensi3n de estos procesos ser3 b3sica para una correcta interpretaci3n de los diagramas (FAEGRI y IVERSEN, 1975; BIRKS y BIRKS, 1980; MOORE y WEBB, 1991)". És per aix3 que cal insistir en alguns conceptes que s'han de considerar claus (Riera i Esteban, 1993):

1) La producci3 pol·línica: no totes les espècies vegetals produeixen les mateixes quantitats de pol·len. Les espècies anem3games per exemple produeixen grans quantitats de pol·len, i per tant, no té el mateix significat un 10% de pol·len de *Pinus* sp. (anem3gam i gran productor) que un 10% de *Rosmarinus* sp. (entom3gam). Aquest factor també és important a l'hora de considerar a partir de quin percentatge de pol·len arbori es pot considerar que hi ha una coberta forestal, en general s'accepta que per damunt d'un 60-75% aix3 és així, mentre que per sota d'un 20-30% el paisatge és obert. La dificultat més gran estarà a saber com és la vegetaci3 entre aquests dos percentatges. Una bona manera de fer l'aproximaci3 a aquests valors és a partir del càlcul de la pluja pol·línica actual perquè així es coneix la vegetaci3 d'ara que les produeix.

2) La dispersi3 pol·línica: com a conseqüència de la producci3 pol·línica, lògicament la dispersi3 tampoc serà homogènia. A més, s'han de tenir en compte diferents aspectes morfol3gics que poden condicionar la dispersi3, tant de tipus fisiogn3mic de les comunitats vegetals (composici3 i estructura), com topogr3fic (barreres orogr3fiques), meteorol3gics (sobretot el vent, però també la pluja) i hidrol3gics (llacs, deltes, etc). En aquest sentit la Coma de Burg té una orientaci3 est-oest molt clara, la qual cosa la fa estar a l'abric del vent provinent del nord. L'altitud de la capçalera de la vall (Pic de M3niga 2.515 metres) segurament provoca una major facilitat per captar pol·len de l'oest (fons de la vall) i un efecte barrera del pol·len provinent de l'est (altra costat de la capçalera). La manca d'estudis climàtics locals impedeix conèixer amb deteniment quins són els components principals del clima, si bé no es pot descartar que l'efecte "f3hn" (*fogony* en pallarès) tingui certa importància en la dispersi3 pol·línica.¹⁸ Tampoc no es pot descartar que l'aport fluvial en d'altres moments de la hist3ria hagi estat molt més important, si bé la petita mida de la conca obliga a ser moderats en aquesta apreciaci3.

3) La deposici3 pol·línica: dos són els factors responsables d'aquest fet per una banda la distància a la font d'emissió i per altra el tipus de dip3sit. Segons C. R. Janssen (1966, 1981) cal definir quatre components de deposici3 pol·línica: local, extralocal, regional i extraregional (Riera i Esteban, 1993). El tipus de dip3sit i la mida de la conca de recepci3 determinaran el tipus de deposici3. En aquest sentit l'estany de Burg i la mida de la conca es mostra com un excel·lent captador del pol·len local i extralocal i per tant, poc afectat per irrupci3s de pol·len regional i extraregional si bé aix3 no vol dir que no n'hi arribi.

4) La sedimentaci3 pol·línica: cal tenir en compte la pr3pia dinàmica del dip3sit sedimentari a l'hora d'interpretar el pol·len, ja que una vegada aquest s'hagi dipositat es poden produir processos

¹⁸ Sobre el fogony al Pallars Sobirà consulteu la Mem3ria de Recerca de M. Bel3n G3mez (1994).

perturbadors deguts al desplaçament dels palinomorfs, ja sigui verticals en les torberes (percolació) o horitzontals en els llacs (corrents) (Moore, Webb i Collinson, 1991; Dupré, 1992). En llacs i deltes també hi poden haver processos de resedimentació. A l'estany de Burg en algunes fases han aparegut un cert nombre de pol·lens alterats que no s'han pogut identificar, la qual cosa sembla que es pot relacionar amb certs processos d'augment de l'energia. Per tant, caldrà anar alerta en la interpretació d'aquests episodis. Un altre factor distorsionador de la sedimentació pot ser la caiguda de determinats elements al llac, en aquest sentit l'estany de Burg presenta una gran riquesa de macrorestes, aquestes en caure poden provocar alteracions en la base sedimentària i provocar lleus alteracions que també s'hauran de considerar.

5) La conservació pol·línica: un altre aspecte a tenir present és la degradació diferencial dels palinomorfs degut a la diferent composició química i gruix de l'exina. Si això es dona de forma accentuada pot provocar la sobrerrepresentació d'uns taxons respecte d'altres. En qualsevol cas no sembla que aquest factor afecti CMB-I donat el bon estat de conservació dels palinomorfs.

Seguidament es repassaran els principals criteris que justifiquen la zonació atenent únicament la descripció del diagrama, la interpretació es deixarà pel següent capítol:

A) Zonació Biogeogràfica (PAZ) (Figura 4.8)

En total s'han descrit set zones:

1) CMB-I / I.

La irregularitat de determinats taxons de la seqüència d'AP determina aquesta zona que es caracteritza sobretot per la presència de dos taxons vegetals: *Juniperus* i *Corylus* identificadors principals de CMB-I i que acompanyen a *Betula* sp. La representativitat de *Pinus* sp., *Quercus* sp., i *Ulmus* sp. són poc importants tot i trobar-se des de la base del diagrama.

2) CMB-I / II .

L'espècie vegetal més important d'aquesta biozona és sens cap mena de dubte *Betula* sp. El domini d'aquest taxó davant la poca importància d'altres espècies arbòries (*Pinus* sp., *Corylus*, *Quercus* sp., etc.) queda de manifest amb els percentatges que assoleix. En aquesta zona els percentatges d'AP són elevats.

3) CMB-I / III

El canvi principal respecte la zona anterior és la presència d'*Abies* sp. Si bé la vegetació arbòria continua sent dominada per *Betula* sp. la inclusió dels avets en la diversitat vegetal determinen un inici de canvi respecte el període anterior. Els percentatges d'AP es mantenen elevats.

4) CMB-I / IV

La principal característica d'aquesta fase és l'augment d'*Abies* sp. que s'afavoreix de les caigudes de determinats taxons fins llavors força importants com *Betula* sp. i *Corylus* i d'altres de menors com *Tilia* sp. i *Salix* sp. Aquest fet coincideix amb un lleuger augment de *Pinus* sp. Els percentatges d'AP es mantenen alts.

5) CMB-I / V

La irregularitat i les primeres caigudes d'AP, l'aparició per primer cop de *Cerealia* i el desenvolupament d'una turbera local tal i com indica l'augment considerable de les Ciperàcies determinen aquesta zona. Val a dir però, que l'element més important de tots continua sent *Abies* sp. que permet distingir dos moments diferenciats: CMB-I / Va i CMB-I / Vb. A CMB-I / Va el desenvolupament local de la turbera coincideix amb una important caiguda de *Betula* sp., *Ulmus* sp. i *Corylus* mentre que *Abies* sp. presenta certa irregularitat. A CMB-I / Vb hi haurà l'expansió més gran de l'avetosa de tota la seqüència la qual cosa va en detriment d'altres taxons arboris.

6) CMB-I / VI

En aquesta zona hi ha una forta variabilitat taxonòmica marcada per la irregularitat en l'AP. L'element que determina la justificació d'aquesta zona és la presència de *Fagus* present des d'aquest moment a l'estany. Mentre que el màxim representant arbori de tota la zona és *Pinus* sp. que arriba a uns percentatges que fins llavors no havia tingut.

S'han distingit tres subzones a l'interior d'aquesta seqüència:

- a) CMB-I / VIa, que es caracteritza per la pràctica desaparició d'*Abies* sp. i caigudes dels principals taxons arboris (*Pinus*, *Quercus* sp., etc.) a la vegada que augmenten determinades espècies com les gramínies, o algunes conreades (*Cerealia*).
- b) CMB-I / VIb, es caracteritza per un gran augment de la vegetació NAP, com per exemple *Poaceae*, i *Plantago* sp.; en canvi la vegetació arbòria té unes oscil·lacions en forma de dents de serra, l'arribada del pol·len d'*Olea* sp. és destacable. També serà en aquest moment quan arriben els primers pol·lens de *Castanea* i *Juglans* sp. a l'estany de Burg.
- c) CMB-I / VIc, es caracteritza per la recuperació dels AP que lògicament s'acompanya de la pèrdua d'importància dels elements destacats a CMB-VIb de l'estrat herbaci. Un segon màxim d'avet de la seqüència pol·línica total es troba en aquesta fase que conviu amb el desenvolupament de la pineda.

7) CMB-I / VII.

Aquesta zona es caracteritza per la pràctica desaparició de l'estrat arbori que arriba als valors més baixos de tota la seqüència pol·línica analitzada i pel desenvolupament d'un seguit d'elements herbacis propis d'un ambient obert (tipus bosquina): *Poaceae*, *Artemisia*, *Plantago* sp., *Cerealia*, etc. El percentatge de NAP és el màxim de tota la seqüència.

B) Zonació Antròpica (ZA) (Figura 4.9)

En total s'han descrit nou ZA que s'han classificat en funció de la pressió antròpica. Aquesta s'ha considerat d'una forma qualitativa segons la seva intensitat com a baixa, mitjana, alta o molt alta.

- a) Dins de la consideració "baixa" s'ha distingit entre nul·la (quan era inexistent) o baixa si la interpretació presentava dubtes.
- b) La consideració "mitjana", s'ha donat a partir del moment en què ja no es pot refutar que existeix la pressió antròpica. S'ha separat en mitjana baixa si el senyal era molt feble o mitjana alta quan els indicis eren clars però no afectaven la dinàmica original del sistema.
- c) Per pressió antròpica alta s'ha entès aquelles perturbacions que afectaven d'una forma significativa el paisatge vegetal provocant la desaparició –o quasi desaparició– d'elements destacats del paisatge.
- d) La pressió s'ha considerat molt alta en el moment en què s'han superat determinats llindars que trencaven les condicions vegetals prèvies amb un canvi radical de paisatge. En el cas treballat aquest fet coincidirà amb l'obertura clara del medi i l'aparició de formacions herbàcies pròpies de prats i bosquines.

Les nous zones descrites són les següents:

1) CMB-I / A.

L'absència de cap rastre que es pugui vincular d'una forma clara amb la presència humana determina aquesta primera zona. La pressió antròpica s'ha considerat nul·la.

2) CMB-I / B.

Alguns indicis de la dinàmica d'AP en la que hi ha la caiguda puntual d'alguns taxons arboris (vegeu CMB-I / IV) no són un indicatiu prou clar per establir una pressió humana clara. Les caigudes de *Tilia* sp., *Salix* sp., *Betula* sp., es combinen amb augments molt lleugers de *Poaceae*, *Filicales* i *Sparganium*. La pressió antròpica s'ha considerat nul·la/baixa.

3) CMB-I / C

Dos fets destacables indiquen la identificació de la primera pressió antròpica clara:

- a) La caiguda d'AP afecta de forma generalitzada a tots els taxons arboris (excete *Abies* sp.) si bé la nova influència de les Ciperàcies distorsiona la representació percentual i per tant, la caiguda no es tan exagerada com sembla. Aquest fet coincideix amb un augment d'espècies herbàcies com les gramínies i *Artemisia* sp.
- b) L'inici de la corba de *Cerealia* no ofereix dubtes respecte la intervenció antròpica. A més, aquest indicador antròpic primari s'acompanya de l'augment d'algunes espècies herbàcies pròpies d'ambients ruderals (*Cardus* sp., *Reseda* sp., etc.) i que podrien ser considerades com a indicadors antròpics secundaris.

La pressió antròpica s'ha considerat mitjana alta.

4) CMB-I / D

Durant aquesta fase la presència de *Cerealia* es manté, si bé la vegetació arbòria es recupera i disminueix la importància de NAP. La pressió antròpica s'ha considerat mitjana baixa.

5) CMB-I / E

És una fase que es caracteritza per la variabilitat de la corba pol·línica amb oscil·lacions d'AP i NAP si bé la presència de *Cerealia* i determinats valors de *Rosaceae* sp. i *Juniperus* sp. permeten suposar certa activitat desforestadora puntual, possiblement relacionada amb pràctiques agrícoles i ramaderes. La pressió antròpica s'ha considerat mitjana alta.

6) CMB-I / F

La complexitat caracteritza aquesta zona en la que es poden identificar diferents fases de perturbació sobre AP en "forma d'onades" i és que al descens d'*Abies* sp., segueix un descens de *Quercus* sp. en el que és una tendència progressiva a la disminució d'aquest estrat. Al mateix temps que això passa determinades espècies herbàcies aprofiten per augmentar (*Poaceae* sp., *Plantago* sp.). Al llarg de tota la zona hi ha un senyal de *Cerealia* el que és un indicador antròpic molt clar.

La definició d'aquesta zona ha plantejat dubtes en la seva part final, ja que d'entrada sembla poder-se observar un canvi significatiu de la relació entre AP i NAP la qual cosa va fer considerar la possibilitat d'atorgar a aquest senyal una entitat pròpia, separant-lo com una zona aïllada. No obstant, la constatació que la desforestació serà superior a la zona següent va fer interpretar aquest "sotrac" de la corba únicament com un canvi en la tendència de la dinàmica antròpica i per això no s'ha zonat per separat. Si bé és cert que l'acció detectada coincideix amb la pràctica desaparició de l'abet i l'arribada de *Fagus* per primera vegada a l'estany, el cert és que no s'acompanya d'un canvi considerable dels indicadors antròpics com sí ocorrerà a la fase posterior. Malgrat tot també hi ha un augment de *Cryptogramma crispum*. La pressió antròpica s'ha considerat mitjana alta.

7) CMB-I / G

Els canvis percebuts al final de la zona anterior tenen el seu moment àlgid en aquesta fase, moment que es caracteritza per: les dents de serra de la corba d'AP, l'augment acusat de les gramínies i plantatges, la caiguda de les Ciperàcies, l'augment d'*Olea*, l'arribada de *Juglans* sp. i *Castanea*, i la presència de *Cerealía* i *Secale*. Aquest conjunt d'indicadors assenyalen que la pressió antròpica supera un llindar al que no s'havia arribat fins llavors. La pressió antròpica s'ha considerat molt alta.

8) CMB-I / H

La recuperació dels valors d'AP amb alts i baixos poc significatius afavoreix el desenvolupament d'espècies fortament desforestades en la fase anterior com són *Abies* sp., *Corylus* i *Quercus* caducifoli. La pressió antròpica disminueix fortament com ho demostra la pràctica desaparició de *Cerealía* i el descens acusat respecte el període anterior de *Poaceae* i *Plantago* sp. La pressió antròpica s'ha considerat mitjana alta.

9) CMB-I / I

Aquesta zona determina la màxima pressió antròpica de tota la seqüència. La pressió antròpica s'ha considerat molt alta. La caiguda d'AP és general i només *Alnus* i *Olea* (de procedència llunyana) resisteixen el descens. Les espècies arbòries que més cauen són *Abies* sp. (pràcticament s'extingeix) i *Pinus* sp. Aquest fet contrasta amb l'augment de les espècies pròpies de prats i pastures (*Poaceae* sp., *Plantago* sp., *Rumex* sp., etc.), de la mateixa manera que també creixen les espècies pròpies de bosquines (*Rhod-Vacc.*, *Calluna* sp., *Artemisia* sp., etc.) i les conreuades (arbòries: *Juglans* i *Castanea*; i herbàcies: *Cerealía*, *Secale*, *Linum*, etc.).

4.2.3 La continuació de les feines a l'estany de Burg

Paral·lelament al procés que s'acaba de descriure i durant el temps que ha durat la realització definitiva del diagrama pol·línic la recerca d'investigació no s'ha parat. En aquest sentit serveixi aquest apartat per mostrar de quina manera s'han continuat les feines entorn a l'estany i amb quina finalitat s'han realitzat. Treballs que bàsicament han consistit en una segona fase d'extracció de mostra i en la investigació sobre l'origen i la formació del propi estany des d'un punt de vista geomorfològic.¹⁹

¹⁹ Aquesta feina ha servit perquè Alexis Vizcaino dugués a terme el treball final de carrera de Geologia (Vizcaino, 2003)

4.2.3.1 La segona extracció de mostra

L'any 2001 es va realitzar una segona campanya de treball a l'estany que ha servit per aprofundir en el coneixement del dipòsit sedimentari i ha permès l'extracció de mostra per continuar les feines de comptatge i identificació pol·línica. Les feines es van desenvolupar complementàriament però van constar de tres parts clarament diferenciades i efectuades per persones de l'empresa IGEOEST, a qui ja se li havien encarregat les feines del primer sondeig i personal del Centre d'Art i Natura de Farrera i el departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona.²⁰

La prospecció geomecànica

Els Sondatges Elèctrics Verticals (SEV) havien permès realitzar un dibuix aproximat de les capes de material de l'estany de Burg però estaven mancats de la precisió necessària per dur a terme una extracció de mostra contínua a gran profunditat. Per aquest motiu abans de realitzar l'extracció de material es va dur a terme una prospecció geomecànica amb l'execució de tres sondatges a penetració dinàmica contínua (DPSH) per tal de determinar l'indret més adient per obtenir la màxima potència de material orgànic.²¹ Amb aquesta finalitat es van efectuar tres forats:

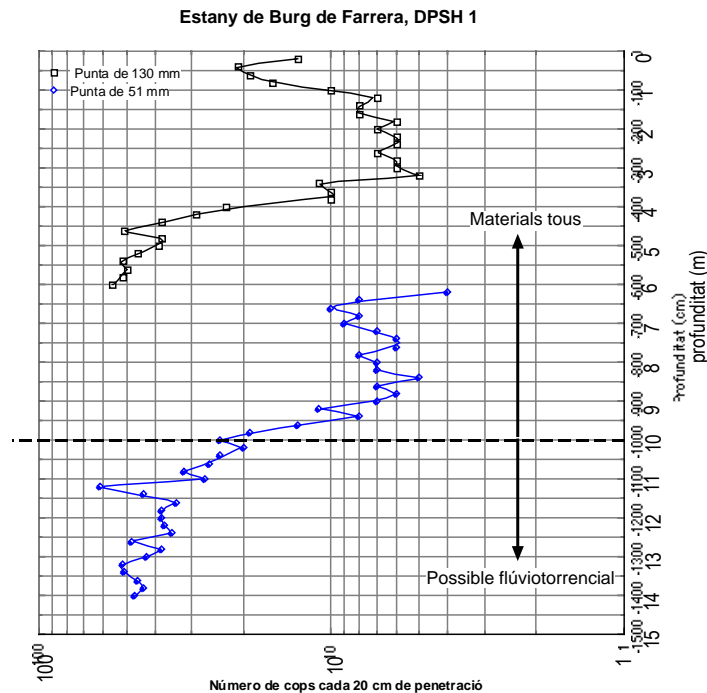
a) El sondatge a penetració dinàmica contínua número 1 (DPSH 1) es va identificar com a CMB-II i es va localitzar a 130° i 51,5 metres respecte CMB-I en el marge sud-est de l'estany. El primer tram del forat (6 metres) es va efectuar amb una punta recuperable de 130 mm de diàmetre i la segona part (fins a 14 metres) amb una punta recuperable de 51 mm.

En la Figura 4.10 que s'acompanya es pot observar com a partir dels onze metres el número de cops comença a ser superior a vint. Aquest canvi de resistivitat s'ha interpretat com un canvi de capa que donaria pas a materials més propis de la sedimentació glacial. Els materials tous donen pas al que V. Turu ha anomenat inicialment materials fluvio-torrencials (Turu, 2001).

²⁰ Tal i com es recull en l'informe final d'aquesta campanya (Turu, 2001): "la prospecció geomecànica prèvia va ser coordinada pels Srs. A. Esteban i V. Turu, l'extracció de mostra contínua va ser dirigida pels Srs. A. Esteban, X. Ros i V. Turu, el mostreig i etiquetatge pels Srs A. Esteban i A. Pèlach, mentre que la prospecció geofísica fou dissenyada pels Srs J. Palomar i J.M. Soriano. En la realització dels diferents treballs es va efectuar amb els senyors Albert Pèlach, Joan Manel Soriano, Agustí Esteban, Antonio Sánchez, Gemma Bazán, Almudena Salazán, Félix Bazán, Xavier Ros, Jordi Palomar i Valentí Turu".

²¹ L'operació consisteix en clavar tiges de ferro i anotar la cadència de cops cada 20 cm, com que sempre s'empra la mateixa força mecànica (Penetòmetre ROLATEC) és possible calcular la diferent resistència dels materials i interpretar els canvis en profunditat (Turu, 2001).

Figura 4.10 Representació gràfica DPSH1



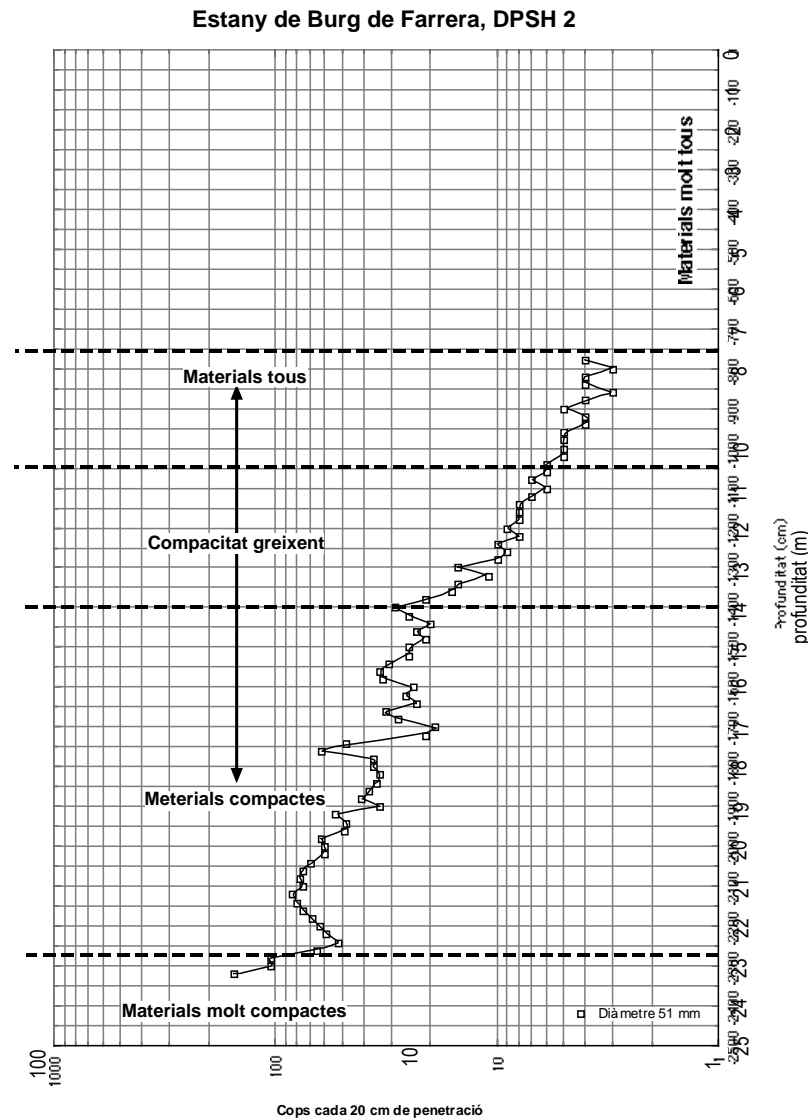
Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (2001)

b) El DPSH 2 es va identificar com a CMB-III i es va localitzar a 120° i només 4 metres de CMB-I, a l'interior de l'estany. La punta emprada fou de 51 mm no recuperable. Fins a 7,6 metres de profunditat no va començar pròpiament el sondatge, ja que el material era tan poc compacte que el pes de la maça del penetròmetre dinàmic era suficient per incidir en el sediment de forma estàtica. En aquest cas el DPSH es va fer arribar fins una mica més dels 23 metres de profunditat.

En la Figura 4.11 es pot veure com els cops es van mantenir constants (més o menys tres cops cada 20 cm) fins els 10,60 metres. A partir d'aquest punt la resistència augmenta, la qual cosa s'ha atribuït a un canvi de granulometria. A partir dels 14 metres de profunditat la resistència augmenta d'una forma més progressiva que no pas en l'estadi inferior.

Cal observar com després d'un augment del nombre de cops als 18 metres, hi ha una disminució de la cadència que torna a augmentar progressivament fins als 21,5 metres, moment en el que torna a haver una disminució de cops. S'ha relacionat aquest episodi amb el till. A partir de 22 metres de profunditat el nombre de cops s'eleva ràpidament a valors superiors a 100, el material és molt més compacte (Turu, 2001).

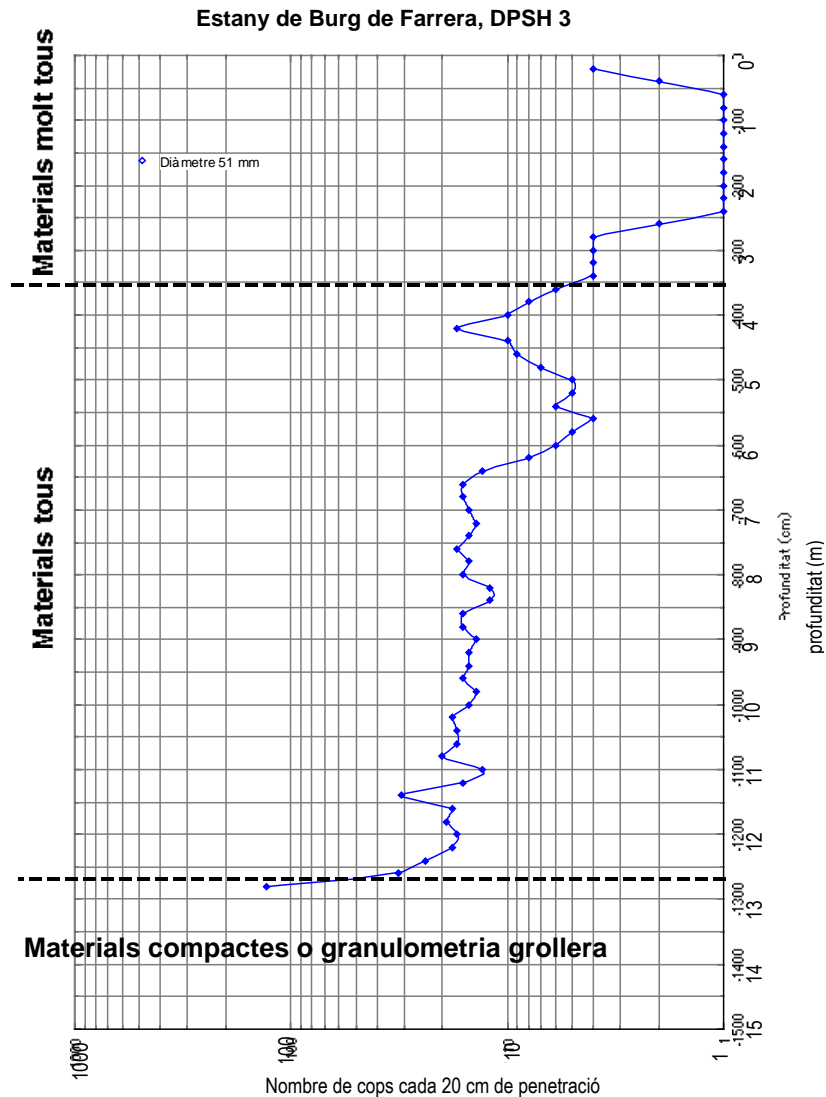
Figura 4.11 Representació gràfica DPSH2



Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (2001)

c) Com que CMB-III havia donat molta profunditat i això feia pressuposar que era un bon lloc per l'extracció de la mostra contínua, es va voler assegurar la localització amb un tercer DPSH 3, que es va etiquetar com a CMB-IV. La seva situació va ser a 175° i 45,7 metres respecte CMB-I, de nou a fora de l'estany i al sud dels límits actuals del paleollac, al costat d'un pi negre d'escassa edat però suficientment desenvolupat i aïllat com per identificar-lo en un futur. Les particularitats tècniques foren les mateixes usades que per a CMB-III. En aquest cas es va arribar però fins als 12,6 metres de profunditat.

Figura 4.12 Representació gràfic DPSH3



Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (2001)

Amb aquests resultats es va decidir que el millor lloc per a dur a terme el sondeig havia de ser proper a DPSH 2, CMB-III perquè era el que oferia un major gruix de materials susceptibles de ser analitzats. A l'igual que a DPSH 2 els primers metres la penetració fou pràcticament estàtica (Figura 4.12). A partir dels 3,5 metres el nombre de cops és inferior a 10 cops i superior a 3; això passa fins als 6,6 metres de profunditat. A partir d'aquesta profunditat el nombre de cops sempre és superior a 10 per cada 20 cm. A 12,6 metres es detecta un canvi clar de resistència a la penetració dinàmica. S'ha interpretat aquest fet per la presència a partir dels 12,6 metres d'un till subglacial.

La prospecció geoelèctrica

Com a continuació dels SEV efectuats a l'anterior campanya i per tal d'afinar més en el coneixement i disposició de materials de la cubeta es van realitzar dues pseudoseccions elèctriques amb dispositius de tipus Wenner (Turu, 2001: 13): "Les pseudoseccions elèctriques permeten l'estudi de les variacions laterals en la resistivitat del subsòl. És per tant, un mètode d'investigació horitzontal a profunditat aproximadament constant i molt escaient per detectar contactes geològics verticals o inclinats, canvis laterals de fàcies, metal·litzacions, discs i altres cossos o estructures que es presenten com a heterogeneïtats laterals de resistivitat". Per poder aplicar aquesta tècnica es van marcar damunt l'estany dos perfils d'orientació contrària: un est-oest (PS1) de 108 metres de longitud total i un altre nord-sud (PS2) de 124 metres, que passaven ben a prop de CMB-I i per tant, per l'interior de l'estany. Com que la tècnica de camp de les pseudoseccions elèctriques és similar a la dels SEV va ser necessari clavar piquetes de ferro separades cada 2 metres a cadascun dels perfils (Turu, 1999 i 2001). Les característiques tècniques d'aquesta operació es recullen en la Taula 4.8:

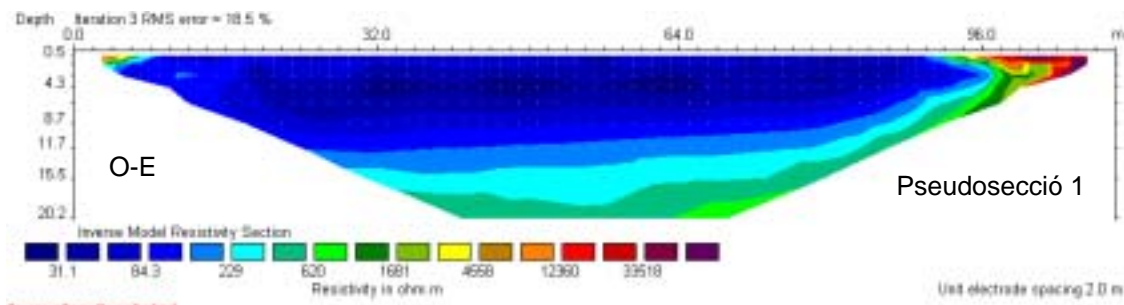
Taula 4.8 Característiques tècniques de PS1 i PS2

	Número d'elèctrodes	Equidistància	Longitud total	Orientació
PS1	54	2 m	108 m	E-O
PS2	62	2 m	124 m	N-S

Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (2001).

En línies generals la principal diferència respecte els SEV és el fet que els elèctrodes s'han de desplaçar lateralment al llarg del circuit un cop efectuada cada mesura. Aquest dispositiu permet detectar els canvis laterals de resistivitat que esdevenen entre la superfície del terreny a una profunditat aproximada a la meitat de la distància existent entre els elèctrodes dels extrems del circuit (Turu, 2001). En el treball efectuat a l'estany de Burg la profunditat d'investigació va arribar fins als 20 metres de profunditat. Una vegada fet això "la prospecció mitjançant pseudoseccions es realitza de forma seqüencial i amb obertures de AB i MN progressivament majors, hom obté una visió general de l'estructura del subsòl però amb una morfologia triangular, ja que als extrems de les pseudoseccions únicament existeixen dades superficials mentre que al centre de la pseudosecció s'assoleixen les profunditats més importants" (Turu, 2001: 15). Una vegada fet això, aquestes informacions es tracten amb una "cartografia elèctrica", és a dir, amb un *software* especialitzat que permet la conversió de cada pseudosecció a seccions reals de resistivitat i profunditat (Turu, 2001) (Figura 4.13).

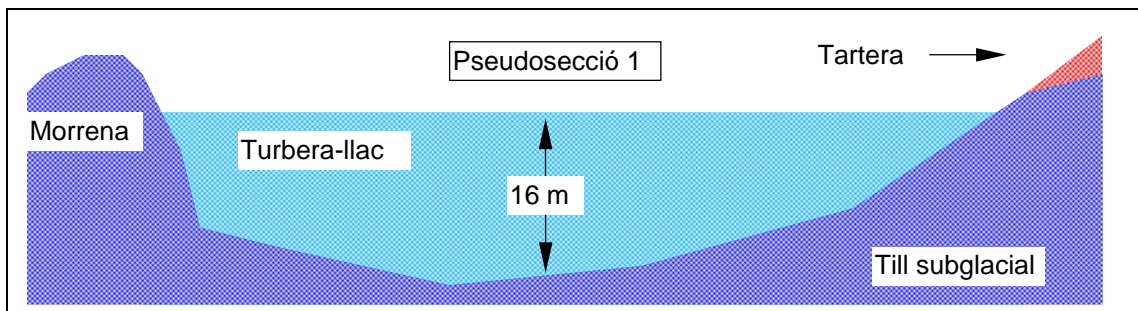
Figura 4.13 Representació gràfica de la Pseudosecció 1 (direcció Oest-Est)



Font. Valentí Turu (2001)

La interpretació que suggereix aquesta pseudosecció elèctrica és que la profunditat màxima de la part lacustre es situaria al voltant dels 16 metres, a partir d'aquí s'entraria en el domini del till subglacial. És a dir, de forma esquemàtica quedaria com recull la Figura 4.14.

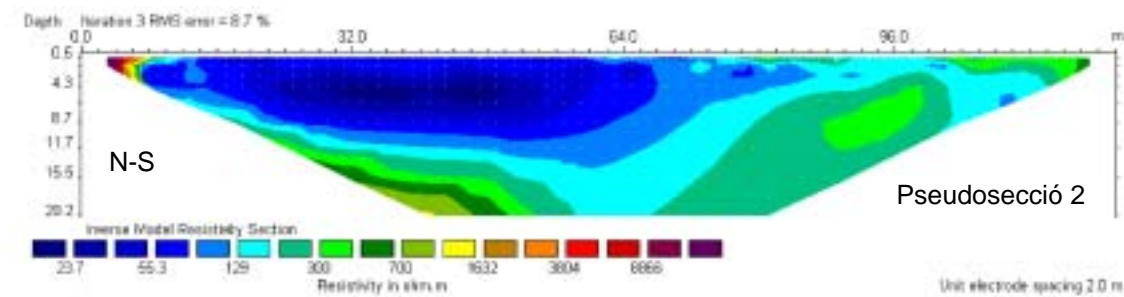
Figura 4.14 Esquema de la Pseudosecció 1



Font. Valentí Turu (2001)

La interpretació que suggereix la pseudosecció elèctrica 2 també és la ja esmentada a partir de les resistivitats aparents, no obstant s'observa un cos resistiu en profunditat en el sector sud de la pseudosecció que s'ha interpretat com un canal de graves (Figura 4.15).

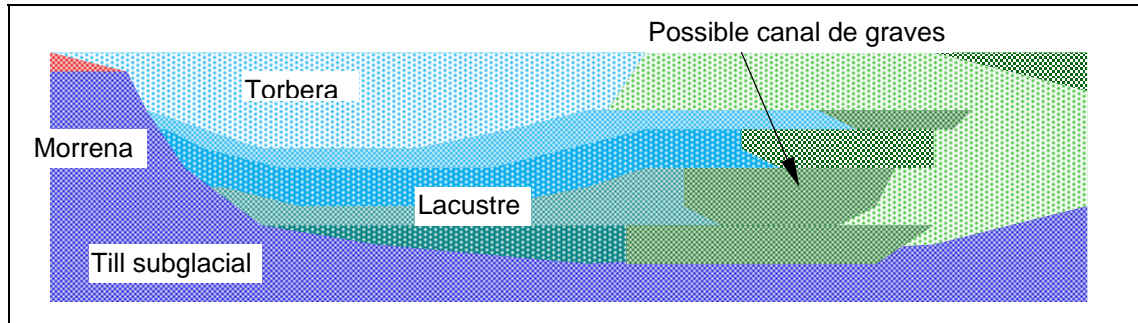
Figura 4.15 Representació gràfica de la Pseudosecció 2 (direcció Nord-Sud)



Font. Valentí Turu (2001)

De forma esquemàtica la representació d'aquesta pseudosecció 2 es pot veure a la Figura 4.16

Figura 4.16 Esquema de la Pseudosecció 2



Font. Valentí Turu (2001)

El mostreig amb recuperació de mostra contínua

Les indicacions de la prospecció geomecànica i la voluntat de poder correlacionar els resultats de CMB-I amb aquest nou mostreig que s'ha catalogat com a CMB-V, van aconsellar fer el nou forat a 1,95 metres un de l'altre. La recuperació de sediment es va començar a partir dels 6 metres de profunditat perquè no es volia doblar la informació de CMB-I. Així inicialment es va treballar de nou amb la sonda edàfica *Eijkelkamp* que aquesta vegada es va fer baixar fins als 9 metres de profunditat, gràcies a l'ajuda del penetròmetre ROLATEC que va servir per superar la resistència mecànica del sediment. Entre els 9 i els 15 metres de profunditat el sondeig s'ha efectuat a percussió amb una cullera de 63 mm exterior i 50 mm interior, prenent la mostra amb tiges d'un metre de llargada. En aquest sondeig s'han efectuat dues entubacions amb tub de PVC, una de 125 mm fins als 6 metres i una de 90 mm fins als 9 metres de profunditat (Turu, 2001).

El sondeig va presentar força problemes degut al material utilitzat per realitzar aquesta tasca, per això el testimoni número 7 de CMB-V, entre 11 i 13 metres, només es va poder recuperar parcialment perdent-se bona part del sediment. Això va motivar que s'aprofités el forat fet per extreure CMB-I per tal de recuperar la mostra que s'havia perdut a CMB-V. A la Taula 4.9 es recullen els 16 testimonis extrets en aquesta segona campanya i les profunditats assolides tant de CMB-V com de CMB-I:

Taula 4.9 Nombre de mostres i fondàries assolides en la segona campanya a l'estany de Burg

Sondatge	Mostra	Fondària	
		Inici	Final
CMB-V	M1	6,00	6,57
CMB-V	M2	6,57	7,20
CMB-V	M3	7,20	7,91
CMB-V	M4	7,91	8,80
CMB-V	M5	9,00	10,00
CMB-V	M6	10,00	11,00
CMB-V	M7	11,00	13,00
CMB-V	M8	13,00	14,00
CMB-V	M9	14,00	15,00
CMB-V	M10	15,00	16,00
CMB-V	M11	16,00	17,00
CMB-V	M12	17,00	18,00
CMB-I	M13	6,57	7,57
CMB-I	M14	10,60	11,60
CMB-I	M15	11,60	12,60
CMB-I	M16	12,60	13,60

Font. Elaboració pròpia a partir de Valentí Turu (2001)

La intenció inicial va ser aprofitar tot aquest material per realitzar de nou l'anàlisi pol·línica, però la gran quantitat de sediment extret requeria una inversió de temps i esforç que superava l'ambició d'aquesta tesi, i per això s'ha deixat per més endavant. A més, la recuperació de la mostra a partir dels 11 metres de profunditat no havia anat tot el bé que era d'esperar i per això abans de res es va decidir fer una descripció sedimentària detallada de la mostra extreta. D'aquesta manera es veuria fins a quin punt hi havia concordança, o no, entre els diferents testimonis i s'observaria a quina profunditat començava a haver restes directes de testimonis glacials amb la més que probable pèrdua de riquesa pol·línica. Igualment va semblar important efectuar paral·lelament algunes datacions de ^{14}C que permetessin situar cronològicament la base de la seqüència i fer una previsió del potencial de l'estany de Burg (Taula 4.10):

a) La primera datació precisament es va efectuar en una gran macroresta trobada al testimoni número 7 de CMB-V i per tant es desconeix amb certesa la profunditat (situada entre 11 i 13 metres). Si es va efectuar aquí i no a un altre lloc és com a conseqüència que la datació es va fer sobre la macroresta (identificada com a *Betula* sp. tant al *laboratori de Biodeterioració* amb la supervisió de la Dra. Rosa Rocabayera com al *Servei d'Anàlisis Arqueològiques* amb la supervisió de la Dra. Raquel Piqué, ambdós de la Universitat Autònoma de Barcelona) i a més permet situar a grans trets la mostra extreta de l'estany sense problemes de recuperació, la base de la qual es trobaria aproximadament a 13170 cal BP.

b) Una segona datació es va efectuar també sobre una macroresta que ha estat identificada com a *Pinus sylvestris* i que es trobava en el testimoni número 10 de CMB-V a 15,06 metres de profunditat. Aquesta datació ha trencat la seqüència que fins ara era gradual en profunditat (quan més profund,

més antic) i fa sospitar d'alguna mena de problema a l'hora de prendre la mostra a CMB-V per sota d'11 metres. Si bé en l'estat actual de la recerca això només es pot apuntar com una hipòtesi, el cert és que la datació ha donat molt per sota del què era d'esperar i per això en un futur caldrà efectuar d'altres datacions per conèixer l'edat basal del testimoni.

Taula 4.10 Datacions de ^{14}C de CMB-V

Mostra (m)	Codi Laboratori	Material	Datació convencional BP	Intercepció corba calibració cal BP	Datacions calibrades a 2σ (95% probabilitat)
11-13	Beta-164088	fusta	11270 \pm 60	13170	cal BP [13740 (13730, 13460) 13020] cal BC [11780 (11770, 11510) 11070]
15,06	Beta-177169	fusta	7990 \pm 40	8980	cal BP (9010, 8660) cal BC (7060, 6710)

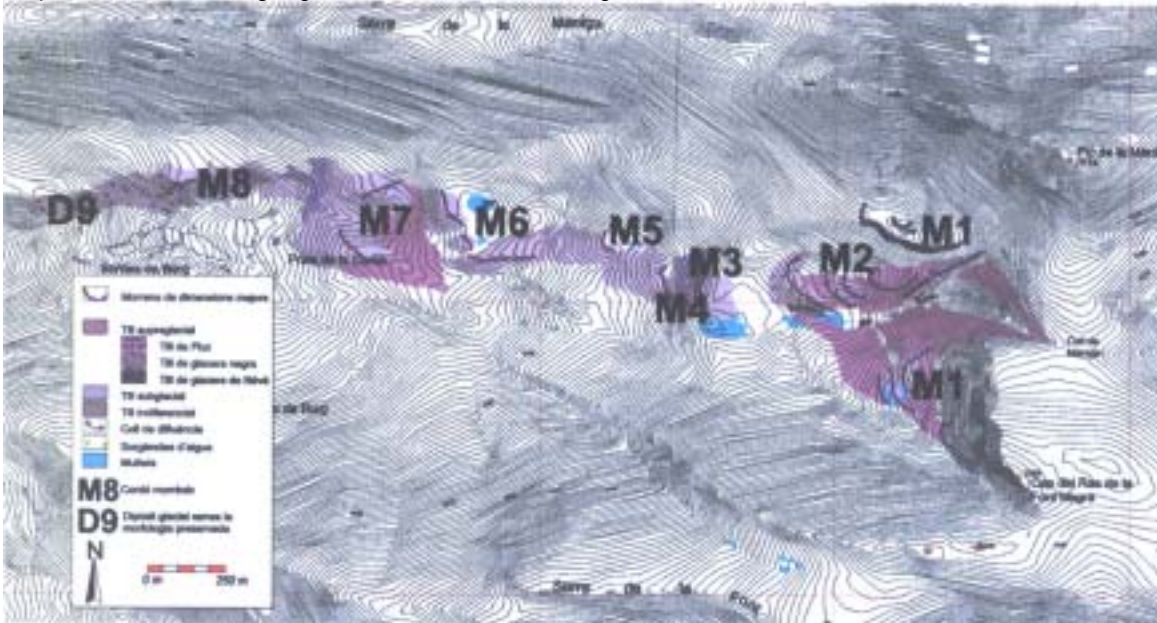
Font. Elaboració pròpia a partir de Beta Analytic Inc.

4.2.3.2 L'origen de l'estany de Burg i la seva cronologia: algunes consideracions

De nou vull agrair al geòleg Alexis Vizcaino les facilitats donades per utilitzar el seu projecte final de carrera com a model per explicar aquest apartat (Vizcaino, 2003). I és que si bé algunes parts d'aquesta interpretació les vam efectuar de forma conjunta (descripció sedimentològica de CMB-V), sense el seu ajut jo no hauria sabut resoldre alguns problemes més propis de la feina del geòleg. En aquest sentit reiterar igualment el meu agraïment als geòlegs Dr. Martí Bono, Dr. Raimon Pallàs i Valentí Turu que en companyia d'alguns membres del GRAMP van efectuar una sortida de camp de dos dies per a posar les bases del que havia de ser la història geomorfològica de la Coma de Burg. Tot el que s'explicarà a continuació en bona part va gestar-se aquells dies.

En alguns treballs precedents (Pèlach, 2001a i 2001b) s'havien fet algunes interpretacions sobre l'origen glacial de l'estany de Burg. Fins ara però no s'havia aprofundit en el tema (Vizcaino, 2003). De l'evolució geomorfològica de la Coma de Burg interessa conèixer sobretot els condicionants que van permetre la formació de l'estany de Burg (origen) i la seva cronologia respecte la resta d'aparells glacials de la pròpia vall. Tot plegat amb la intenció d'aprofundir l'anàlisi de les restes paleolacustres i conèixer la potencialitat de la informació emmagatzemada. Per això cal dir d'entrada que a partir del treball de camp i la fotointerpretació de la fotografia aèria de l'any 1956 s'han identificat diverses restes glacials: "a la Coma de Burg s'hi troben fins a 8 cordons o conjunts de cordons morrènics que de més antic a més modern he anomenat de Morrena 8 (M8) a Morrena 1 (M1). De tota manera afloren dipòsits que no mostren morfologia de cordó morrènic. El que es troba per sota d'M8 l'he anomenat Dipòsit 9 (D9)" (Vizcaino, 2003: 12). La distribució d'aquests elements es pot observar en el mapa geomorfològic adjunt de la Coma de Burg (Mapa 4.3).

Mapa 4.3 Geomorfologia glacial de la Coma de Burg



Font. Alexis Vizcaino (2003)

L'origen

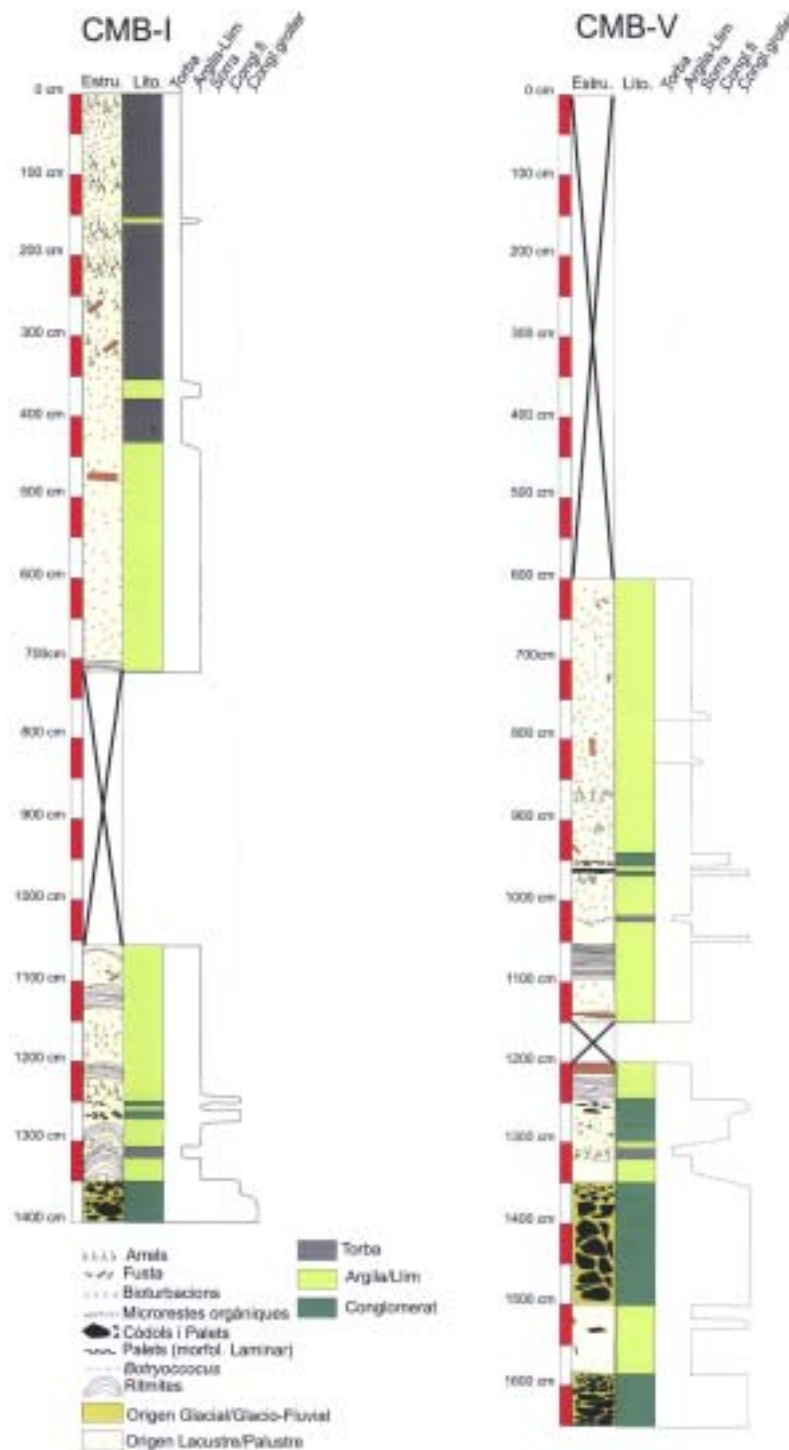
El treball de camp ha permès observar que l'origen de l'estany s'ha format per obturació morrènica frontal (i lateral) de manera que en obstruir-se el sistema de drenatge de la vall l'aigua acumulada va formar un llac. Ara bé, l'estany es troba desplaçat respecte de l'eix central de la vall. De fet, una primera observació del mapa geomorfològic permet veure com diferents conjunts morrènics es troben desplaçats respecte l'eix central de la vall, la qual cosa no deixa de ser sorprenent tenint en compte que es situen a la solana de la vall (veure sobretot M6 i M7), és dir, teòricament en aquella part menys favorable per a la conservació del gel. L'anàlisi dels diferents conjunts morrènics ha permès donar una explicació a aquest fet i que Alexis Vizcaino basa en "un desequilibri en el balanç de forces del sistema format entre el vessant i la glacera, de manera que la formació del dipòsit glacial fos coetani als moviments de massa [...] El desequilibri podria haver-se generat en erosionar-se la base del vessant del nivell superior de la superfície estructural. El desfalcament hauria permès el moviment translacional de part del vessant de solana. Aquest fet explicaria la presència del sediment glacial a la solana de la vall on, a priori, ha d'existir més insolació i, per tant, menys gel. Aquesta hipòtesi es recolza en la presència d'una gran quantitat de moviments de massa a la zona inferior de la Coma de Burg. També s'observen lòbuls d'esllavissada a les Bordes de Burg encara que es troben força degradats tant per l'activitat antròpica com per l'erosió" (Vizcaino, 2003: 23). De fet l'estany està obturat pel cordó que

assoleix un major desplaçament respecte l'eix de la vall, i a partir d'aquí la resta de cordons semblen recuperar l'eix de la vall (veure sobretot M2, M3 i M4).

La cronologia

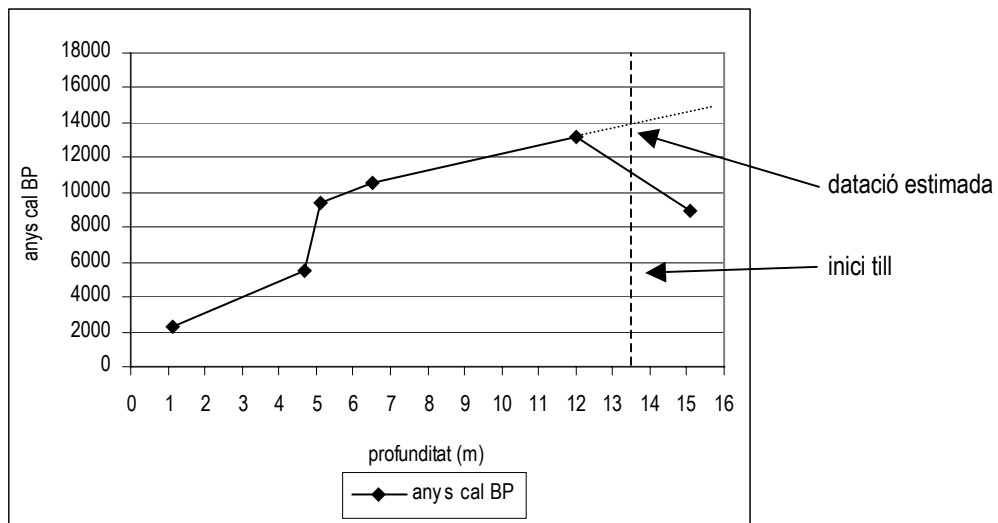
La recuperació de mostra de CMB-V i el segon tram de material extret de CMB-I han permès fer una descripció del testimoni que complementa les dues datacions de ^{14}C disponibles. Malauradament, les deficiències en el sondeig entre els 11 i 13 metres (només se n'han recuperat 99 cm) i la datació invertida que surt a la part baixa del testimoni no permeten ser optimistes en quant a la qualitat de la mostra recuperada a partir dels 11 metres. Sí que ha permès observar el tipus de material que es troba a la base de l'estany i la seva profunditat. A continuació s'adjunta la interpretació sedimentològica que de CMB-I i CMB-V ha realitzat Alexis Vizcaino (2003) (Figura 4.17). En aquestes figures es pot observar com la litologia argila/llim es fa pràcticament contínua a partir dels 4,5 metres i arriba, amb algunes fàcies de conglomerat i torba, fins als 13,5 metres de profunditat, observació que tant és vàlida per a CMB-V com per a CMB-I. Per tant, sembla que com a mínim fins a 13,5 metres és possible trobar restes d'origen lacustre i palustre, moment en el que hi hauria una transició als sediments d'origen glacial o glacio-fluvial. Tal i com es pot observar a CMB-V però, no es pot descartar que a partir dels 15 metres hi hagi alguna transició en mig de dues capes de materials d'origen glacial que donés peu a alguna mena de dipòsit sedimentari de tipus llimós o argilós (tal i com s'ha pogut veure en les Figures 4.8 i 4.10, el sondeig geoelectric indica una màxima profunditat del sediment lacustre a 16 metres). De fet, la datació que no ha sortit bé es correspon amb una macroresta d'aquesta capa a partir del metre 15 de profunditat. Com que de moment no ha estat possible datar el sediment, no és possible saber fins a quin punt aquest episodi és un error del sondeig o es correspon amb una capa aïllada entre dos nivells de till. En la Figura no s'han representat els dos últims metres de CMB-V, perquè no presenten diferències respecte el darrer tram del testimoni. A CMB-V també, es pot observar com els diferents episodis de ritmites descrits s'inicien al voltant dels 10,50 metres i arriben fins als 12,45 metres, a CMB-I l'inici es dona més o menys a la mateixa profunditat i arriba fins als 13,5 metres just abans d'arribar al till. Tanmateix a CMB-I, s'han pogut descriure unes ritmites que no tenen correlació amb CMB-V entorn als 7 metres de profunditat. Com que el sondeig es va interrompre en aquell punt (per tal de no doblar informacions amb CMB-V) no se sap fins a quin punt aquestes són puntuals i poden explicar la dinàmica de l'estany. També destaca la gran quantitat de macrorestes que apareixen al llarg de tota la seqüència. En aquest sentit als metres 8 i 9 del testimoni, el Dr. Ramon Pérez Obiol va comprovar la presència d'abundants diatomees (*Cymbella* i *Botryococcus*) la qual cosa permet ser optimistes a l'hora d'ampliar la feina de reconeixement de microrestes vegetals.

Figura 4.17 Descripció sedimentològica de CMB-I i CMB-V



Font. Alexis Vizcaino (2003)

Amb aquestes informacions s'ha cregut convenient realitzar la Figura 4.18 entre les datacions de ¹⁴C disponibles i les diferents profunditats en les que s'han realitzat.

Figura 4.18 Relació establerta entre les datacions de ^{14}C i la seva profunditat

Font. Elaboració pròpia

La idea ha estat realitzar una estimació de l'edat basal de la primera sedimentació no glacial. Per dur a terme aquesta tasca s'han tingut en compte diferents hipòtesis:

1) S'ha fet suposant que una vegada apareix el till aquest no tingués d'altres capes de sediment no glacial intercalades, cosa que no seria impossible segons l'anàlisi de CMB-V.

2) S'ha ubicat la fusta de bedoll als 12 metres de profunditat ja que es correspon amb el punt intermedi d'on s'ha donat l'error (entre els 11 i els 13 metres). (vegeu Taula 4.10).

3) S'ha admès el possible error de no considerar cap transició glaciofluvial entre el till i el sediment glacio-lacustre, sinó que s'ha estimat que el sediment glacial passava a ser glacio-lacustre directament. Per això s'han marcat els 13,5 metres de profunditat com l'inici del till.

4) S'ha considerat una sedimentació constant a partir de la datació del bedoll.

5) Lògicament, s'ha tingut en compte que la datació efectuada a més profunditat era errònia.

La consideració de tots aquests "errors" ha permès calcular una edat basal estimada entorn a 14.000 anys cal BP, xifra que podria augmentar o disminuir si canvien alguns dels paràmetres que s'han indicat com a hipòtesis. En qualsevol cas, l'estudi del Tardiglacial en alta resolució no sembla cap fita impossible, i l'estany de Burg es presenta com un excel·lent àmbit d'estudi per a dur a terme investigacions de tipus climàtic i d'evolució de la vegetació.

4.3 L'antracologia de carboneres: el cas dels boscos de Virós

Els treballs al bosc de Virós des del GRAMP s'han iniciat en el marc d'aquesta investigació. I per tant, no hi ha antecedents del grup de recerca que represento en aquesta zona, com tampoc en aquesta temàtica (l'antracologia a partir de les restes en carboneres) que és nova pel grup. A l'igual que en l'apartat 4.2 (La palinologia: l'estany de Burg) el finançament per dur a terme totes les feines realitzades ha estat possible gràcies al suport dels diferents grups de recerca dirigits per Antoni Francesc Tulla Pujol.

Sí que existeix un precedent pel que fa a l'estudi antracològic de carboneres al bosc de Virós: la tesi de Bernard Davasse (2000). Aquest autor que va fer una tesi comparativa entre diferents valls del Pirineu central francès però a més, va fer una incursió a la Vallferrera per a tenir elements de comparació amb la vessant septentrional; un dels boscos analitzats va ser el de Virós.

La falta de referents sobre antracologia de carboneres va motivar una estada de recerca a la Universitat de Toulouse-le-Mirail l'any 2002, al laboratori del GEODE (*Géographie de l'Environnement*), grup d'investigació amb una àmplia trajectòria en estudis mediambientals i del paisatge, i que compta amb especialistes experts en l'estudi de les carboneres i la dinàmica forestal, entre d'altres temàtiques.

L'antracologia és la ciència que estudia (identifica i quantifica) les restes vegetals carbonitzades que han passat a formar part de nivells sedimentaris; per tant, es basa en principis similars als de la palinologia.²² Són diversos els registres en els que es poden trobar restes vegetals carbonitzades (en perfils edàfics, en dipòsits lacustres, en jaciments arqueològics, etc). Per això d'entrada, una primera classificació de les restes de carbó es pot fer a partir de saber si són el producte de la combustió de la fusta, per la qual cosa la intenció inicial no era produir carbó, o bé si són fruit d'una elaboració expressa en què l'objectiu final era obtenir carbó (Vernet, 1997). Aquesta recerca es centrarà en l'elaboració expressa de carbó, ja que a més de font energètica per a l'alimentació i l'escalf, durant bona part de la història ha estat una font d'energia per a la transformació de mineral. I és que el pas de mineral de ferro a ferro pel procediment directe s'ha fet de diferents maneres al llarg de la història (Cantelaube, 2002), però sempre hi ha hagut dos elements indispensables en aquest procés: mineral de ferro (mena) i carbó.

²² Segons Lucie Chabal (1997) "l'antracologie est l'étude de charbons de bois recueillis soit en milieu archéologique, soit dans des sédimentations naturelles. Beaucoup plus marginalement, on retrouve aussi du bois gorgé d'eau en contexte anaérobie (contenus de puits de zones palustres...) ou imprégné d'oxydes métalliques (tel un manche d'outil) ou d'autres minéraux. Dans chacun de ces cas, la structure anatomique du bois est conservée, presque intacte dans les charbons de bois, et permet une identification botanique de l'essence (anthraco-analyse). Puis est interprété, selon l'origine du dépôt, soit le milieu naturel dont provient le bois, soit l'usage que l'homme a fait de ce bois" (Chabal, 1997: 9-10). En l'actualitat hi ha disciplines complementàries en la recerca i estudis de carbons vegetals, en aquest sentit s'hauria de parlar de "la pédo-antracologie -la qual estudia- (...) des charbons de bois issus principalement d'incendies de végétation et non du bois utilisé par l'homme" (Chabal, 1997: 10).

Bona part dels criteris que porten a la consideració que aquesta recerca s'havia de desenvolupar al bosc de Virós tenen el seu origen en el topònim que dona nom a la Vallferrera: *valle ferraria* prové del llatí tardà, i significa vall on es produeix ferro (Alcover i Moll, 1993: 660). Per tant, si gairebé sempre en moltes de les zones forestals catalanes la producció de carbó ha estat un recurs energètic domèstic més (cuines econòmiques, estufes, etc.), per a determinades regions, d'entre les quals hi ha la Vallferrera, aquest recurs pot associar-se a una producció siderúrgica o metal·lúrgica més o menys antiga.²³ En aquest sentit, la recerca iniciada uns anys abans (Pèlach, 2000) i el treball realitzat per Bernard Davasse (2000) confirmava aquesta hipòtesi quan situava al bosc de Virós uns carbons barrejats amb mineral de ferro entre els segles III i IV dC. A més, tot i que fent un salt en el temps, els treballs dels historiadors Josep Maria Bringué (1995) i Carlos Mas (2000) expliquen com des del bosc de Virós sortia bona part del mineral de ferro que permetia alimentar la major part de fargues que funcionaven a la vall i a la seva àrea d'influència entre 1750 i 1850, període considerat de màxima pressió metal·lúrgica en aquesta part dels Pirineus. I per això, malgrat que fins ara la major part d'estudis paisatgístics s'han basat en la relació establerta entre la societat i el medi a partir de tres activitats: l'agricultura, la ramaderia i la silvicultura, va semblar oportú analitzar l'impacte de la metal·lúrgia com activitat igualment configuradora de paisatges. Aquests indicis, juntament amb el fet que la recerca pal·linològica s'acabava al començament de l'Edat Mitjana i per tant, calia indagar sobre els darrers 1.000 anys d'història vegetal d'una forma més específica, van motivar l'interès d'aquesta recerca centrada en l'estudi de les restes vegetals carbonitzades trobades en el què popularment es coneix com a carboneres.

L'elaboració de carbó implica un seguit de treballs que tenen a veure amb la "tallada" i "arreplegada" de la fusta, com a pas previ a la construcció de la pila (o carbonera),²⁴ que donarà pas a l'encesa de la fusta per a la cocció de carbó.²⁵ Una vegada el carbó està cuit ja només queda desmuntar la pila, retirar el carbó i ensarriar-lo pel seu transport.²⁶ Tot aquest procés té una forta càrrega cultural la qual cosa

²³ En aquesta tesi aquestes expressions s'usaran com a sinònims després de veure que la metal·lúrgia és una branca de la ciència i de la tècnica que estudia els procediments per a l'obtenció dels metalls i llur transformació i elaboració per a una utilització racional. I la siderúrgia és un conjunt de tècniques i de procediments que permeten l'extracció del ferro i l'elaboració dels seus derivats (Enciclopèdia Catalana, 1998).

²⁴ Si bé sembla que hi pot haver diferents tipus de carboneres, i que les més antigues de totes, segons pels testimonis trobats, eren de fossa (Bielenin, 1992; Izard, 1999; Métaillié i Jalut, 1991), en aquesta recerca es buscaran els testimonis de les "clàssiques", és a dir, les de tipus "vertical".

²⁵ Segons Cèsar Gutiérrez (1996: 21) "el carbó, fruit de la combustió incompleta de la llenya, és una substància negra i porosa, molt pura, amb molt poques sals i un gran percentatge de carboni. El procés de carbonització es basa en el fet que la llenya cremi en combustió somorta, amb dèficit d'oxigen, en comptes de cremar amb flama i donar cendres. La carbonització significa la pèrdua aproximadament d'un 80% del pes de llenya i del 60% de les seves calories. De les 3.700 kcal/kg que acostuma a tenir la llenya d'alzina es passa a una potència calorífica de 7.200 a 7.600 kcal/kg".

²⁶ En aquest sentit hi ha diferents treballs que poden il·lustrar aquest conjunt de tasques, a Catalunya per exemple molts són del Montseny (Gutiérrez Perarnau, 1996; Zamora Escala, 1996), però també n'hi ha d'àmbit més genèric (Mascarella, 1993; Forment, 1994). Segons algunes fonts (Métaillié i Jalut, 1991; Mas, 2000) sembla que els textos de 1761 i 1835 de Duhamel du Monceau i Foy *et al.* són els més antics sobre la construcció de carboneres. En un caire més general hi ha d'altres fonts

genera diferències locals en la forma de construcció de la carbonera (sobretot pel que fa al sistema de ventilació i la forma d'apilar els troncs),²⁷ en la forma de conduir l'escalfor (de dalt cap a baix o a l'inversa),²⁸ en la manera de recollir el carbó i mesurar els pes del carbó,²⁹ i fins i tot en la selecció de la fusta, l'alimentació i la reutilització de les carboneres,³⁰ etc.

igualment interessants de consultar a l'hora de trobar diferències regionals, pel Cantàbric M. García Alonso (1999), entre el sud i el nord de Catalunya (Zamora Escala, 1996; Mas, 2000), a Guipúzcoa (Carrión, 1991), a França (Fabre *et alii*, 1992; Galop, 2002; Hamon, 2000; Izard, 1999; Musset, 1996), a Itàlia (Furia, 1980; Centro per la Ricerca e la Documentazione Sulle Classi Rurali Della Valdichiana, 1981; Calegari i Simoni, 1994; Poggi, 2001), etc.

²⁷ En aquest sentit Didier Galop ha estudiat carboneres als Pirineus bascos que es construïen sobre una plataforma de troncs per afavorir la ventilació per la base (Galop, 2002b), en d'altres ocasions la diferència estava en la construcció de la xemeneia, la qual podia ser més elaborada (disposant els troncs de forma transversal en forma de quadrat) o senzilla (col·locant un tronc llarg al centre de la pila que després es retirava), si bé també hi podia haver d'altres sistemes més sofisticats amb la construcció de canals de ventilació que comunicuessin la xemeneia amb l'exterior arran de terra.

La forma d'apilar els troncs a Catalunya ha derivat en la consideració d'almenys dos tipus de carboneres tal i com explica Jaume Enric Zamora mencionant els comentaris de Violant Simorra i el llibre d'*Usos i costums de bon pagès sobre boscos i arbrades*: una pròpia del sud de Catalunya (de Tortosa?) i que s'anomenava carbonera de "manxa" o "de pila baixa" i la de "pila alta" o "boquet" que era la més utilitzada a Catalunya per les seves condicions més avantatjoses (Zamora Escala, 1996).

²⁸ Al respecte són interessants les apreciacions efectuades per Manuel García Alonso (1999) als boscos de Cantàbria quan compara dues maneres diferents de fer carbó: "esta claro que las similitudes son mayores, entre las dos formas de carbonear en Cantabria, que las diferencias. Pero, de todas formas, éstas no dejan de ser significadas. Aparte las variantes lingüísticas dialectales, la cubierta de la hoyo, algunos aperos, la materia prima, el tamaño y, sobre todo, la disposición del eje central de la carbonera y el procedimiento de encendido que determina un sentido inverso de la cocción, de arriba abajo en Aguayo y de abajo a arriba en Soba, marcan las dos tradiciones. La sobana, y por extensión de toda la zona oriental, es más fiel a la vasco-pirinéica, y con ello a la de toda la Europa suratlántica. Sin embargo, los carboneros cántabros en general, ante la inexistencia de la presión social que impulsaba a la emigración de las cuadrillas vascas por la institución de la mayorazgo, se alejan de éstos. Este oficio era ejercido por campesinos, pequeños propietarios, como recurso complementario en un medio propicio ante la existencia de una demanda determinada históricamente" (García Alonso, 1999: 100-101). Si bé no es pot generalitzar de la manera que ho fa aquest autor, per tant, tal i com denoten els cognoms bascos, no hauria d'extranyar que en determinades parts del País Basc el carboneig es realitzés igualment de baix cap a dalt com passa a Soba, de moment no hi ha constància d'aquest fet per a d'altres parts dels Pirineus. Com a hipòtesi podria semblar interessant la relació que pot tenir aquest fet amb les carboneres "atlàntiques" on la quantitat de precipitació obliga a cobrir el terra amb vegetació per evitar la humitat. S'hauria de veure si el fet de començar el foc per baix es fa per tal d'evitar que la humitat alteri la cocció del carbó, això mateix podria explicar la presència de grans troncs a la base de les carboneres basques (a part de la ventilació) o la presència de lloses en d'altres indrets (si bé també podia ser per recollir millor el carbó), no se sap; en l'estat actual de coneixements no deixen de ser hipòtesis que no es poden extrapolar a la lleugera. Per tant, prudència.

²⁹ A Itàlia s'han trobat carboneres completament "netes de carbó": "En Italie, en Bourgogne et en Auvergne, la constitution d'une meule se faisait après ratisage complet des charbons de la meule précédente" (Dubois, Métaillié i Izard, 1997: 534). És a dir, el carbó es recollia de tal manera que s'aprofitava gairebé tot i el poc que quedava a la plaça carbonera s'escombrava, llençant els carbons més petits a la part davantera, per això allà l'anàlisi antracològica és difícil de fer (Dubois, Métaillié i Izard, 1997; Poggi, 2001).

La metrologia del carbó també ha estat motiu de conflicte i de diferenciació entre valls tal i com s'explica entre Andorra i l'Arièja i on es barregen problemes d'índole diversa com les unitats de mesura basades en el volum dels sacs, l'espècie vegetal que genera el carbó, el grau d'higrometria, etc. Per això costa tant interpretar una taula de quocients entre la mena i el carbó (Codina, Bosch i Vila, 2001).

³⁰ En aquest procés la utilització del "fagell" (nom popular amb el que es coneixen les restes de carbó que queden en una plaça carbonera després de retirar-se els trossos grans) suposa un gran risc de contaminació, tot i que es pot matisar "cette pratique comporte un risque de pollution évident, mais très minime. En effet, la carapace qui couvre la meule, et qui contient les charbons *étrangers* en question, est évacuée et rejetée hors de la plate-forme à la fin de l'opération de carbonisation. À partir du moment où les charbons étudiés ne proviennent pas des dépôts de pente et des marges latérales, les risques de perturbation anthracologique et chronologique est écarté" (Dubois, Métaillié i Izard, 1997: 535).

Una altra font de "contaminació" de les carboneres, si més no planteja dubtes, és la pràctica contrastada "dans diverses régions est à considérer: les charbonniers réalimentaient la cheminée au cours de la pyrolyse, pour éviter l'effondrement de la charbonnière; ils utilisaient du petit bois ou de gros morceaux de branches. L'une des caractéristiques de la méthode dite "italienne", au XIXe siècle, consistait même à maintenir cette cheminée constamment plein de fraïsil (Foy, Gruner, Harlé,

Per tant, sempre que es tinguin en compte un seguit de consideracions de tipus tècnic i antropològic, l'estudi dels llocs (o "places") on s'hagin construït carboneres –i que d'ara en endavant anomenarem per aquest nom- permet fer una doble aproximació: espacial si s'analitza la seva distribució en un àmbit determinat i dinàmica si s'estudia l'evolució de la vegetació a partir dels carbons dels diferents estrats de la carbonera, datats per ^{14}C . Des d'un punt de vista metodològic l'estudi antracològic en les seves respectives vessants ha estat definit en diferents treballs (Bonhôte *et alii*, 2002; Chabal, 1997; Davasse, 1992a i b, 2000; Dubois *et alii*, 1997; Dubois, 2002b; Izard, 1992a i b, 1999; Métaillié *et alii*, en premsa; Vernet, 1997).

Abans de detallar la feina realitzada sembla oportú encetar alguns temes que han estat motiu de discussió i que tenen a veure amb la representativitat "vegetal" de les carboneres:

1) Les restes de carbó vegetal són indicadores de tota la vegetació arbòria (i/o arbustiva) del lloc o només en permeten un coneixement parcial?

És evident que tots els estudis parteixen de la base que les fustes carbonitzades han viatjat poc, és a dir, són representatives de l'àmbit forestal en què es troben.³¹ Ara bé, si hi havia alguna mena de fusta descartada o preferida a l'hora d'encendre la carbonera -la qual cosa hauria motivat el desplaçament d'espècies- és una cosa molt difícil de saber (Dubois *et alii*, 1997). Per tant, una característica fonamental en la majoria de respostes és la crida a la prudència, ja que si bé la identificació i tractament estadístic de les carboneres és evident que aporta dades sobre la producció i consum de carbó, no sempre té per què informar de tota la composició de la massa forestal. Per això, per a poder generalitzar i treure conclusions es necessari treballar amb un elevat nombre de registres analitzant carboneres per complet amb el mètode arqueoambiental.

Segurament la resposta vindrà condicionada igualment per les condicions ecològiques del lloc on es treballa, ja que si s'estudia un medi amb una forta variabilitat vegetal les possibilitats d'elecció de la fusta

1835, p.10-12). La différenciation spécifique des charbons entre le centre et la périphérie a été clairement mise en évidence par Fabre (1996) dans le Languedoc: les charbonniers utilisaient généralement du chêne pubescent pour la cheminée et du chêne vert pour la charge de la meule; sur la périphérie, on retrouve les charbons de la couverture (genévrier et buis). Une pratique ariégeoise consistait à alimenter la cheminée en bûchettes ou bois de fagot. Hormis la *méthode italienne*, qui se combine au nettoyage préalable de la faulde, et à la réutilisation du fraisil, comme nous l'avons vu précédemment, ces pratiques n'ont qu'un impact minime en quantité, localisé au centre de la faulde" (Dubois, Métaillié i Izard, 1997: 535). Un altre tipus de vegetació que també apareix en les carboneres i que per tant s'ha de tenir en compte és el que servia per recobrir la carbonera, i per tant, per evitar que la terra que tapava la carbonera s'escolés per entre mig de la fusta tallada. Per això, és probable trobar "Sarthamne, qui est parfois présent dans les charbonnières de Lercoul par exemple; il pousse de nos jours sur les pistes de débardage ouvertes dans la Forêt royale et devait se semer dans toutes les clairières. Tout comme le genévrier, souvent rencontré dans ces charbonnières, et pouvant constituer, lorsqu'il est sec, un bon fagot d'allumage, le genêt peut être transporté sur de grandes distances, même à travers pente. À défaut de localisation précise, leurs charbons attestent toutefois l'existence d'espaces ouverts sur le versant considéré" (Dubois, Métaillié i Izard, 1997: 535).

³¹ Malgrat algunes excepcions relacionades amb la colonització de la pròpia espècie: "c'est peut-être le cas des espèces des genres *Abies* ou *Fagus*. (Chabal, 1997: 19).

seran més grans que si es fa en un lloc on com a màxim dominin dos o tres taxons llenyosos. Recentment, Laurent Fabre i Jean-Christophe Auffray (2002) han posat de manifest el fet que les carboneres serveixen per reflectir les associacions forestals del lloc on es fa la carbonera -segons ells no es pot dir el mateix del carbó extret dels jaciments arqueològics- i ho han fet en base a carboneres fetes en l'actualitat, el que ha permès comparar les restes carbonitzades i la vegetació veïna. Tot i que mai no estarà de més tenir informacions de caire antropològic per conèixer els criteris de selecció (Dubois, Métaillié i Izard, 1997).³² Sembla que tot i que els tractats de siderúrgia parlen del carbó de fusta "dur" com el de l'alzina i el faig per distingir-los del "doux", format per les coníferes, a les carboneres es carbonejava el que tenien al seu voltant : "il semble d'ailleurs que le mélange de bois différents dans une même meule favorise la transformation thermique (Venet, 1961)" (Dubois, Métaillié i Izard, 1997: 534). Sembla que els carboners de l'Ariège i catalans -es refereixen als estudiats per Véronique Izard i per tant els "catalans" són només de l'extrem oriental dels Pirineus- feien carbó de qualsevol mena de fusta, ja que en els textos veu com per exemple el carbó de "le tilleul ou divers fruitiers, ne sont pas spécialement réputées pour leur qualité de charbon (V.Izard, 1992)" (Dubois, Métaillié i Izard, 1997: 534) si bé en el mateix article es reconeix com en d'altres ocasions les pràctiques humanes podien fer que hi hagués transport. A més, és una pràctica habitual la reutilització de les carboneres velles com ho testimonien les datacions fetes en algunes carboneres i com així ho confirmen les fonts orals actuals; tot i que res no impedeix pensar que la tradició i els consums hagin estat canviant en el temps. Si es tenen en compte totes aquestes consideracions sembla que les carboneres són un bon testimoni de la vegetació de l'entorn: "le contenu même des charbonnières des Pyrénées ariégeoises et notamment à Lercoul, montre que, quelque soit l'époque, toutes sortes d'essences ont été charbonnées. Ce fait laisse à penser que les charbonniers sélectionnaient peu, voire pas du tout, la nature des bois et que leur prélèvement reflète, *grosso modo*, l'état arboré de l'aire d'approvisionnement" (Dubois, 2002b: 259), és clar que quantes més informacions hi hagi per poder comparar els resultats molt millor.

2) Fins a quin punt les característiques de la fusta determinen l'elecció de l'espècie a carbonejar per part de les diferents activitats?

D'entrada sembla que en els moments de màxima pressió sobre l'espai forestal tota la fusta era carbonejable, si bé lògicament amb les corresponents preferències tal i com hem vist pels fruiters per exemple. Però quina part de culpa hi té la fusta en els criteris de selecció? Joan Ordi explicava com a mitjan segle XX el seu pare carbonejava alzina perquè era la fusta preferida per les cuines de les cases

³² En aquest sentit Carlos Montari *et alii*, (2002) proposen les fonts històriques orals com una manera d'aproximació al coneixement de la selecció vegetal per part dels carboners.

"perquè no espetagaven", però també ho havia fet de pi perquè feia una flamarada més forta hi anava millor als ferrers per treballar (com. oral). Segons L. Chabal (1997), cal tenir clars dos criteris en la propietat de la fusta: el poder i el rendiment calorífic. Aquesta autora explica amb un exemple que si es té en compte el rendiment calorífic, pel general el roure es considerarà un bon combustible perquè "tient le feu longtemps en dégageant sa chaleur de façon soutenue et durable" (Chabal, 1997: 44); en canvi, adverteix com aquesta fusta no s'inflama ràpidament i les seves flames són curtes i això fa que determinades activitats com els forners s'estimin més una fusta que faci una gran flama i cremi ràpid com el vern o el bàlec, tal i com explicava Joan Ordi. Ara bé adverteix com, si bé el rendiment calorífic depèn "de l'essence, de sa structure et corrélativement de sa densité (un bois peu dense brûle plus vite et dégage sa chaleur rapidement)" (Chabal, 1997: 44), el realment important és la mida de la fusta que es crema, ja que la velocitat de combustió, igual que l'alçada de les flames és proporcional a l'aireació del foc, i per tant a la relació superfície/volum. Els branquillons de roure per exemple cremen més ràpidament que els de vern i poden ser preferits pels forners.³³

El poder calorífic és una altra cosa, "est la quantité de chaleur dégagée par unité de poids de bois" (Chabal, 1997: 44), aquest només depèn de la fusta. Per això, el poder calorífic depèn de la composició química de la fusta: "ainsi, un bois riche en lignine et en extraits (résines...) a un pouvoir calorifique plus élevé que celui d'un bois riche en cellulose ou en cendres (Brian, Doat 1985). Si on s'intéresse à des valeurs moyennes mesurées à taux d'humidité constant, il apparaît que les combustibles *nobles* (pétrole, charbon de bois, houille, etc.) ont un pouvoir calorifique considérablement supérieur à celui de n'importe quel bois (29 à 33 kJ/g pour le charbon de bois). Ils donnent la mesure de très faibles différences de pouvoir calorifique entre essences (entre 17 et 23 kJ/g) (...) Les Conifères riches en résine ont ainsi un pouvoir calorifique un peu plus élevé que les feuillus. Mais chez les feuillus, le pouvoir calorifique varie très peu" (Chabal, 1997: 45).

El realment important en aquest cas però és la humitat de la fusta, ja que la fusta humida en un 50% té la meitat del poder calorífic que la mateixa fusta humida al 10%, i és que "l'énergie latente nécessaire pour évaporer l'eau est autant d'énergie perdue pour l'augmentation de chaleur. Une autre constatation est la variabilité des résultats obtenus, pour une même essence, selon l'origine stationnelle du bois, sa variété, son âge, son altération, etc., tous facteurs conditionnant la chimie du bois (...) En conclusion, le rendement calorifique dépend des essences, mais il est totalement modifié par le calibre des tiges. Le pouvoir calorifique, un peu plus élevé chez les résineux, varie très peu chez les feuillus (il n'est pas corrélé à leur densité) et il est totalement modifié par le taux d'humidité du bois" (Chabal, 1997: 45).

³³ A més d'aquests criteris també s'han de considerar "l'état refendu ou non (qui modifie, outre le calibre, la facilité d'évacuation des gaz et de l'eau) et l'état plus ou moins vert ou plus ou moins humide du bois, conditionnent aussi la vitesse de combustion" (Chabal, 1997: 44).

En Jaume Enric Zamora (1996: 25) explica per al Montseny com "les fustes més carbonades en el conjunt del Montseny eren: en primer lloc, l'alzina; en segon lloc, el faig, i després d'altres com el roure, fint i tot el castanyer, l'avellaner i el vern"; acompanya l'explicació amb una Taula resum 4.11 de la durada de la flama i la brasa de diferents espècies, així com també la seva qualitat.

Taula 4.11 Durada i qualitat de les fustes carbonejades al Montseny

Espècie	Durada		Qualitat		
	Flama (minuts)	Brasa (hores i minuts)	Flama	Brasa	Carbó
Salze	40	1 h i 40 min	Dolenta	dolenta	molt dolenta
Pollancre	31	2 h	Mitjana	dolenta	molt dolenta
Avet	32	1 h i 10 min	Regular	regular	fluix
Pi roig	10	1 h i 50 min	Regular	mitjana	farga
Faig	40	3 h	Bona	bona	bona
Freixe	50	4 h i 15 min	molt bona	bona	bona
Roure	40	2 h i 45 min	Bona	bona	bona
Bedoll	50	3 h i 50 min	molt bona	molt bona	molt bona
Alzina	45	5 h	molt bona	molt bona	molt bona

Font. Elaboració pròpia a partir de J.Enric Zamora (1996: 25).

Si es compara la Taula anterior amb les espècies pròpies del bosc de Virós es pot comprovar com faig, pi roig i avet no són espècies de les considerades de gaire bona qualitat ja que la flama i la brasa són de curta durada l'excepció seria el bedoll). En canvi, es destaca el valor del pi roig per a la farga i això fa pensar de nou que per a determinades activitats més que el rendiment de la flama i la durada de la brasa l'interessant era assolir temperatures elevades en moments puntuals. Per això, no hauria d'estranyar que es pogués carbonejar qualsevol espècie que hi hagués a l'abast.

4.3.1 L'inventari de les carboneres

Inicialment, totes les recerques en antracologia es basen en el mateix fonament i que no és altre que l'estudi de la distribució de les places carboneres en un espai determinat. La definició d'aquest espai es realitza a partir de criteris administratius ja que generalment l'àmbit escollit és una forest o algunes parcel·les forestals. Habitualment, aquests espais en zones de muntanya coincideixen amb una part o vessant sencer, sobre el que hi ha una activitat silvícola i/o pastoral, i que tenen una extensió d'entre 10 i 50 ha i un desnivell de 200 a 300 metres. La idea és que la recerca sigui en un espai homogeni tant des d'un punt de vista biogeogràfic com topoclimàtic. Es tracta per tant, d'una delimitació que no és neutra, sinó que està pensada perquè els resultats obtinguts puguin ser contrastats amb fonts documentals històriques, ja siguin gràfiques, escrites o orals; molt més fàcils de treballar i d'interpretar a partir de criteris administratius (Davasse, 2000; Métaillié *et alii*, en premsa).

Seguint aquests criteris es van escollir el "bosc de Virós", els quals estan dividits en dues parts una de pertinença a Araós (Virós d'Araós) i una altra a Ainet de Besan (Virós d'Ainet), la seva orientació al nordoest fa del bosc una obaga quasi perfecta que s'expandeix des del costat mateix de la Noguera de Vallferrera entorn els 880-900 metres just al costat del nucli d'Araós, fins als 2.500 metres i una mica més del Pic de Màniga (2.515 metres). Virós d'Araós té una extensió de 767 ha i Virós d'Ainet de 1.199 ha. Lògicament fer un mostreig sencer de pràcticament 2.000 ha sobrepassava en molt les aspiracions d'aquest projecte i s'allunyava excessivament dels models de mostreig actuals (Bonhôte *et alii*, 2002; Davasse, 2000; Izard, 1999; Dubois, 2002b). És per això, que es va decidir fer una selecció del bosc atenent a diferents pautes:

a) Descartar totes aquelles parts conreades en l'actualitat o en el passat, encara que actualment poguessin estar forestades, per evitar possibles espais carbonejats amb una forta alteració per d'altres activitats.

b) El mostreig havia d'abarcàr tots els ambients vegetals actuals (avetosa, fageda i pinedes de pi negre i de pi roig) en el bosc sense importar el relleu o el desnivell on estiguessin situats.

c) La búsqueda no quedaria frenada en l'actual límit altitudinal del bosc sinó que també s'examinarien les pastures supraforestals en cas d'haver-n'hi.

d) Les pràctiques extractives associades a l'impacte metal·lúrgic (boques de mines o *meners*) havien de sortir representades en el mostreig.

Amb aquests criteris es va delimitar la totalitat del bosc de Virós d'Araós a partir de la cota altitudinal de 1.300 metres i fins a la carena. La línia inferior del mostreig, per tant, pràcticament coincideix amb la pista forestal que va des de Tírvia fins a les bordes de Virós. En canvi el bosc de Virós d'Ainet de Besan es va mostrejar parcialment, i només es va incloure a partir del pic més alt de tot el vessant, Pic de Màniga, que es va prendre com a referència fins arribar a les bordes de Buiro, les quals enllacen amb les bordes de Virós com a límit inferior. Amb aquesta decisió s'inclouïa la pràctica totalitat de la zona de meners i per tant, el màxim d'ambients metal·lúrgics hi quedaven representats; a més, es superava el límit altitudinal del bosc arribant a una part del vessant fortament afectada per allaus (Mases, 1991), i es perfilava el conjunt d'espècies arbòries que prèviament s'havia definit incloent-hi la fageda. Això va significar fer un mostreig d'unes 925 ha, que es va dur a terme entre els mesos de juny, juliol, agost i setembre de l'any 2002 (Mapa 4.4).

Una vegada definit l'espai el següent pas consisteix a fer un inventari complet de totes les places carboneres a partir de la seva identificació sobre el terreny. El rastreig es basa en el fet que tots els processos que envolten l'elaboració del carbó deixen un seguit de testimonis físics, el més evident dels quals és el lloc on s'ha construït la carbonera, ja que una vegada retirada la pila de carbó "sempre" queden trossos de carbó a terra repartits per un espai pla, i semicircular (a vegades fins i tot circular) de

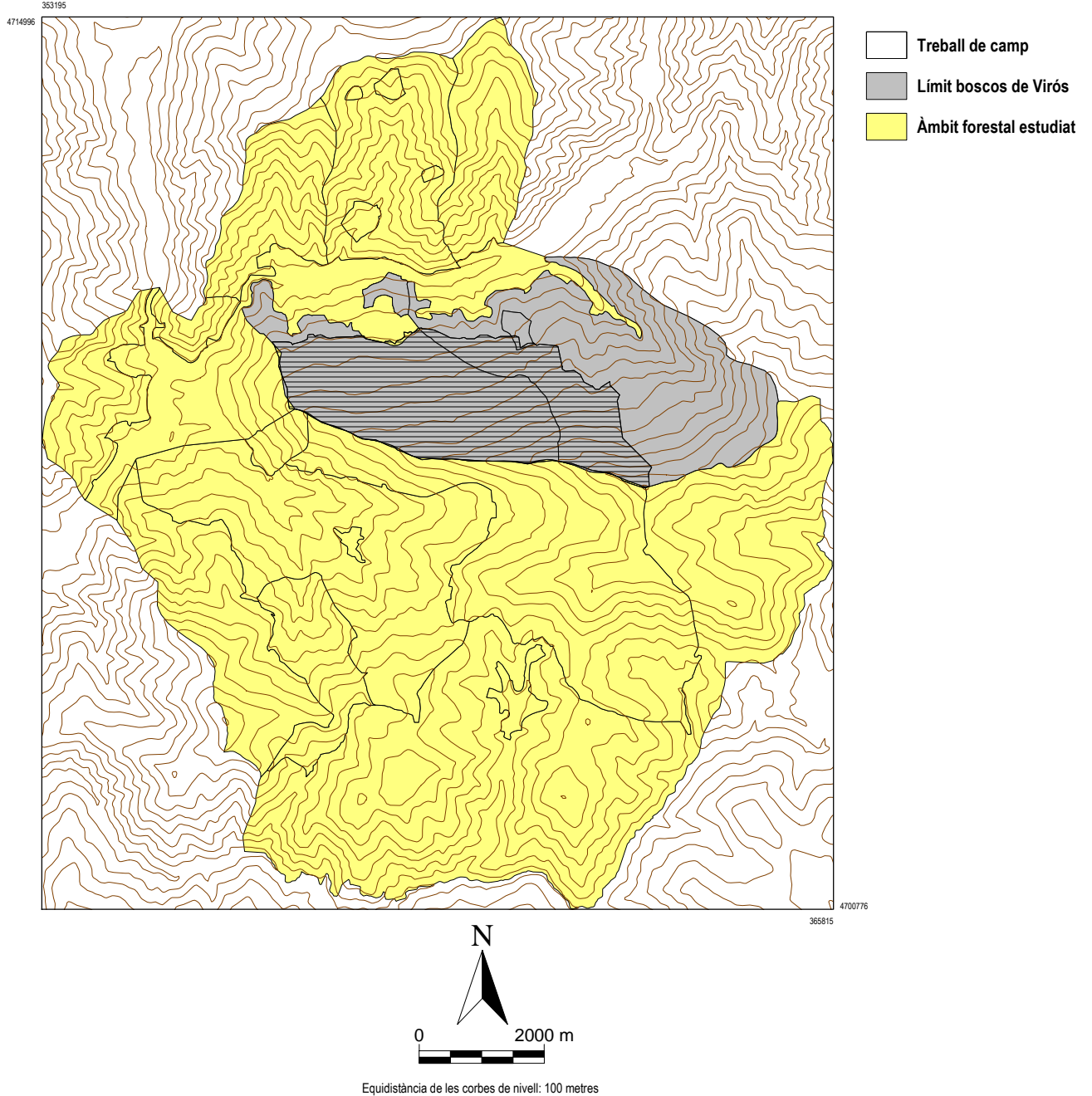
diàmetre variable i pla ("plaça carbonera"). A més, com que a muntanya les zones planes no abunden a voltes la carbonera s'ajuda d'un petit mur de pedra seca que serveix per anivellar el terreny a la vegada que reforça el terra per aguantar el pes de la carbonera. Un altre element important a l'hora de decidir la ubicació d'una carbonera és el fet de disposar de terra. La terra, juntament amb branques i herba, servia per cobrir la pila de llenya abans d'iniciar la cuita. A més, diposar de terra era necessari davant la presència d'eventuals incendis que una mala construcció o mal funcionament de la carbonera provocava, i més si es té en compte que els cursos d'aigua a Virós són escassos. Per això un altre vestigi habitual a l'entorn de les carboneres de Virós són els diferents clots que servien d'aprovisionament de terra. La construcció d'una cabana a l'entorn d'un grup de carboneres servia igualment de refugi als carboners que treballaven en totes aquestes tasques i vigilaven la seva cocció.

Quins criteris són els més determinants? Lògicament trobar carbons és l'objectiu darrer d'aquesta pràctica i per tant, no trobar-ne seria negatiu, però el fet de fer-ho si no s'acompanya de la resta de criteris pot portar a engany ja que la presència de carbons en zones forestals pot tenir d'altres orígens com per exemple els incendis forestals, les artigues en conreus abandonats, etc. El criteri més negligible de tots és el de la identificació de clots i cicatrius perquè amb el pas del temps poden haver-se tapat i perdut, però la resta s'haurien de complir tots simultàniament. En una carbonera sempre tindrem un lloc pla, amb mur o sense però amb un marge ben definit i amb carbons més o menys amagats. Si bé fins i tot amb aquests criteris clars algunes vegades costa decidir si un determinat espai ha estat carbonejat o no, és per això, que hi ha un seguit de punts que s'han inventariat però no s'han tingut en compte en el mostreig final per considerar-los dubtosos.

Pel que fa a les restes metal·lúrgiques relacionades amb l'activitat extractiva, la identificació es faria a partir dels terregalls ("escombreres") i les entrades als diferents meners. En relació amb aquesta activitat i a partir de les informacions de Bernard Davasse (2000) que relacionava la presència d'escòries amb una activitat d'aquests característiques de pràcticament dos mil·lenis es va considerar prioritari trobar escòries com a possible indicador d'antiguitat del procés de transformació del mineral de ferro a ferro.³⁴

³⁴ El procés de transformació del mineral de ferro és "una reducció. Per produir-la és necessari un reductor que es combini amb l'oxigen de la mena i l'utilitzat és l'òxid de carboni. Aquest gas s'obté per combustió parcial del carboni, en forma de llenya o de carbó. Una combustió total dona l'anhidrid carbònic que no intervé en el procés. El calor després en aquestes reaccions fa que el forn estigui a la temperatura adient (...) En el procés es produiran escòries, materials d'aspecte petri que contenen elements com el silici, el calci, l'alumini o els àlcalis. Qualsevol mètode d'obtenció del ferro ha de resoldre la separació del metall i de l'escòria. Usualment s'aprofita que les escòries tenen un punt de fusió més baix i per tant el forn ha d'arribar a la temperatura que les faci líquides i s'escolin" (Solans, 1991: 121). En aquest sentit va ser de gran ajuda una sortida de camp al bosc de Virós amb els doctors Josep Maria Mata-Perelló de l'Escola Universitària Politècnica de Manresa i Ermengol Gassiot i el seu equip d'Arqueologia de la Universitat Autònoma de Barcelona per efectuar el reconeixement de les escòries.

Mapa 4.4 Delimitació del treball antracològic als boscos de Virós respecte els límit de l'àmbit d'estudi



Font. Elaboració pròpia a partir de la cartografia digital del Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya (2003).

Totes aquestes determinacions no es poden fer si no és en el camp i per això cal plantejar un disseny de mostreig que permeti l'observació directa de tots els criteris. El bosc de Virós amb una àmplia xarxa de camins va permetre realitzar una poligonització de l'espai. Cadascun d'aquests polígons es va "pentinar" seguint les diferents corbes de nivell amb passades successives variant l'altitud. En funció de la densitat forestal i del pendent a vegades la recerca també es podia realitzar

seguint el desnivell. Com que va ser una feina bàsicament individual,³⁵ s'ha de reconèixer un marge d'error en la identificació de carboneres que pot haver provocat que no es representés el nombre real de carboneres que hi ha, si bé aquest és un error totalment assumible amb la quantitat final de carboneres trobades, no està de més recordar-lo.

Per a la identificació de totes les carboneres ha estat de gran ajut poder disposar d'un GPS, que ha permès fixar en un sistema de coordenades tots els punts inventariats. Aquest fet, a part de precisió en la presentació gràfica, permetrà tornar amb més facilitat a cadascuna de les places en anàlisis posteriors.

Aquest primer inventari, a part de la pròpia localització, també serveix per realitzar una breu descripció estratigràfica i antracològica ràpida de la plaça (Métailié *et alii*, en premsa), així com també algunes consideracions tècniques sobre la construcció de la plaça i la vegetació de l'entorn a partir de les quals s'elabora una fitxa de catalogació de cada carbonera (Izard, 1990 i 1992b). En ella s'han recollit un seguit de característiques tècniques que indicava el GPS i que s'anotaven en la memòria d'aquest aparell:

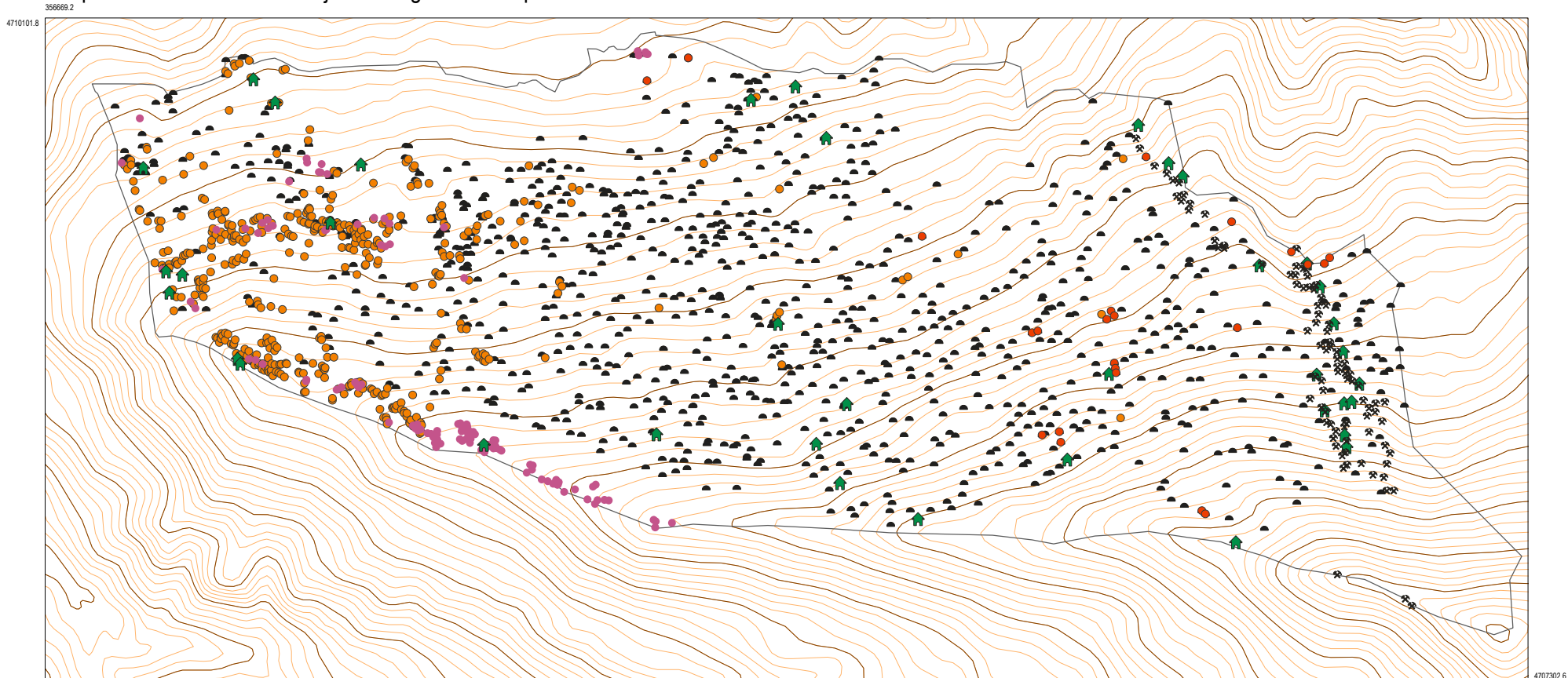
- a) NomID: servia per identificar la carbonera
- b) Comentaris GPS: era un codi resum de l'inventari
- c) Data arxiu: els fitxers es guardaven al GPS amb la data del dia que s'havia elaborat l'arxiu que servia per enregistrar les dades. El software del GPS no deixava enregistrar dades en un mateix arxiu més enllà d'una setmana i per aquest motiu calia canviar la data de l'arxiu. Per altra banda el fet d'enregistrar les dades en arxius diferents també era una manera d'evitar que els resultats es perdessin.
- d) Data registre: la data del dia que s'ha trobat la carbonera.
- e) Coordenades GPS (Lat, Lon): la localització de la carbonera amb un error de ± 5 metres.
- f) Notes: algunes anotacions sobre la carbonera i el seu entorn.

A part, en una llibreta de camp després d'identificar la carbonera s'apuntaven algunes característiques físiques i tècniques de la carbonera:

- a) La llargada i l'amplada de la carbonera mesurada en metres prenent com a referència la màxima longitud possible visible.
- b) La principal vegetació arbòria i no arbòria de l'entorn de la carbonera, tenint en compte la presència de totes aquelles espècies arbories secundàries encara que només fossin plançons i que indiquessin la possible regeneració del bosc.

³⁵ Vull agrair especialment l'ajuda rebuda en els primers inventaris (per rigorós ordre de participació) al Joan Manuel Soriano, la Núria Matamala, l'Ana Vera, al Jordi Cristobal i al Pau Sainz de la Maza que em van ajudar a definir els criteris per descobrir carboneres. Amb posterioritat a aquesta primera fase i quan la feina ja estava definida de nou l'Ana Vera em va donar un bon cop de mà.

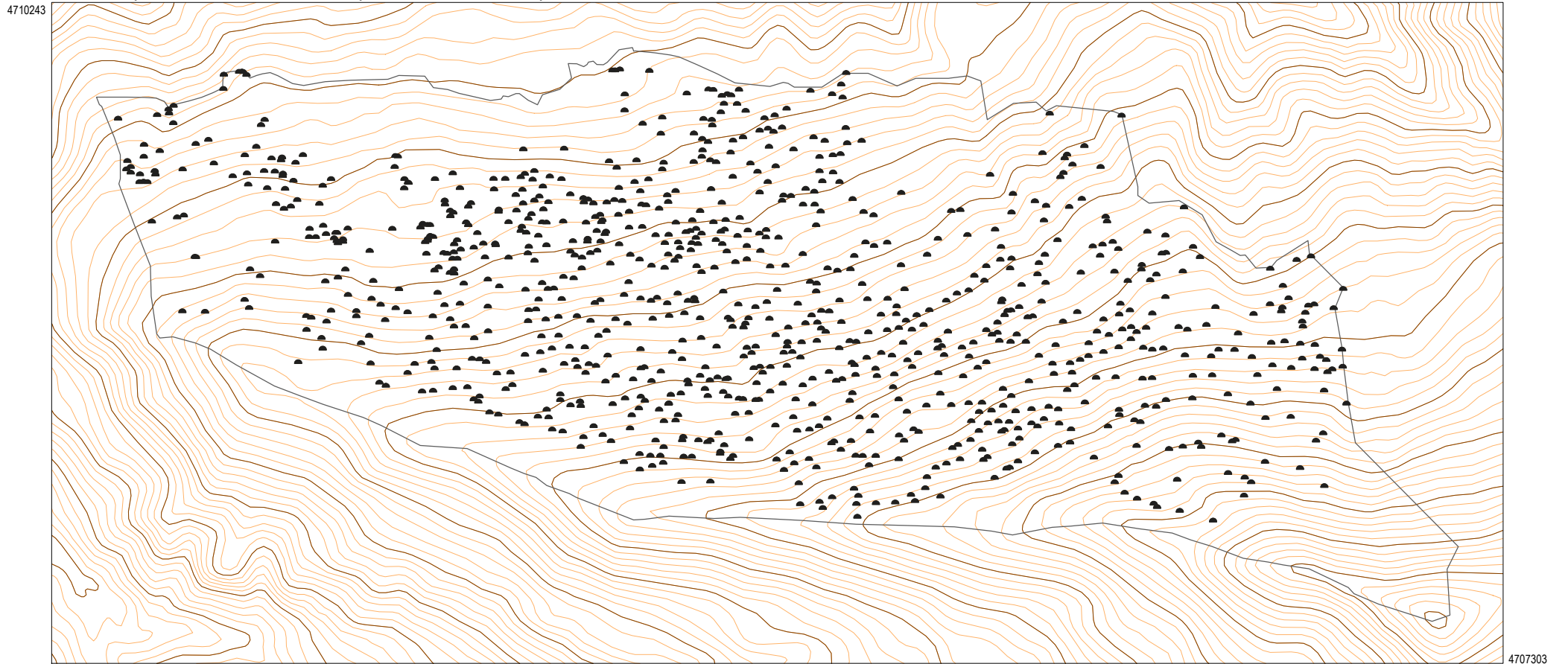
Mapa 4.5 Localització del conjunt de registres antròpics trobats al bosc de Virós



- Tipus A
- Tipus B
- Tipus C
- Tipus D
- Tipus M
- Escòria



356669 Mapa 4.6 Localització de les places carboneres: tipus A

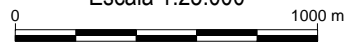


363115 4707303

 Carbonera



Escala 1:25.000



Equidistància de les corbes de nivell: 20 metres

Font. Elaboració pròpia a partir de la cartografia digital del Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya (2003)

c) La presència o absència de clots de terra i mur de pedra seca i la seva alçada.

d) Així com també si hi havia o no escòries, la mida dels carbons dels primers centímetres de sòl i el color del sòl de la carbonera, des d'un punt de vista purament descriptiu.

d) A més d'un seguit d'anotacions del dia del mostreig per recordar l'entorn de la carbonera (camins, accés, proximitat a d'altres restes, diàmetre dels arbres, etc).

La feina d'identificació de carboneres i registres miners sobre la metal·lúrgia de seguida es va barrejar amb la presència d'altres empremtes relacionades amb les activitats humanes que s'anaven trobant al bosc de Virós. I és que si hom recorre qualsevol territori descobrirà com les traces que la societat hi ha deixat es superposen formant un palimpsest d'elements que corresponen a períodes i activitats diferents. No és recomanable, per tant, en realitzar un mostreig sistemàtic i exhaustiu d'una part de muntanya prescindir de tanta informació si es vol fer un estudi paisatgístic. Per això, en el mostreig no únicament s'ha recollit la distribució de les places carboneres i de les boques de mines, així com la principal xarxa viària relacionada amb aquesta activitat, sinó que s'han apuntat d'altres elements més o menys clars i de marcat origen antròpic i que s'han classificat a partir d'una tipologia determinada, tal i com es pot veure a la Taula 4.12 i cartogràficament en el Mapa 4.5:

Taula 4.12 Classificació d'elements per tipus i nombre d'elements trobats

Tipologia	Nombre d'elements
TIPUS A	942
TIPUS B	434
TIPUS C	123
TIPUS D	38
TIPUS E	238
TIPUS M	89
TOTAL	1866

Font. Elaboració pròpia

El tipus A correspon al nombre de carboneres trobat aplicant els criteris d'identificació de carboneres anteriorment explicats (presència de carbó, lloc pla, marge amb mur o sense i clots o cicatrius al voltant). En total 942 carboneres. Serien aquelles restes sobre les quals no hi ha cap dubte en les claus d'identificació i que, per tant, s'usaran com a base dels futurs models a construir sobre l'impacte de la metal·lúrgia al bosc de Virós (Mapa 4.6).

El tipus B correspondria a tots aquells elements que si bé compleixen algun dels criteris d'identificació de carboneres presenten dubtes raonables sobre el conjunt, ja sigui per les dimensions de la plaça (excessivament petita ?), per la conservació del marge (murs esllavissats) o perquè els carbons són massa petits i sobre el terreny plantegen dubtes sobre si realment ho són, ja que també podrien ser fruit de la descomposició de la matèria orgànica. En total s'han identificat 434 possibles carboneres (Mapa 4.7).

Al tipus C s'associarien totes aquelles estructures construïdes de pedra que mereixerien un estudi arqueològic molt més a fons. En total s'han identificat 123 elements (estructures) (Mapa 4.8).

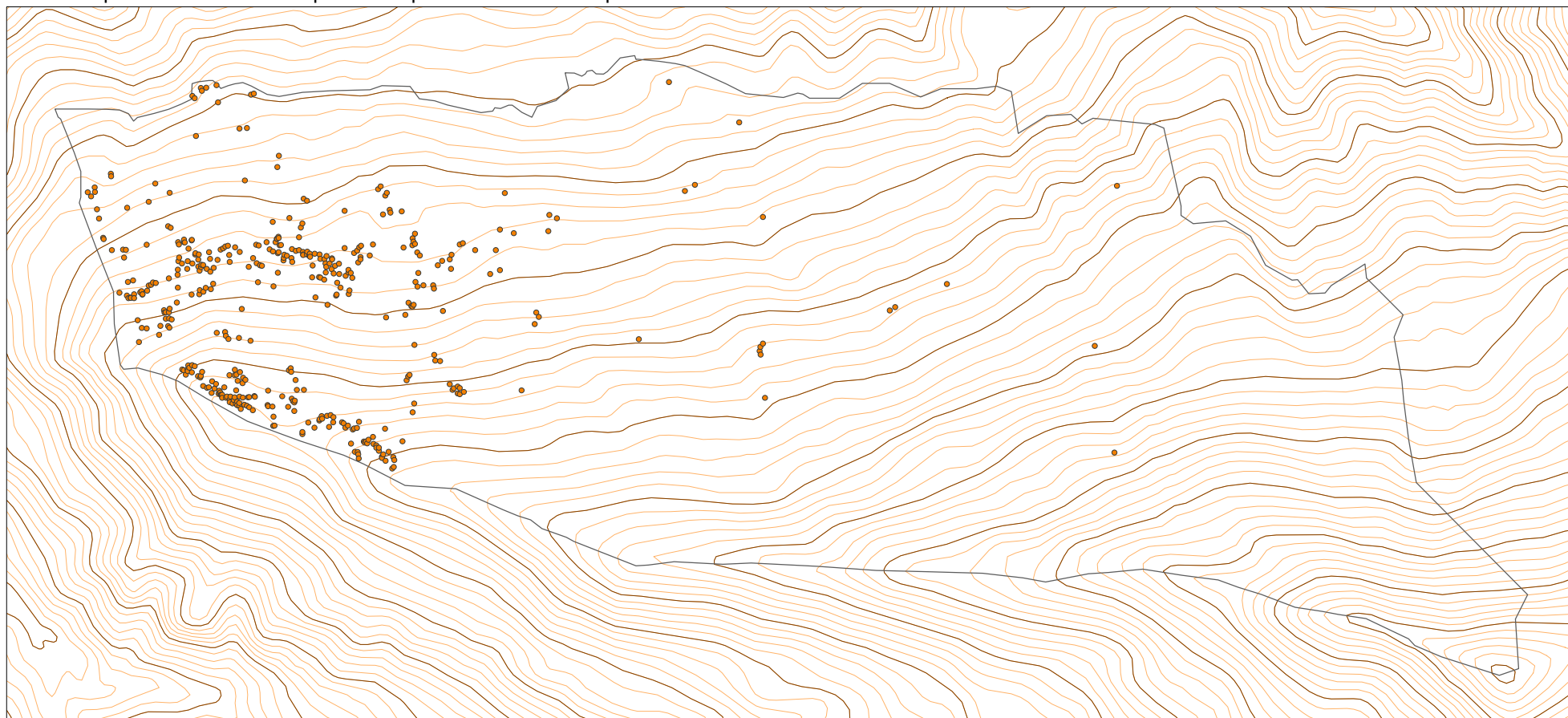
En el tipus D s'han inventariat totes aquelles construccions ja siguin de pedra o fusta que han servit en algun moment o altra per acollir persones o animals que han viscut i treballat al bosc. És el grup menys nombrós, se n'han trobat 38 elements (Mapa 4.9).

Pel que fa al tipus E és un "calaix de sastre" on han anat a parar tots aquells elements que no s'han sabut catalogar ni relacionar amb cap activitat, així com tots aquells punts que han servit en un moment o altre per ubicar-nos en el bosc i que s'han descrit com a punts de control. S'han utilitzat 238 punts amb aquesta finalitat.

El tipus M, com vol indicar la lletra, fa referència a totes les boques de mines o meners que s'han trobat en l'àmbit d'estudi inventariat. En total s'han localitzat 89 punts d'extracció de mineral de ferro (Mapa 4.9).

356669 Mapa 4.7 Localització de probables places carboneres: tipus B

4710243



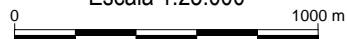
4707303

363115

● Carbonera dubtosa



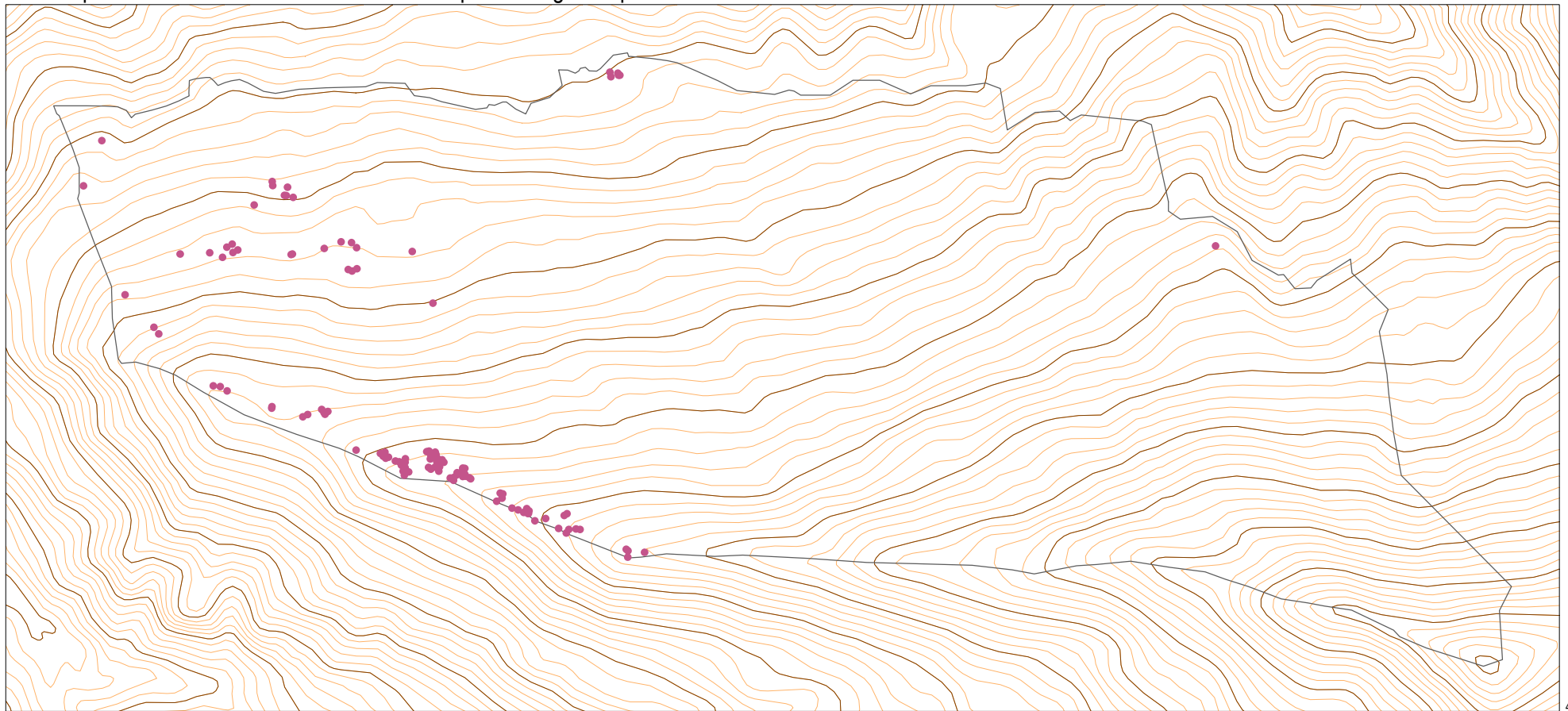
Escala 1:25.000



Equidistància de les corbes de nivell: 20 metres

356669 Mapa 4.8 Localització de les estructures de pedra antigues: tipus C

4710243



363115

● Estructura

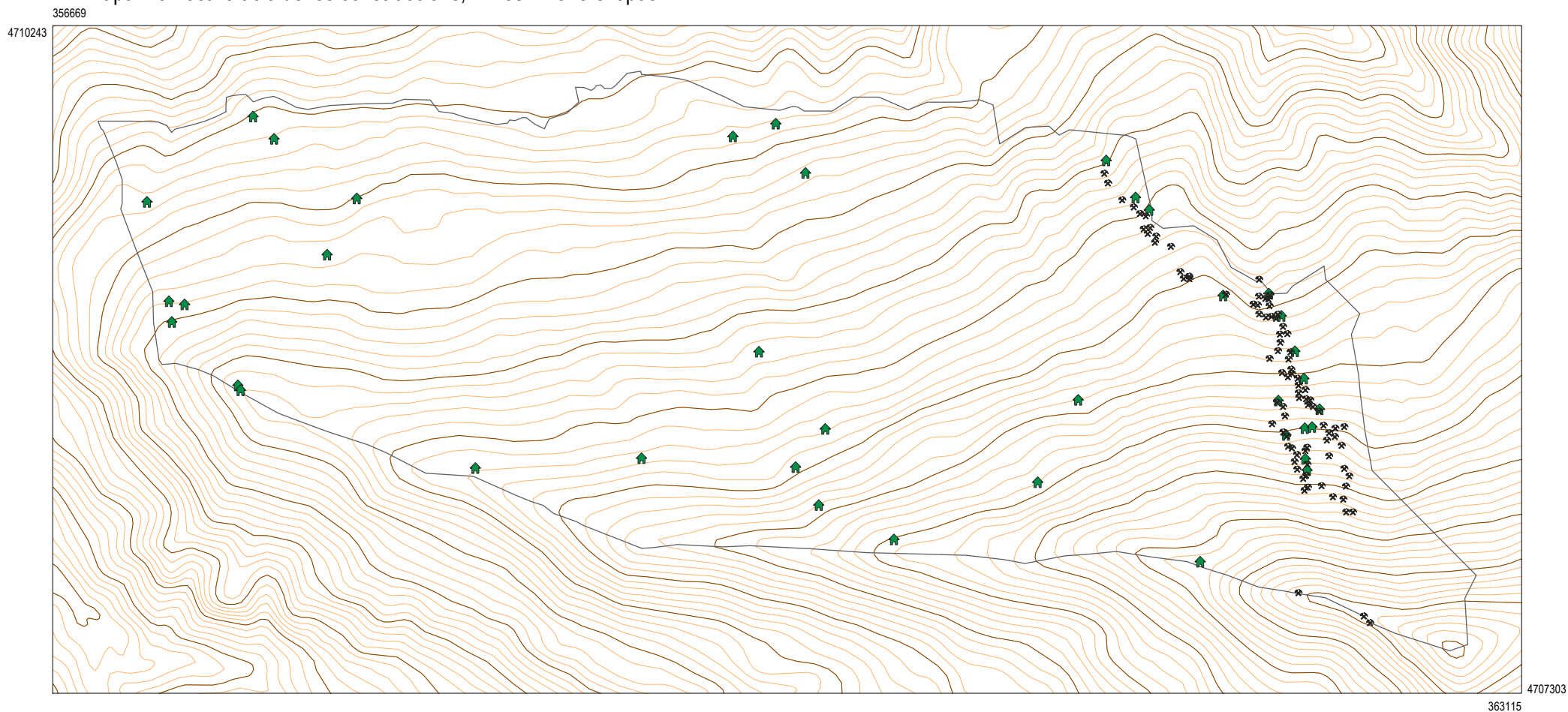




Escala 1:25.000
0 1000 m

Equidistància de les corbes de nivell: 20 metres

Font. Elaboració pròpia a partir de la cartografia digital del Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya (2003)

Mapa 4.9 Localització de les construccions, mines i meners: tipus D i M



-  **Construcció**
-  **Mina i/o mener**



4.3.2 Caracterització de les carboneres trobades

L'inventari es va fer pensant en l'elaboració d'una base de dades que permetés dur a terme una caracterització tipològica de les carboneres. Per això, l'únic tipus de les descrites en el punt anterior del qual s'ha fet una anàlisi exhaustiva ha estat la A. Com que les variables seleccionades es volien georeferenciar, es van treballar en una taula *.dbf que es pogués vincular al programa Miramon, classificant-se de tres maneres diferents segons si eren de tipus: caràcter (text), lògic (sí o no) i numèric (valor numèric), tal i com s'ha recollit a la Taula 4.13.

Taula 4.13 Relació de les variables de cada carbonera

Número ID	TIPUS	VARIABLE	DESCRIPTOR
1	CARÀCTER	Mida del carbó distingint entre "cm" o "mm"	MIDACARBÓ
2	CARÀCTER	Color del sòl que contenia el carbó	SOLCARBÓ
3	CARÀCTER	Relació de les espècies arbòries presents a la carbonera	ARBORIAVEG
4	CARÀCTER	Relació de les principals espècies arbustives i herbàcies presents a la carbonera	NOARBOVEG
5	CARÀCTER	Anotacions per ajudar a catalogar i recordar la carbonera	COMENTFI
6	LÒGIC	Presència o absència de mur en el marge de la carbonera	MURSI / MURNO
7	LÒGIC	Presència o absència de carbó a la plaça carbonera	CARBÓ
8	LÒGIC	Presència o absència de clots i cicatrius entorn la plaça	CLOTS
9	LÒGIC	Presència o absència d'escòries a la plaça carbonera	ESCÒRIA
10	NUMÈRIC	Mida del mur en centímetres	MIDAMUR
11	NUMÈRIC	Llargada de la plaça carbonera en metres	MIDAPLMAX
12	NUMÈRIC	Amplada de la plaça carbonera en metres	MIDAPLMIN

Font. Elaboració pròpia

Això ha permès elaborar una base de dades georeferenciada en la que per a cada carbonera localitzada es disposa de diferents informacions. I és que amb cadascuna d'aquestes variables es buscava una explicació diferent que permetés la caracterització de les carboneres, per això s'han descrit aquests dotze elements:

1) La mida del carbó s'ha descrit entre dues categories segons si els carbons tenien una mida centimètrica (cm) o mil·limètrica (mm). Amb això es pretenia copsar l'estat de conservació de la carbonera i veure fins a quin punt era fàcil o no trobar carbons a la plaça. Per no fer malbé la carbonera, el carbó es buscava a pocs centímetres de profunditat amb l'ajuda d'un rasclat petit. Es va decidir no emprar la barrina de sòls perquè en aquesta fase no es volia recollir mostra de carbó. Per això, cal dir que de les 942 carboneres seleccionades es va trobar carbó només en 936, en les altres sis, degut a diferents problemes de rebliment de la plaça carbonera, no va ser possible fer-ho. Segurament entre els motius d'haver trobat més carbons de mida milimètrica (640) que no pas centimètrica (296) hi ha el fet d'haver aprofundit poc, tal i com es va poder comprovar quan les

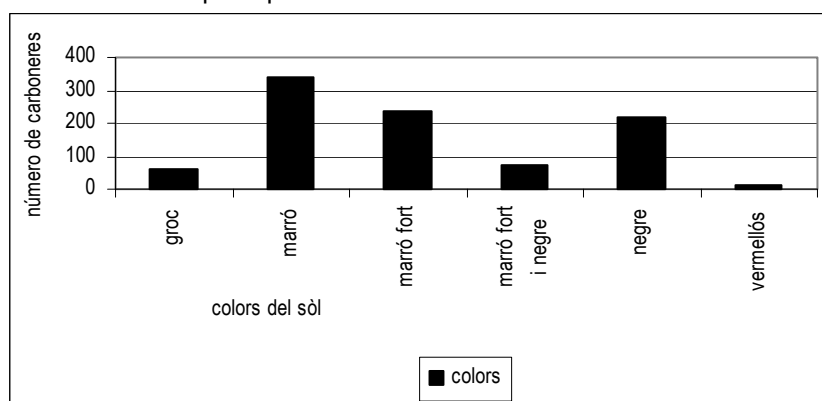
carboneres es van excavar per extreure'n carbons. Per aquest fet aquesta variable només s'ha considerat informativa i no s'ha utilitzat com a referent per a caracteritzar les carboneres.

2) La descripció del color del sòl en el qual s'ha trobat la mostra de carbó s'ha fet a partir de 6 categories diferents i sempre d'una forma totalment qualitativa distingint els colors següents (Figura 4.19):

- a) Color groc. Quan el color del sòl era molt clar i per tant els carbons no eren abundants.
- b) Color marró. Quan el color del sòl no tenia cap característica especial que permetés distingir la presència de carbó.
- c) Color marró fort. Quan el color del sòl, sense arribar a tenir característiques especials, s'enfosquia però no arribava a haver-hi gruix de carbons.
- d) Color marró fort i negre. Quan els carbons afloraven després d'una petita capa de matèria orgànica o sòl marró fort. O sigui el carbó es trobava situat pràcticament en superfície.
- e) Color negre. Quan el carbó aflorava en superfície.
- f) Color vermellós. Quan el sòl tenia coloracions vermelloses recordant vetes ferruginoses.

Ara bé, aquests colors purament descriptius només servien per fer-se una idea de la riquesa de carbons de cada carbonera en superfície. Van servir per familiaritzar-se amb el fet que pot ser habitual que les coloracions de les carboneres no sempre siguin negres, sinó que també presenten d'altres coloracions i això sovint es deu al fet que una capa de sòl s'ha instal·lat al damunt de la carbonera.

Figura 4.19 Coloracions de la capa superficial de les carboneres



Font. Elaboració pròpia

Per altra banda, el fet que hi hagués carboneres de diferents tonalitats va servir perquè augmentés el convenciment que en el bosc de Virós hi havia carboneres de diferents períodes. Les més properes al negre i amb trossos de carbó més grans serien les més recents i la resta podien ser més antigues.

3) L'inventari de les espècies arbòries va permetre observar com al voltant de les carboneres es localitzen per tot el bosc cinc espècies principals: pi negre (*Pinus uncinata*), pi roig (*Pinus sylvestris*), avet (*Abies alba*), faig (*Fagus sylvatica*) i bedoll (*Betula pendula*). L'espècie més fàcil de trobar al voltant de les carboneres és el pi roig (564 presències), seguit del pi negre (349 presències), l'avet (325 presències), el faig (273 presències) i el bedoll (92 presències). L'anotació es feia independentment de l'estat de creixement de l'arbre i es representaven tant els plançons com els arbres crescuts.

4) L'inventari de les principals espècies arbustives va permetre observar quin era el principal sotabosc. D'entre les espècies inventariades destaca: la boixerola (*Arctostaphylos uva-ursi*), la bruguerola (*Calluna vulgaris*), el nabiu (*Vaccinium myrtillus*), que es combinen amb presències puntuals de ginebró (*Juniperus communis subs.nana*) i molt poc neret (*Rhododendron ferrugineum*). A la vegada que s'anotaven aquestes arbusts també es prenen anotacions sobre la presència de moltes, heliòfits, pastura, etc.

5) Aquesta variable era un "calaix de sastre" que servia per fer anotacions del lloc, la carbonera, etc. apunts diversos per recordar la carbonera en cas que després es decidís tornar-hi.

6) Presència o absència de mur. Una de les premisses bàsiques per a l'elaboració de carbó és que es dugui a terme en una superfície plana. A muntanya, on aquesta mena de disposicions del terreny abunden poc, cal aconseguir el pla de forma artificial. Per aquest motiu, les carboneres es poden haver construït amb un mur de pedra seca o amb un petit talús de terra de manera que s'afavorís el pla i un lleuger contrapendent. Si es té en compte que el fet de tenir una filera de pedres ja era motiu per considerar la carbonera com a mur, s'han identificat 525 carboneres (55'7%) amb mur i 417 sense mur (44'3%).

7) Ja s'ha dit com la presència de carbó era una condició indispensable per catalogar una carbonera, però com que d'entrada només es buscava carbó superficialment s'han acceptat sis carboneres que no en tenien per la claredat de les pistes que indicaven que aquell espai també s'havia carbonejat.

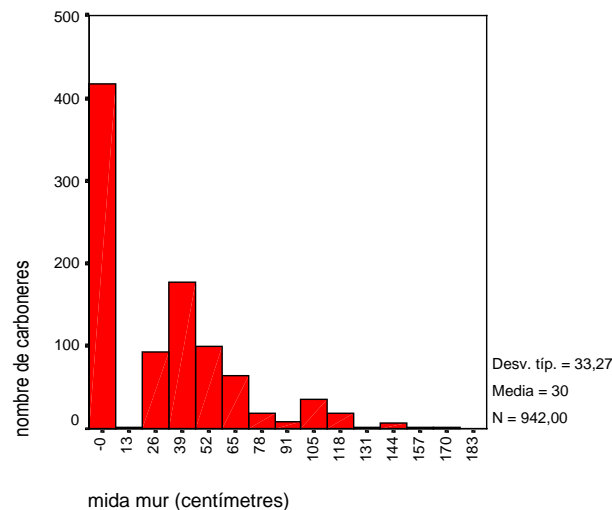
8) La presència o absència de clots i cicatrius, era una manera de conèixer fins a quin punt la necessitat de terra (per tapar la carbonera i apagar incendis) anava associada al carboneig. Sovint, un mateixa carbonera podia tenir més d'un clot de terra (habitualment un a banda i banda) de mides i profunditats diferents (normalment d'entre 1 i 2 metres de diàmetre). Malauradament l'estat de conservació d'aquests registres no és tant bo com era d'esperar, ja que s'han trobat 656 carboneres (70%) sense cap mena de resta i 286 carboneres (30%) amb clots i cicatrius.

9) Presència o absència d'escòries. S'han trobat 15 carboneres associades a escòries (a més d'altres punts amb escòries independentment del carbó), aquest 1,5% de la mostra és un testimoni ben escàs davant el conjunt total de carboneres. De totes maneres però, la seva ubicació propera als

diferents filons de ferro reflexa la importància de la proximitat al mineral i dibuixa un transecte altitudinal des dels 1.317 metres fins als 2.174 metres d'altitud, tal i com es pot veure en el Mapa 4.10 on apareixen els punts on s'han trobat escòries i les diferents mines i meners trobades.

10) La mida del mur en centímetres. Com que s'ha considerat mur qualsevol índex de paret de pedra seca per petita que fos, les dimensions del mur poden oscil·lar des dels 20 cm fins als 1,70 metres d'alçada. Cal dir que en els casos que no hi havia muret i hi havia talús, les mides d'aquest també podien passar de ser pràcticament imperceptibles fins a tenir 70 o 80 centímetres d'alçada en funció del desnivell. En la Figura 4.20 es pot observar com l'alçada més habitual de les carboneres del bosc de Virós són els 40 cm. Les particulars disposicions del relleu del bosc de Virós ha permès que més de la meitat de les carboneres no tinguin mur (alçada = 0) tal i com ja s'ha indicat anteriorment, si bé això no vol dir que no s'hagin hagut d'ajudar d'un petit talús de terra per trencar el desnivell.

Figura 4.20 Histograma de les mides del mur

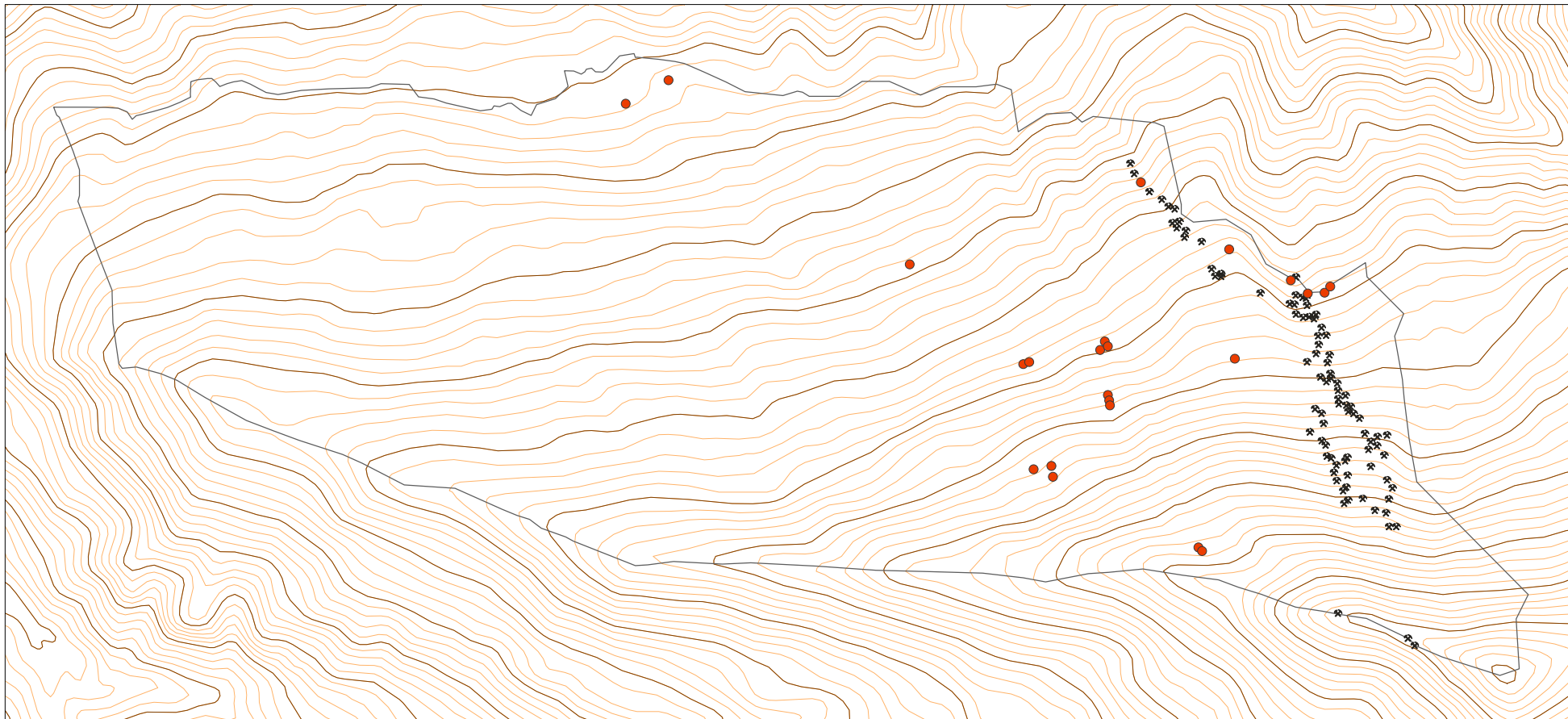


Font. Elaboració mitjançant el programa SPSS

11) i 12) Per llargada de la plaça carbonera s'ha considerat la mida (metres) en la direcció de les corbes de nivell. Per amplada de la plaça carbonera s'ha considerat la mida (metres) en el sentit del pendent (Figura 4.21 i 4.22).

356669 Mapa 4.10 Localització de les escòries trobades respecte dels meners

4710243

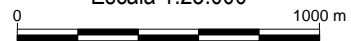


4707303
363115

- Escòries
- Mines i meners



Escala 1:25.000



Equidistància de les corbes de nivell: 20 metres

La llargada i l'amplada de les plaques carboneres trobades als boscos de Virós s'ha mesurat en metres d'unitat en unitat, és a dir, no s'han mesurat els 0,5 metres. És per això que si bé la mitjana de les llargades trobades és de 7 metres, la classe dominant és 6 metres de llarg, mentre que per a l'amplada és de 4 metres. Per tant, la plaça carbonera tipus del bosc de Virós farà 6x4 metres.

Per completar la caracterització de les carboneres hi ha dues variables que igualment s'han tingut en compte i que s'han generat posteriorment al treball de camp: l'altitud i el pendent. Variables creades a partir de l'elaboració d'un Model Digital d'Elevacions (MDE) del bosc de Virós amb el programa Miramon i el mapa topogràfic 1/5.000 al qual s'han superposat totes les carboneres trobades.

Figura 4.21 Histograma de llargades

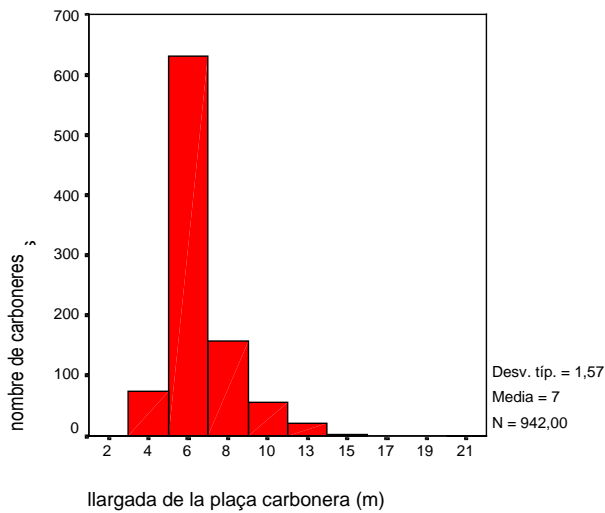
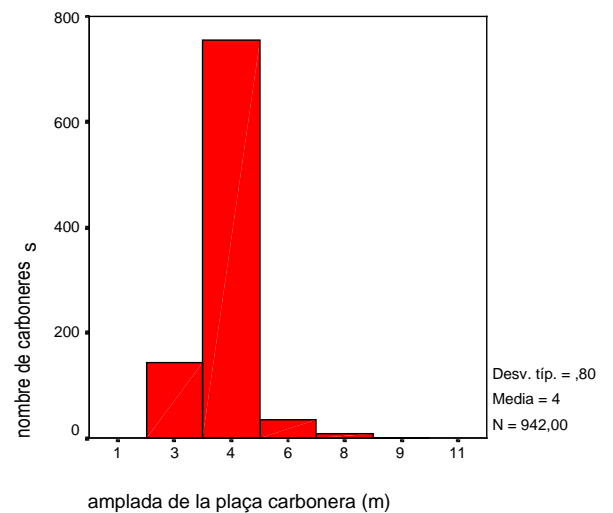


Figura 4.22 Histograma d'amplades

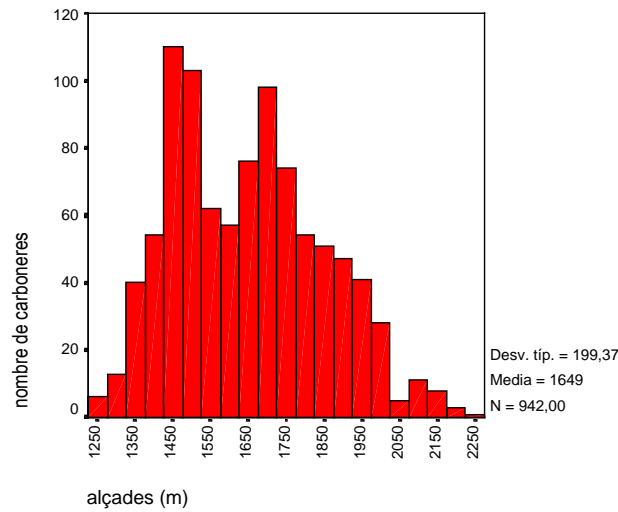


Font. Elaboració mitjançant el programa SPSS

Font. Elaboració mitjançant el programa SPSS

La distribució altitudinal de les carboneres es situa de mitjana a 1.649 metres, no obstant això hi ha dues franges altitudinals en les que hi ha més carboneres: 1.450 i 1.500 metres (on n'hi ha més de 100) i 1.650 i 1.750 metres (on es frega la barrera de les 100 carboneres). Si bé és cert que entre 1.350 metres i 1.950 metres tots els estatges altitudinals tenen més de 40 carboneres (Figura 4.23).

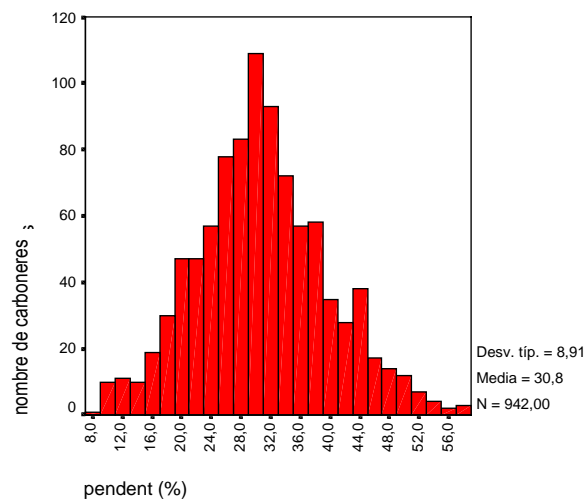
Figura 4.23 Histograma d'altituds



Font. Elaboració mitjançant el programa SPSS

La carbonera tipus té un pendent comprès entre el 28% i el 32% (o el que és el mateix entre 16 i 18 graus de pendent). La seva mitjana es situa entorn al 30,8% de pendent i per trobar més de 40 carboneres no es pot superar el marge establert per un pendent del 20% a la banda baixa i un pendent del 38% a la banda alta. Si bé lògicament hi ha carboneres situades just per sobre i per sota d'aquest límit. La distribució de les carboneres i el seu pendent és totalment normal (Figura 4.24).

Figura 4.24 Histograma de pendents



Font. Elaboració pròpia a partir del programa SPSS