

Raquel Cunill Artigas

**Estudi interdisciplinari de l'evolució del límit superior
del bosc durant el període holocènic a la zona de
Plaus de Boldís-Montarenyo, Pirineu central català.**

Pedoantracologia, palinologia, carbons sedimentaris i fonts documentals



Tesi doctoral dirigida per

Joan Manuel Soriano López

Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona
Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), 2010

Raquel Cunill Artigas

**Estudi interdisciplinari de l'evolució del límit
superior del bosc durant el període holocènic a la
zona de Plaus de Boldís-Montarenyo, Pirineu
central català.**

**Pedoantracologia, palinologia, carbons sedimentaris i
fonts documentals**

Tesi doctoral dirigida per

Joan Manuel Soriano López

Departament de Geografia, Universitat Autònoma de Barcelona
Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), 2010

Pel Marc, el Cintu i la Tresina

“...tu ja saps que sóc home inquiet, que sempre estaria anant amunt i avall, coneixent món i gent... Doncs bé: t’asseguro que si al mateix temps no tingués un sentit de l’enyorança, fora incapaç de rodar-la. Per a mi el bon viatger és aquell que marxa adelerat de nous mons i cada vespre plora pels que ha deixat endarrere i sobretot pel món que l’ha vist créixer... Estic convençut, estimat Andreu, que viatjo perquè sé enyorar.”

Senyoria, Jaume Cabré, 1991, p.100

A totes les persones i llocs que aquests quatre anys de tesi m’han permès enyorar.

AGRAÏMENTS

Primer de tot agrair a totes les persones, que per un motiu o per un altre, m'han ajudat en aquesta tesi. Aquest treball com es presenta avui només és possible perquè moltes persones m'han de dedicat des de minuts a dies sencers del seu temps i paciència. Moltes gràcies a tots!

Agrair l'entusiasme, el suport, els dies de feina dedicats,... d'en Joan Manuel Soriano. Un company d'aventura que a més a més és el director d'aquesta tesi. Moltes gràcies per la confiança.

Un altre record per tota la gent del GRAMP, "grans i xics". A l'Albert Pèlachs, a la Marie Bal, al Ramon Pérez i a l'Enric Mendizàbal agrair-vos la feina darrere el microscopi, darrere l'ordinador o l'assessorament i els coneixements oferts. Moltes gràcies.

A la Maria Barrachina, el Carles Guirado, a l'Alfons Parcerisas, a l'Aimada Soler, a l'Anna Serra, al Francesc Coll, al Pep Serra, al Jordi Llorens, al Jordi Cristóbal, Marta Gràcia, Maria José Ripoll, moltes gràcies pels forats excavats i quilos de terra portats a la motxilla, per l'assessorament amb el SIG o pels "dibuixos" de la tesi. Gràcies a l'Alejandro Martín per les hores dedicades, a l'Ermengol Gassiot, a la Sara Moreno, a la Mireia Garcia, al Pau Martorell, a l'Ignasi Feltrer, l'Ízhar Vélez i al Marc Martí pel fred passat.

També agrair l'acolliment de Joan Maria Roure, així com el de tota la unitat de botànica del Departament de Biologia Animal, Vegetal i Ecologia de la UAB . Al Ramon Julià del CSIC-Jaume Almera agrair-li la feina dedicada als testimonis sedimentaris. Donar gràcies a la Raquel Piqué del Departament de Prehistòria de la UAB per la seva introducció a l'antracologia. I també donar gràcies el Josep Maria Alcañiz del Departament de Biologia Animal, Vegetal i Ecologia de la UAB i a Isabel Jiménez pel seu assessorament en la vessant edàfica d'aquest treball.

Un agraïment a la gent dels Boldissos i Lladorre, molt especialment a la Imma i al Lluís per posar-me les coses fàcils i ajudar-me durant tants dies. Moltes gràcies al Jordi Palau i a la gent del Parc Natural de l'Alt Pirineu. A la Carme Maria Marugan pel seu acolliment a l'Arxiu Històric Comarcal de Sort. Al Pau, a l'Anna i al Felipe, gràcies també per l'acollida.

Gràcies a la Mireia, la Laia, la Núria i la Cristina perquè sou uns cracks i teniu la paciència d'aguantar-me des de fa uns quants anys.

I per últim donar totes les gràcies del món als grans patidors d'aquesta tesi. A la Tresina i el Cintu agrair-los el suport que sempre em donen. Nois, sou genials. Al Marc, coneixedor com ningú de les alegries i patiments d'aquesta tesi, qualsevol paraula d'agraïment es queda curta després dels últims mesos i setmanes... però deixa'm dir-t'ho altre cop: moltes gràcies per tot.

Aquest treball de recerca –que forma part del Doctorat de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona- s'ha desenvolupat en el marc del projecte *El desarrollo local sostenible de las zonas de montaña en el umbral entre el abandono del territorio y la naturbanización* (SEJ2006- 04009/GEOG) i del projecte *Los paisajes de las áreas de montaña. Patrones de gestión y de ocupación del territorio* (CSO2009-08271), ambdós finançats pel Ministerio de Educación y Ciencia, dels quals el Dr. Antoni F. Tulla i Pujol n'és l'investigador principal. Cal també mencionar l'aportació del projecte *Cambios tecno-culturales y de paisaje en la transición Pleistoceno - Holoceno en las zonas de influencia mediterránea de la península Ibérica (II)* (HAR2008-01984/HIST) dirigit pel Dr. Francesc Burjachs i Casas. Altrament, aquest treball ha estat possible gràcies al programa de Beques i Ajuts per a la formació i contractació de personal investigador novell de la Generalitat de Catalunya i el Fons Social Europeu i als ajuts de la Generalitat de Catalunya per al Grup de Recerca *Geografia Aplicada*.

Índex

Resum.....	1
Abstract	2
1. Presentació	3
1.1. Context de la recerca	5
1.2. Objectius i hipòtesis.....	7
1.3. Estructura de la tesi	8
2. Introducció.....	9
2.1. El límit superior del bosc.....	11
2.1.1. Definició i terminologia	11
2.1.2. Condicionants	12
2.1.3. Dinàmica històrica i funcionament com a indicador ambiental.....	14
2.2. Introducció metodològica. Un estudi interdisciplinari	17
2.3. Àmbit d'estudi.....	21
2.3.1. Caracterització de l'àrea d'estudi	21
2.3.1.1. Geologia i geomorfologia.....	23
2.3.1.2. Clima	25
2.3.1.3. Vegetació	27
2.3.2. Geohistòria ambiental de l'àrea d'estudi	30
2.3.2.1. Mesolític (9950-6950 cal BP)	36
2.3.2.2. Neolític (6950-4250 Cal BP)	36
2.3.2.3. Edat del bronze (4250-2650 cal BP).....	37
2.3.2.4. Edat del ferro (2650-2150 cal BP).....	39

2.3.2.5. Antiguitat i romanització (2150-1475 cal BP)	39
2.3.2.6. Edat mitjana (1575-497 cal BP).....	41
2.3.2.7. Època moderna. (497-161 cal BP).....	43
2.3.2.8. Època contemporània (161 cal BP fins a l'actualitat)	44
3. Metodologies i resultats	47
3.1. Anàlisi pedoantracològica	49
3.1.1. L'estudi dels carbons del sòl com a disciplina	50
3.1.2. Metodologia del procés pedoantracològic.....	52
3.1.2.1. Treball de camp: Localització dels punt de mostreig i extracció de les mostres	54
3.1.2.2. Laboratori	55
3.1.3. Resultats	58
3.1.3.1. Mostreig.....	58
3.1.3.2. Antracomassa	87
3.1.3.3. Identificació taxonòmica.....	91
3.1.3.4. Datació.....	100
3.1.3.5. Síntesi dels resultats	103
3.2. Testimonis sedimentaris: anàlisi pol·línica i dels carbons	107
3.2.1. Descripció, sondeig i mostreig dels testimonis sedimentaris.....	107
3.2.1.1. Estany d'Estanilles.....	108
3.2.1.2. Torbera ombrotròfica de Montarenyo	110
3.2.2. Datacions	112
3.2.3. Metodologies emprades.....	113
3.2.3.1. Anàlisi pol·línica	113
3.2.3.2. Anàlisi dels carbons sedimentaris.....	116
3.2.4. Resultats	118
3.2.4.1. Torbera d'Estanilles	118
3.2.4.2. Torbera ombrotròfica de Montarenyo	126

3.3. Fonts documentals històriques.....	131
3.3.1. Geohistòria ambiental i fonts documentals	132
3.3.2. Evolució física del límit superior del bosc durant l'últim mig segle.....	134
3.3.2.1. Metodologia.....	134
3.3.2.2. Resultats	138
3.3.3. Variació de l'ús històric de les pastures del comunal de Boldís.	144
3.3.3.1. Tractament de les dades.....	145
3.3.3.2. Resultats: evolució dels caps de bestiar i la seva tipologia	152
4. Discussió	163
4.1. Anàlisi pedoantracològica.....	165
4.1.1. Límit altitudinal històric del bosc a la zona de Plaus de Boldís Montarenyo	165
4.1.2. Monoespecificitat arbòria i gradient altitudinal arbustiu	171
4.1.3. Una cronologia holocena.....	173
4.1.4. L'emmagatzematge de la informació: distribució dels carbons en el perfil del sòl	173
4.2. Evolució holocena del paisatge d'alta muntanya i del límit superior del bosc als Plaus de Boldís-Montarenyo	177
4.2.1. Paleolític–Mesolític (inici del període holocènic) (11000-8200Cal BP)	177
4.2.2. Neolític antic i mig (7950-5450 cal BP).....	182
4.2.3. Neolític final (5450-4450 cal BP)	184
4.2.4. Edat del Bronze final, Edat del Ferro i Període Romà (3053-1475 cal BP)	188
4.2.5. Edat Mitjana (1475-497 cal BP, 475-1453 AD)	191
4.2.6. Edat Moderna i Contemporània (450 cal BP- Actualitat, 1453 AD- Actualitat).....	194
4.3. Evolució recent del límit superior del bosc.....	199
4.3.1. Densificació de l'ecotò bosc subalpí-prats alpins.....	199
4.3.2. Descens de la pressió antròpica al comunal de Boldís	201
5. Conclusions	203
6. Bibliografia.....	221
Annexs	245

Índex de figures

Figura 2.1. Fonts i metodologies emprades en aquesta recerca amb el seu abast temporal	18
Figura 2.2. Localització de l'àrea d'estudi	22
Figura 2.3. Base topogràfica de l'àrea d'estudi i el seu entorn	22
Figura 2.4. Mapa geomorfològic de l'àrea d'estudi i el seu entorn	24
Figura 2.5. Imatge en 3D dels materials litològics de l'àrea d'estudi.....	25
Figura 2.6. Diagrama ombrotèrmic de l'Estany de Certascan.....	26
Figura 2.7. Diagrama ombrotèrmic del pantà de Tavascan	26
Figura 2.8. Imatge en 3D dels hàbitats de l'àrea d'estudi.....	28
Figura 2.9 Fotografia de Boldís Sobirà (en primer terme) i Boldís Jussà.....	29
Figura 2.10. Detall de la solana de la vall dels Boldissos.....	29
Figura 2.11. Fotografia de la superfície d'aplanament del Plaus de Boldís-Montarenyo des del Monteixo (vessant sudest).....	29
Figura 2.12. Mapa de localització d'estudis paleobotànics i àrees de jaciments arqueològics esmentats en el text.....	30
Figura 2.13 Períodes cronoculturals i fases paleoclimàtiques del període holocè.....	34
Figura 2.14. Evolució de la població dels Boldissos durant el segle XX.....	45
Figura 3.1. Esquema del procés de l'anàlisi pedoantracològica	53
Figura 3.2. Representació en 3D de la superfície d'aplanament dels Plaus de Boldís-Montarenyo amb la localització dels punts de mostreig de l'anàlisi pedoantracològica	62
Figura 3.3. Fotografies de l'àrea d'estudi mostrant tot el transsecte altitudinal	63
Figura 3.4. Perfil topogràfic i de vegetació on es localitzen els punts de mostreig de l'anàlisi pedoantracològica a la zona Plaus de Boldís-Montarenyo.	65
Figura 3.5. Antracomassa Específica General (ASG) per cada punt de mostreig del transsecte.	87

Figura 3.6. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Udes 1	88
Figura 3.7. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 1.....	88
Figura 3.8. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus4.....	89
Figura 3.9. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 6.....	89
Figura 3.10. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 8.....	89
Figura 3.11. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Mont 2	90
Figura 3.12. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Mont 4	90
Figura 3.13. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Mont 5	90
Figura 3.14. Secció transversal de <i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	94
Figura 3.15. Secció radial de <i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	94
Figura 3.16. Secció radial de <i>Betula sp.</i>	94
Figura 3.17. Fragment vitrificat.....	94
Figura 3.18. Secció transversal de <i>Genista balansae</i>	94
Figura 3.19. Secció longitudinal de <i>Genista balansae</i>	94
Figura 3.20. transversal de <i>Rhododendron ferrugineum</i>	95
Figura 3.21. Secció radial de <i>Rhododendron ferrugineum</i>	95
Figura 3.22. Secció transversal de <i>Calluna vulgaris</i>	95
Figura 3.23. Secció transversal de <i>Vaccinium myrtillus</i>	95
Figura 3.24. Relació entre la profunditat i l'edat del carbons del sòl datats.	102
Figura 3.25. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Udes 1.....	103
Figura 3.26. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 1	103
Figura 3.27. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 4	104
Figura 3.28. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plau 6.....	104
Figura 3.29. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 8	104
Figura 3.30. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Mont 2.....	105
Figura 3.31. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Mont 4.....	105
Figura 3.32. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Mont 5.....	105

Figura 3.33. Imatge 3D amb el punts de mostreig dels testimonis sedimentaris	108
Figura 3.34. Estanys de mostreig dels testimonis sedimentaris. Estanilles i Montarenyo.	109
Figura 3.35. Estany d'Estanilles amb el punt de mostreig indicat.....	110
Figura 3.36. Estany de Montarenyo amb el punt de mostreig indicat.....	111
Figura 3.37. Mostreig de laboratori mitjançant el <i>Grampeat</i>	112
Figura. 3.38. Descripció litològica del perfil del testimoni sedimentari d'Estanilles (EST4)	118
Figura 3.39. Model cronològic del testimoni sedimentari d'Estanilles	119
Figura 3.40. Diagrama pol·línic del testimoni sedimentari d'Estanilles	121
Figura 3.41. Concentració de carbons sedimentaris de la torbera d'Estanilles	125
Figura 3.42. Diagrama pol·línic del testimoni sedimentari de Montarenyo (MONT-B).....	127
Figura 3.43. Fotografies aèries de 1956 corregides, georeferenciades i mosaïcades amb l'àrea digitalitzada.	135
Figura 3.44. Percentatges de recobriment arbori utilitzats durant la fotointerpretació.....	136
Figures 3.45 i 3.46. Inventari d'exemplars de <i>Pinus uncinata</i> presents a la zona de Plaus de Boldís-Montarenyo al llarg del transecte pedoantracològic.....	137
Figura 3.47. Digitalització de les cobertes de l'any 1956-57.....	139
Figura 3.48. Digitalització de les cobertes de l'any 2003	139
Figura 3.49. Canvis de categories de les cobertes en el període 1956-2003.....	140
Figura 3.50. Transformació de les zones de pastura durant el període 1956-2003	140
Figura 3.51. Àrea digitalitzada i localització de les finestres de visualització	142
Figura 3.52. Finestra de visualització 1. Colonització arbòria a la capçalera de la vall de Sant Miquel.	143
Figura 3.53. Finestra de visualització 2. Colonització arbòria en forma d'illes a la zona dels Plaus de Boldís.	144
Figura 3.54. Àrea de la forest comunal "Plana riberals" dels pobles de Boldís Jussà i Boldís Sobirà.	147
Figura 3.55. Evolució de les existències ramaderes als municipis de Boldís Sobirà i Boldís Jussà durant el s. XX mesurades en caps de bestiar i URM.....	154
Figura 3.56. Evolució de les existències ramaderes per tipus de bestiar als municipis de Boldís Sobirà i Boldís Jussà durant el s. XX mesurades en percentatge de caps de bestiar i d'URM	154

Figura 3.57 Caps de bestiar transhumant que abandonava a la tardor les pastures d'estiu de Lladorre (1950-1964).....	157
Figura 3.58. Municipis d'origen de la transhumància vertical i horitzontal que es donava a Lladorre l'any 1958.....	159
Figura 4.1. Antracomassa arbòria (<i>Pinus</i>) per nivell de mostreig representada en escala aritmètica	166
Figura 4.2. Antracomassa arbòria (<i>Pinus</i>) per nivell de mostreig representada en escala logarítmica.....	166
Figura 4.3. Esquema hipotètic d'interpretació en relació a la vegetació de les dades quantitatives d'antracomassa arbòria en el si del transecte Plaus de Boldís-Montarenyo.....	168
Figura 4.4. Localització dels punts de mostreig de les diferents metodologies	178
Figura 4.5. Gràfica de síntesi dels resultats paleoambientals	179
Figures 4.6 i 4.7. Ús del comunal segons els diferents tipus d'ús i document dels anys 1958 i 2006.....	203

Índex de Taules

Taula 2.1. Evolució de la població de Boldís Jussà i Boldís Sobirà.	45
Taula 3.1. Punts de mostreig pedoantracològic amb les seves característiques generals.	61
Taula 3.2. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Udes 1	96
Taula 3.3. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 1	96
Taula 3.4. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 4	97
Taula 3.5. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 6	97
Taula 3.6. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 8	98
Taula 3.7. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Mont 2	98
Taula 3.8. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Mont 4	99
Taula 3.9. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Mont 5	99
Taula 3.10. Datacions radiocarbòniques dels carbons del sòl, classificades per punt de mostreig i profunditat	101
Taula 3.11. Datacions radiocarbòniques de la torbera sedimentària d'Estanilles	119
Taula 3.12. Datacions radiocarbòniques de la torbera ombrotrofica de Montarenyo	126
Taula 3.13. Total d'hectàrees de cada categoria als anys 1956/57 i 2003	138
Taula 3.14. Canvis en les categories de digitalització en valors absoluts.	141
Taula 3.15. Canvis en les categories de digitalització en tant per cent.	141
Taula 3.16. Cobertura temporal dels diferents documents consultats.	149
Taula 3.17. Número i origen del bestiar que passà l'estiu de 1958 a les pastures del municipi de Lladorre	159
Taula 3.18 Aprofitament comunal de les pastures segons el Pla d'aprofitaments comunal	162
Taula 4.1. Caps de bestiar i URM de l'any 1958 i l'any 2006	202

Resum

Les zones de l'alta muntanya pirinenca són molt cops associades a zones de natura verge per part de la societat actual. Però lluny d'aquesta imatge, la realitat és que aquestes àrees han estat transformades des fa mil·lennis per les poblacions que han habitat la muntanya. Per altra banda, durant el període holocè el clima ha experimentat variacions que han intervingut en la configuració d'aquests paisatges. L'objectiu d'aquesta tesi és l'anàlisi de l'evolució del límit superior del bosc com a reflex d'aquest canvis mil·lenaris en les àrees de muntanya. La recerca s'ha centrat en la cerca de la màxima cota assolida durant l'Holocè per aquest límit, així com l'anàlisi de les seves fluctuacions tenint en compte elements antròpics i climàtics. Altrament, també s'ha posat el *zoom* en el moment de canvi actual, tot quantificant l'evolució del límit superior del bosc dels últims cinquanta anys i indagant en les causes antròpiques d'aquest canvi més recent.

El caràcter interdisciplinari d'aquest treball s'ha basat en l'ús de quatre metodologies diferenciades que podem dividir en dos grups segons les fonts que utilitzem: paleobotàniques i documentals. En el primer grup hi localitzem la pedoantracologia, o anàlisi dels carbons del sòl, la palinologia i per últim l'anàlisi dels carbons sedimentaris. Aquestes tècniques ens permeten analitzar l'evolució del límit superior del bosc durant el transcurs dels darrers 10.000 anys. Per últim les metodologies documentals ens aporten l'anàlisi de les dinàmiques recents d'aquest límit. Les imatges aèries ens permeten quantificar el canvi i la consulta de documents històrics escrits ens proporciona poder valorar el descens de la pressió antròpica sobre aquest medi.

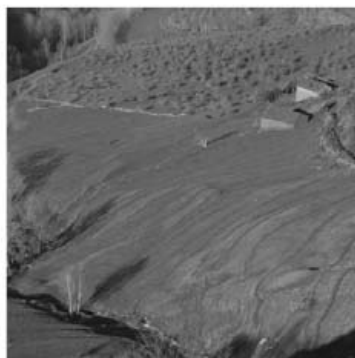
El resultat mostra que el límit superior del bosc actual es troba 400 m per sota de la cota màxima assolida durant el període holocè. Durant aquest, el límit superior del bosc se'ns ha mostrat com un element dinàmic modificat per la necessitat de pastures per part de les societats i per les fluctuacions climàtiques. La situació actual és un exemple clar de la conjunció d'aquests dos elements. La densificació de les masses arbòries en el límit superior del bosc queda explicada tant pel canvi climàtic actual com per la disminució sobtada de les activitats tradicionals en àrees de muntanya.

Abstract

Today's society often associates the high mountain zones in the Pyrenees with virgin natural spaces. Far from this image, these areas have been transformed over millennia by human society. On the other hand, during the Holocene the climate underwent changes that intervened in the configuration of these landscapes. This thesis analyzes the evolution of the forested tree line as a reflection of these millennial changes in the mountain areas. The research focused on the quest for the maximum altitude of the forested area during the Holocene, as well as fluctuations, taking into account anthropic and climatic elements. The study also zooms in on the current moment of change, quantifying the changing tree line of the past 50 years and exploring the anthropic causes of this change.

The interdisciplinary nature of this research required four distinct methodological approaches, which can be divided into two groups based on the sources used: paleobotanical and documentary. In the first group we find pedoanthracology, or analysis of soil charcoals, palynology and analysis of sedimentary charcoals. These techniques allow us to analyze the evolution of the tree line throughout the Holocene. Documentation methodologies permit us to analyze the more recent dynamics of the tree line in the area studied. Aerial images make it possible to quantify the change and written historical documentation allows us to assess the decline in anthropic pressure in the area.

The results show that the current tree line is 400 m below the maximum altitude reached during the Holocene, when the tree line was a dynamic element affected by society's need for pastures as well as by changes in the climate. The current situation is a clear example of the conjunction of these two elements. Densification of arboreal masses at the tree line can be explained both by the present climate change as well as the sudden decline in traditional agro-silvo-pastoral activities in the mountain areas.



1. Presentació

1.1. Context de la recerca

Sovint es percep la nostra muntanya, sobretot l'alta muntanya, com un espai allunyat i remot, on la natura ha estat molt poc transformada i al que li falta molt poc per trobar-se en el seu estat *original*; un territori on les condicions són tan dures que l'espècie humana no ha tingut la capacitat d'alterar-la, almenys amb gaire intensitat.

La recerca que aquí es presenta contribueix a desfer aquesta visió, tot demostrant que això no és exactament així i que alguns dels paisatges pirinencs més fascinants deuen el seu encís a les diverses, continuades i ancestrals activitats que la societat ha dut a terme sobre aquests dominis.

Les investigacions del Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge (GRAMP), entre les que es compta aquesta tesi doctoral, tenen com a objectiu principal entendre el funcionament actual dels paisatges de muntanya i interpretar la relació que s'hi dona entre el medi físic i la societat. Però només si es té en compte la història anterior és possible comprendre la situació actual. En aquest sentit, l'estudi de la dinàmica d'un paisatge permet analitzar què ha passat al llarg del temps en una zona concreta, tot considerant que alguns canvis s'hauran produït a causa de factors naturals i d'altres seran responsabilitat de les accions de l'ésser humà. I probablement la majoria de canvis hauran estat deguts a una combinació de tots dos agents.

Explicar el paisatge actual necessita d'una retrospectiva que pot anar d'un instant a milers d'anys enrere. Si bé a voltes són les transformacions recents les que dibuixen les característiques actuals, aquestes de vegades només es poden explicar a partir del retrocés a través de segles o mil·lennis.

Entendre els paisatges actuals i les interaccions que els han definits va més enllà d'aquesta comprensió del paisatge que avui veiem. Cal entendre com han interactuat societat i natura en diferents moments de la història i que això ha tingut unes conseqüències per a totes dues. Avui ens trobem en un moment de canvi global on natura i societat estan provocant canvis en els nostres paisatges i la geohistòria ambiental ens ofereix el component d'interacció entre ambdues que la Geografia porta inserida en el seu codi genètic. Si bé una part de la geografia històrica s'ha centrat en l'estudi del món rural i dels canvis demogràfics que s'hi ha produït, la geohistòria ambiental ha posat èmfasi en les qüestions ambientals que expliquen aquesta relació.

Per explicar els elements antròpics i els naturals en aquesta recerca s'ha recorregut a fonts botàniques i a fonts de tipus antròpic o social. Aquesta orientació ha estat una constant en els treballs anteriors d'aquest grup de recerca i es manté en les investigacions en marxa. Inicialment l'estudi de l'evolució del paisatge es va centrar en la constatació de les transformacions més recents del territori, relacionant-les amb el canvi d'usos del sòl i utilitzant tant dades documentals (censos, cadastre, fotografia aèria, etc.) com fonts basades directament en el treball de camp (edàfiques, dendrocronològiques, hidrològiques, etc.), sense oblidar la informació oral obtinguda directament dels agents protagonistes en primera persona dels fenòmens estudiats. Aviat es va veure la necessitat d'ampliar i sectorialitzar les temàtiques analitzades en les diferents recerques específiques i de recular en el temps si es volia avançar en l'objectiu esmentat, de manera que s'han afegit tècniques com l'antracologia (a partir de carboneres) i la palinologia (mitjançant testimonis sedimentaris), entre d'altres. El vessant socioeconòmic ha estat tractat a partir de les activitats econòmiques (analitzant-ne la viabilitat) i els aspectes demogràfics i poblacionals (migració estrangera, postneoruralisme, etc.), sempre en àrees de muntanya.

La majoria d'aquests estudis abasten un territori més o menys extens en el que s'ha plantejat una visió general del paisatge de muntanya, comprnent l'evolució de tots els estatges, sobretot el forestal. En aquesta recerca, per contra, l'estudi se centra en un punt o una línia concreta: el límit superior del bosc, tot i que no es tracta d'una línia definida ni d'un límit acotat, sinó d'un espai de transició entre un món forestal i un món alpi,

cadascun dels quals presenten unes característiques ambientals diverses i uns usos històrics prou diferenciats, encara que sovint connectats.

Seguint la mateixa línia de fons que ha presidit tota la trajectòria de recerca del GRAMP, aquí s'ha volgut determinar fins a quin punt aquest espai culminant de la muntanya pirinenca no es pot explicar si no es té en compte una història antròpica molt antiga, la mateixa història antròpica que, en la seva tendència actual, permet entendre els canvis que s'estan produint en el moment present. La recerca que tot seguit es descriurà també fa palès, però, que les canviants condicions ambientals que s'han donat al llarg dels darrers 10.000 anys en l'espai concret que s'ha estudiat han contribuït igualment a conformar-lo: es tracta, doncs, d'un exercici de geohistòria ambiental.

1.2. Objectius i hipòtesis

La recerca que es presenta se centra en l'anàlisi de l'evolució del límit superior del bosc en la zona dels Plaus de Boldís-Montarenyo. Per tal d'arribar a aquest propòsit principal s'han plantejat uns objectius i unes hipòtesis concretes que aprofundeixen en aspectes conceptuals i metodològics.

Pel que fa als objectius, se'n proposen quatre de principals:

- Determinar la màxima cota assolida pel bosc subalpí al llarg de l'Holocè.
- Analitzar l'evolució del límit superior del bosc durant el període holocè prenent en consideració causes antròpiques i climàtiques.
- Estudiar l'evolució del límit superior del bosc durant l'últim mig segle i quantificar l'ús antròpic durant aquesta etapa.
- Generar i integrar dades provinents de diferents metodologies paleobotàniques i documentals.

A partir d'ells s'han formulat també quatre hipòtesis que la recerca s'encarregarà de demostrar si es compleixen:

- La situació actual del límit superior del bosc es troba per sota del límit màxim aconseguit durant el període holocènic.
- El límit superior del bosc ha fluctuat durant el període holocènic degut a canvis climàtics i processos d'antropització de l'espai d'alta muntanya
- La dinàmica recent i actual comporta un procés d'ascensió i de densificació del límit forestal degut a la combinació de causes antròpiques i climàtiques.
- Per avaluar l'evolució de límit superior del bosc amb una escala espacial precisa i temporal àmplia i contínua cal plantejar un estudi interdisciplinari.

1.3. Estructura de la tesi

Aquesta tesi s'estructura a partir de quatre grans blocs principals. En el primer d'ells (capítol 2), com a punt de partida es duu a terme una introducció al concepte de límit superior del bosc. Tot seguit (capítol 3) es realitza la introducció metodològica de la tesi i s'acaba amb la presentació de l'àrea d'estudi i a la seva història geoambiental. En el segon gran bloc es presenten les metodologies emprades així com els seus resultats. D'aquesta forma aquesta secció es troba dividida en tres capítols: pedoantracologia, testimonis sedimentaris i fonts documentals. La interpretació conjunta dels resultats de les quatre metodologies emprades configura el tercer gran apartat (capítol 4). Per últim, en les conclusions (capítol 5) es durà a terme una síntesi del treball a partir qüestions plantejades en el si de les hipòtesis inicials. Les darreres pàgines inclouen les referències bibliogràfiques (capítol 6) i els annexs.



2. Introducció

2.1. El límit superior del bosc

2.1.1. Definició i terminologia

Sempre és difícil trobar una definició concloent de l'espai de muntanya. Però tot i això hi ha un concepte clau a l'hora de parlar d'aquestes zones: l'altitud. El desenvolupament altitudinal va lligat a canvis de condicions climàtiques entre espais propers. Les formacions vegetals se succeeixen en consonància amb els seus requeriments ecològics lligats als canvis de temperatura. Aquest fet genera que en un espai prou acotat trobem diversos ecosistemes en contacte. Un dels exemples més clars d'aquest fenomen és el contacte entre la zona de bosc i l'alta muntanya caracteritzada pels prats alpins.

El límit altitudinal del bosc és una frontera biològica entre l'estatge subalpi forestal i l'estatge alpi aforestat. Ara bé, més enllà d'un "límit lineal" estem parlant d'una zona d'interfase amb una elevada complexitat ecològica i una gran heterogeneïtat de fisonomies (Holtmeier 2009).

Delimitar i anomenar aquesta frontera natural és complicat, ja que estem parlant d'una àrea de transició entre dos tipus d'ecosistema que en alguns casos pot arribar a ser realment extensa i progressiva. D'aquesta forma qualsevol delimitació es converteix en una convenció (Armand 1992; Batllori 2008). Tot i això, en termes generals podem dir que existeix un límit del bosc i un límit de l'arbre (Körner 1998). El primer d'ambdós es dibuixaria tot delimitant la part superior del bosc. El segon el delimitaríem a partir dels últims arbres aïllats que sobrevisquessin a major altitud. L'espai comprès entre aquests dos "límits" descrits seria l'espai d'ecotò pròpiament dit.

Per arribar a aquesta definició ens cal especificar fins a on arribarà la consideració d'arbre i de bosc en aquest context tan específic. Altre cop tornem a caure en la necessitat de les convencions no exemptes de debat científic. La major part de les definicions es basen en una alçada mínima per a l'arbre i un mínim recobriment arbori per al bosc. Per exemple, alguns autors ens parlen de 2,5 m d'altura de l'arbre (Gamache *et al.* 2005; Kullman 1993, 2006; Paulsen *et al.* 2000; Payette 2007) i altres de 3 m (Paulsen *et al.* 2000). Recerques recents realitzades al Pirineu, als Alps i a àrees escandinaves han apostat per una alçada mínima de 2 m; (Batllori 2008; Batllori *et al.* 2008; Camarero *et al.* 2006; Carnelli *et al.* 2004; Dalen *et al.* 2005). Més complicat encara pot resultar acotar el bosc en una massa forestal que es va esclarrisant de forma progressiva. El criteri utilitzat en aquest context d'estudi és la densitat del recobriment arbori. En la majoria dels casos s'opta per un recobriment de capçada superior al 30-50% (Batllori *et al.* 2008)

Entre aquestes dos límits, el de l'arbre i el del bosc trobaríem la "treeline". Aquest és el terme més emprat en la literatura científica. Körner (Körner 1998, 2007) la defineix com la línia que pren la situació intermèdia en l'ecotò i marca una línia que connecta els últims lòbuls del bosc dens amb la zona d'individus aïllats. També és anomenada per certs autors com la "timberline" (Holtmeier 2009). Cal dir que en la majoria de textos és té una visió àmplia d'aquest concepte i més que una referència lineal s'utilitza per parlar de tota l'àrea d'ecotò.

2.1.2. Condicionants

Al llarg de la història, des de la botànica, la geografia i les ciències forestals s'ha intentat explicar la causa o causes que poguessin explicar la limitació altitudinal o latitudinal de les espècies arbòries. Per cert, altitud molt variable al llarg de les diferents latituds del planeta, des del nivell del mar fins els 4.000 m (Hoch *et al.* 2005) i colonitzada per tàxons arboris prou diferents (*Araucaria*, *Betula*, *Dracophyllum*, *Fagus*, *Larix*, *Libocedrus*, *Nothofagus*, *Picea*, *Pinus*, *Podocarpus*...) (Holtmeier 2009).

Clar és el paper de les condicions climàtiques que, en ser excessivament seques, humides o fredes, són limitadores evidents de l'expansió de les masses boscoses. Körner (2007) ens planteja una visió segons la qual, més enllà de les condicions climàtiques, els altres elements que puguin intervenir en la formació del límit superior del bosc són perturbacions de caire local (incendis, allaus, pasturatge...) i només el clima pot dibuixar-ne les causes globals. Com a resultat de les seves investigacions Korner (2004, 2007) demostra una correlació entre la temperatura del sòl i la *treeline*. Afirmar que la mitjana de la temperatura del sòl a l'ecotò durant l'estació de creixement és sempre entre 5 i 8°C, sent en la majoria dels casos entre 6 i 7°C.

Ara bé, si canviem l'escala global –planetària- i ens centrem en els estudis regionals o locals, la visió del límit superior del bosc es modifica. La localització actual i la dinàmica de moltes zones de transició queda lluny d'ésser explicada per factors purament tèrmics en bona part dels casos. Quan apropem el *zoom* cal recórrer a diversos factors de diferents orígens i escales d'abast diferent i sobretot ens cal una voluntat ferma d'integrar-los. En aquest mateix sentit, en els seus textos, Holtmeier (Holtmeier *et al.* 2007, Holtmeier 2009) ens parla de la necessitat d'una mirada complexa per tal d'entendre tant la fisonomia i la localització actual com la dinàmica del límit superior del bosc.

De forma general, podríem agrupar les possibles causes del límit superior del bosc a partir de quatre grans grups de factors limitadors que afectarien el creixement i regeneració de l'arbre: factors climàtics, factors orogràfics, factors edàfics i factors biòtics, podent-ne separar d'aquest últim grup el factor antròpic. Les baixes temperatures, la seva variabilitat interanual, l'intens i freqüent vent o les precipitacions líquides o sòlides són alguns dels elements a tenir en compte en el primer grup. L'orografia és un dels trets definitoris de les àrees de muntanya. El relleu escarpats i inestables, molts cops coberts per dèbils o inexistents sòls, conformen medis inhòspits per a la vegetació en general però de forma clarament més notòria per a les espècies arbòries. Per altra banda, la irregular topografia de muntanya té la capacitat de generar condicions microclimàtiques que marcaran la localització de les espècies vegetals.

Els factors biòtics fan referència aquí a l'acció dels animals sobre el límit superior. Alguns animals herbívors salvatges suposen una amenaça per al creixement de les plantes. En canvi d'altres com algunes espècies d'aus són necessàries per a la disseminació de les llavors dels arbres. I en últim lloc, però clau per poder explicar el límit superior del bosc en diferents àrees del planeta, es troba el factor antròpic. L'espècie humana s'ha instal·lat i ha aprofitat els recursos de muntanya des d'èpoques prehistòriques. L'aprofitament històric de la fusta així com la necessitat de terres de pastura han provocat els descens de la cota del límit superior del bosc. Aquest límit, anomenat *anthropogenic treeline* (Hellberg et al. 2003; Holtmeier et al. 2005), es localitza per sota d'aquell que ens vindria donat pels factors climàtics o orogràfics.

2.1.3. Dinàmica històrica i funcionament com a indicador ambiental

El límit superior del bosc ha estat un element dinàmic durant el període holocè. Des de la recuperació de l'espai forestal després de l'àrid i fred període glacial, el límit forestal ha canviat d'altitud i en molts casos de composició taxonòmica.

Les seves fluctuacions han estat descrites a partir de l'aplicació de diferents metodologies paleobotàniques. Si bé de bon principi aquests estudis es van localitzar al nord d'Europa, als Alps i Nord Amèrica, cada cop tenim més informació per al conjunt del món i també s'han realitzat, per exemple, estudis a Sud-amèrica (Bakker *et al.* 2008; Di Pasquale *et al.* 2009; Sarmiento *et al.* 2002), Àfrica (Wu *et al.* 2007) i Àsia (Kaiser *et al.* 2009; Liu *et al.* 2002; Thomas *et al.* 1994; Wang *et al.* 2006)

L'interès inicial que ha desvetllat l'estudi dels ecotons en general i del límit superior del bosc en particular neix de la percepció de les dinàmiques en els patrons de distribució de les espècies vegetals com a resultat de la fluctuacions climàtiques. Aquestes zones de contacte són considerades com un dels millors monitors de canvis climàtics, ja que s'entén que les respostes dels canvis ambientals per part dels ecosistemes són detectats en un primer moment a les zones de límit o frontera (Hansen-Bristow *et al.* 1988; Neilson 1993).

Ara bé, sumats a aquesta funció de monitors de canvi climàtic, els estudis paleobotànics han permès veure que les zones d'ecotò han servit també com a indicadors d'altres tipus de canvis en el medi, com els provocats per la societat (Hofgaard,1999). Des d'èpoques prehistòriques homes i dones han anat modificant el medi de diferents formes per aprofitar-ne els seus recursos i les àrees d'alta muntanya no n'han estat una excepció.

Avui ens trobem en un moment de canvi climàtic, no hi ha dubte que les temperatures han ascendit durant el segle XX i la tendència continua (IPCC, 2007). Aquest fet ha tingut i té unes conseqüències sobre la vegetació planetària actual i futura. Un gran volum de projectes de recerca és focalitzen en els efectes del canvi climàtic sobre la biota. Aquests han de servir per poder descriure la situació actual però sobretot per pronosticar-ne l'evolució futura.

Actualment, però, les àrees de muntanya pirinenques estan experimentant un procés de canvi que va més enllà d'un canvi climàtic. Les transformacions de model econòmic i social han donat pas a canvis en les condicions ambientals d'aquestes zones. Més enllà d'un canvi purament climàtic ja parlem d'un "canvi global" (Boada i Saurí 2002). Davant d'aquesta realitat el canvis en la distribució de la biota ens serveixen d'indicadors d'aquest fenomen complex i multi factorial que és el canvi global.

Conèixer les conseqüències de la fi del sistema tradicional sobre les àrees de muntanya i saber quin pes té cadascun dels elements passa per una anàlisi multidisciplinària i plurimetodològica que indagui en el si d'un fenomen tan complex com és el canvi global. Conèixer les causes dels canvis i la situació actual ens ha de servir per poder dur a terme una projecció futura que vagi més enllà del factor purament climàtic i pugui adaptar-se a l'escala de paisatge concret, a les escales locals.

2.2. Introducció metodològica. Un estudi interdisciplinari

L'objectiu d'aquesta recerca passa per entendre el límit superior com a resultat de la combinació de factors ambientals i antròpics al llarg del temps. En aquest sentit, com més enrere en el temps ens puguem situar, millor podem comprendre l'estadi actual del paisatge dins d'aquesta concepció dinàmica. Per aquest raó es fa necessari un marc metodològic que compregui el període holocè, és dir, els últims 10.000 anys. Per altra banda, el marc espacial és ben precís i es planteja una evolució del límit superior del bosc a nivell de micro escala o de vessant.

D'aquesta concepció binòmia del paisatge (natura i cultura), així com del treball plantejat a diferents escales temporals i espacials, neix una recerca interdisciplinària. Metodologies paleoambientals i socials s'encreuen a l'hora d'explicar un objectiu comú (Tress *et al.* 2003), en aquest cas un element concret del paisatge com és el límit superior del bosc.

Amb l'objectiu de cobrir amb la màxima resolució possible tot el període que es vol analitzar cal recórrer a diferents metodologies, cadascuna de les quals té un abast temporal diferent (vegeu la figura 2.1). Com ja s'ha vist en el objectius d'aquesta recerca, es realitza una anàlisi de l'evolució del límit superior del bosc durant tot el període holocè per arribar a explicar quina és la seva situació actual. Partim de la idea del paisatge actual com un palimpsest fruit de la interacció històrica entre elements físics i antròpics al llarg dels últims 10.000 anys. Per fer aquesta retrospectiva de llarg termini s'han utilitzat tres metodologies basades en l'anàlisi de diferents fonts paleobotàniques: la pedoantracologia, la palinologia i l'estudi dels carbons sedimentaris.

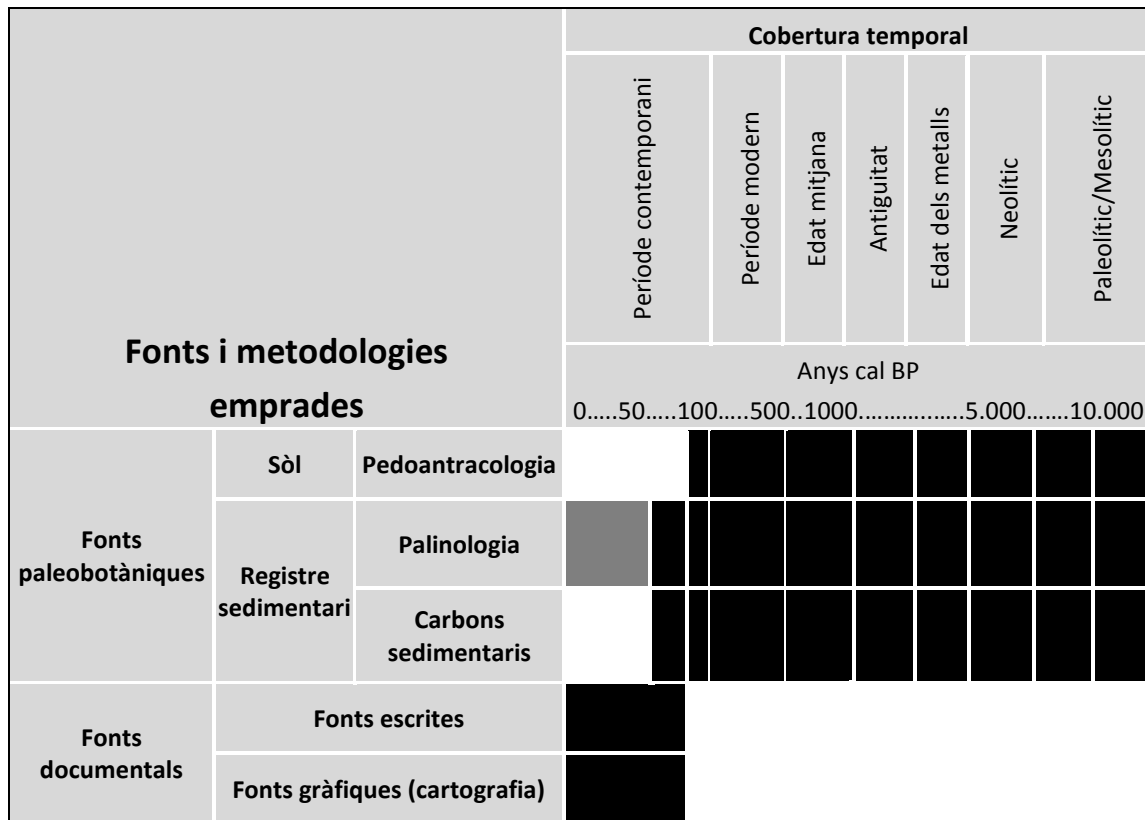


Figura 2.1. Fonts i metodologies emprades en aquesta recerca amb el seu abast temporal

Totes tres ofereixen informacions que es complementen i ens ajuden a obrir escletxes de llum a l'hora d'explicar les dinàmiques del paisatge vegetal en àrees d'alta muntanya. L'estudi dels carbons del sòl, la pedoantracologia, ens permet conèixer de forma espacialment precisa fins a on ha arribat la vegetació llenyosa, amb quina composició i en quin moment. Tot això ho aconsegueix a partir de l'aïllament, identificació i datació dels carbons del sòl fruit d'incendis pretèrits.

Per un altre cantó, les metodologies basades en l'anàlisi dels registres sedimentaris, palinologia i carbons, ens ofereixen informació regional sobre el conjunt de tàxons vegetals d'una forma temporalment contínua. El pol·len, les espores i altres macrorestes vegetals capturades en les fàcies sedimentaries conformen un registre continu. Els sòls no presenten una estructura estratificada que permeti associar l'edat d'un carbó amb l'edat de l'horitzó en què s'ha trobat. D'aquesta forma es reforça la informació cronològica intermitent que ofereixen els carbons del sòl amb la informació contínua dels registres sedimentaris. Altrament, el pol·len permet analitzar un espectre vegetal més ampli que va

més enllà de les llenyoses. Aquest fet, unit a l'abast regional de la informació, ens permet contextualitzar i indagar en les causes de les perturbacions copsades mitjançant la pedoantracologia.

D'aquesta forma podem dir que en aquesta recerca la informació espacial precisa del límit superior del bosc durant el període holocè ve donada pels carbons i la informació regional i cronològica contínua ve traçada per la palinologia i els carbons sedimentaris.

Pel que fa a l'evolució contemporània del límit superior del bosc, aquesta recerca s'ha basat en l'anàlisi de les fonts documentals i el reconeixement directe in situ. Si bé l'estudi del període holocènic ens ha de servir per indagar en les diferents dinàmiques vegetals que han afectat al límit superior del boc, les fonts documentals ens serveixen per entendre quina és la dinàmica més recent i allò que l'explica. Per una banda, les fonts documentals gràfiques, en aquest cas fotografies aèries de l'any 1956 i ortofotomapes de l'any 2003 ens han servit per analitzar com ha sigut l'evolució física del límit superior del bosc durant l'últim mig segle. El tractament cartogràfic, mitjançant un sistema d'informació geogràfica, d'aquestes fonts ens permet també una elevada precisió espacial que reforça l'aconseguida amb la pedoantracologia. Per un altre cantó, la consulta de fonts documentals escrites ens ha permès veure com ha evolucionat l'ús de l'espai per la ramaderia durant els últims 100 anys, indagant així en les causes antròpiques de l'evolució actual del límit superior del bosc al comunal de Boldís. El treball de camp destinat a l'observació directa, per fi, palesa la dinàmica del moment present.

En resum, les metodologies emprades ens ofereixen una informació a nivell de micro escala o de vessant. En el cas del període holocè s'ha aconseguit a partir de la pedoantracologia i per a l'etapa contemporània a partir del tractament cartogràfic de gran escala. Per altra banda, els registres sedimentaris i les fonts documentals escrites ens han ofert el context bioclimàtic i cultural que ens ha acostat a l'explicació de les variacions paisatgístiques d'aquest territori d'alta muntanya. Amb l'ús de totes aquestes metodologies s'aborda l'evolució del límit superior del bosc des de diferents escales temporals i espacials tenint en compte aspectes físics i antròpics que n'expliquen la seva dinàmica.

2.3. Àmbit d'estudi

2.3.1. Caracterització de l'àrea d'estudi

L'àrea d'estudi és conformada per uns elements físics i humans que la caracteritzen de manera clara i específica i que han suposat la seva tria com àrea de treball. D'aquesta forma, es fa evident la necessitat d'una introducció al context físic i social d'aquest territori.

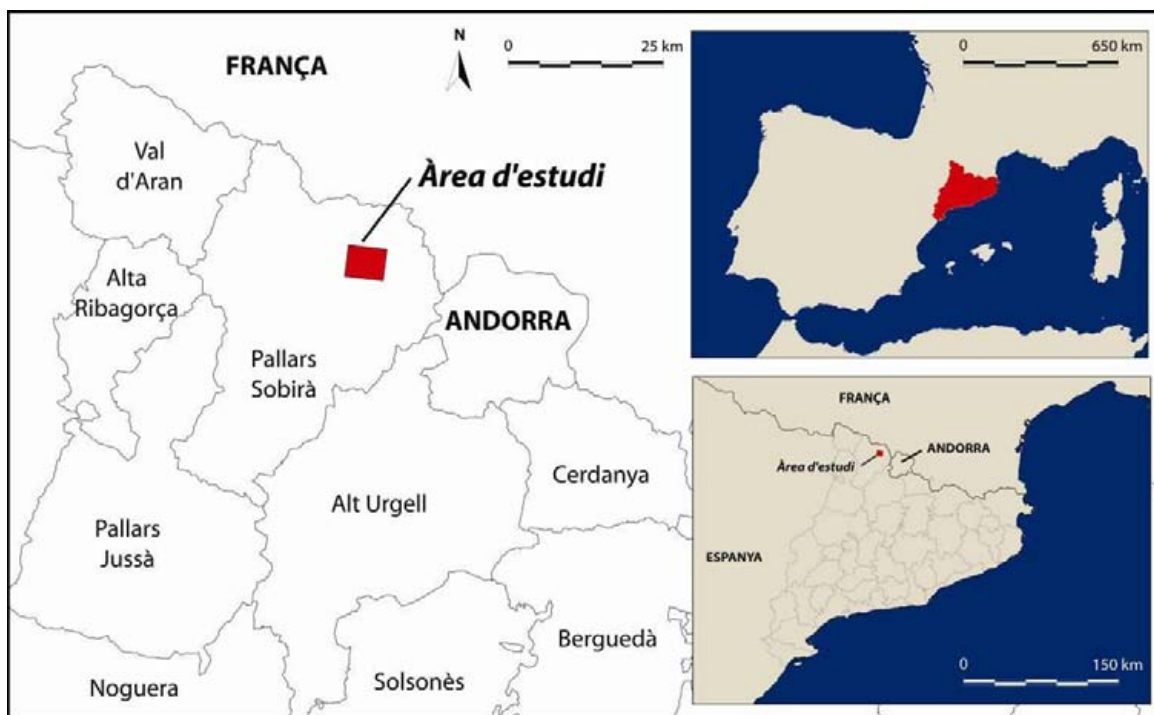


Figura 2.2. Localització de l'àrea d'estudi

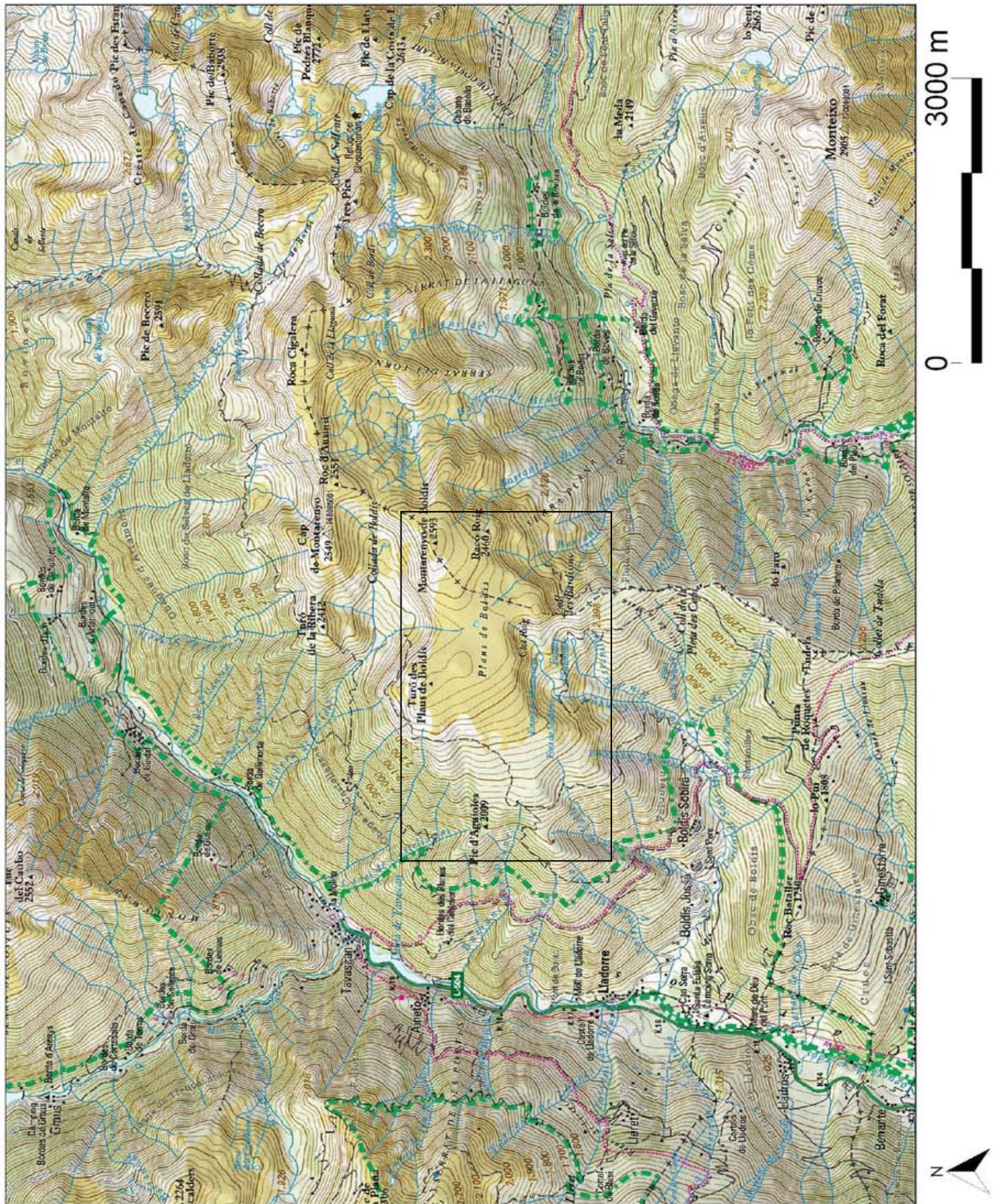


Figura 2.3. Base topogràfica de l'àrea d'estudi i el seu entorn.

Font: Institut Cartogràfic de Catalunya, Mapa comarcal de Catalunya n.26, Pallars Sobirà, 1:50.000

El territori de treball d'aquesta recerca es localitza a la vessant sud del Pirineus en ple Pirineu axial. A la capçalera de la Vall de Cardós, vall tributària de la Noguera Pallaresa, ens trobem l'àrea dels Plaus de Boldís-Montarenyo. Aquesta està conformada per una superfície d'aplanament que dibuixa un gran altiplà a 2.450 m d'altitud i conforma una de les estructures més particulars d'aquesta zona.

L'altiplà, coronat pel cim de Montarenyo, es troba dins el terme municipal de Lladorre (Pallars Sobirà) i està comprès en la forest comunal¹ dels pobles de Boldís Sobirà i Boldís Jussà. Com podem veure en la figura 2.3, els Boldissos² situats a la vall de Sant Miquel, que és tributària de la vall de Cardós, són la porta d'entrada per la vessant sud a aquesta àrea. La ribera de Boldís al nord, el riu Lladorre a l'oest i la vall d'Àreu a l'est, són les altres tres riberes que delimiten aquest espai.

Des de l'any 2003, el 91% del comunal dels Boldissos és un espai protegit a causa de la seva inclusió dintre el Parc Natural de l'Alt Pirineu. Tot i que anteriorment ja es trobava protegit pel Pla d'Espais d'Interès Natural i alguns dels seus hàbitats van ser catalogats com a hàbitats d'interès comunitari (Carreras *et al.* 2005; Habitats Committee 2003), La figura de Parc Natural és un reconeixement als seus valors naturals i culturals i alhora, aquest suposa un agent més en el moment de gestionar aquest territori i vetllar per la seva conservació.

2.3.1.1. Geologia i geomorfologia

El relleu de tot aquest entorn és fruit d'un modelat glacial. Cims aguts i enlairats, circs, estanys, valls penjades i valls en forma de còm són el resultat de l'acció dels gels quaternaris. A la Noguera de Cardós el fons de les valls principals es troben entre 850 i 1.200 m i els cims i carenes s'enlairen fins als 3.000 m.

¹ Forest número 165 del catàleg de forests d'utilitat pública gestionades pel Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.

² Nom popular amb què es coneixen el conjunt dels pobles de Boldís Sobirà i Boldís Jussà o Boldís de Dalt i Boldís de Baix.

La glacera que lliscava per la vall de Cardós s'estenia des de la capçalera de la vall fins arribar a Tírvia, on en el moment de màxima extensió de les glaceres conflüen les tres glaceres del Cardós, Vall Ferrera i Burg (Arribas 2004; Bru 1985).

Ara bé, en aquest paisatge quaternari trobem uns vestigis d'antics relleus com són les superfícies d'aplanament³ i és justament aquesta geoforma la que defineix i individualitza la zona del Plaus de Boldís-Montarenyo. Es tracta d'un extens altiplà de formes suaus per sobre dels 2.450 m amb una extensió total de 3,2 km². L'origen d'aquestes formes no està encara avui exempt de discussió. Tot i això, sabem que són relleus preexistents al darrer episodi glacial. En les seves parets sí que podem veure l'acció del gel, que ha dibuixat vessants esquerps i esglaonats amb circs i llacs.

Aquesta extensió, unida a les comes que suposen els circs glacials del vessant sud i el baix pendent de la vessant occidental més meridional, conforma una extensa àrea planera apta per a pastures.

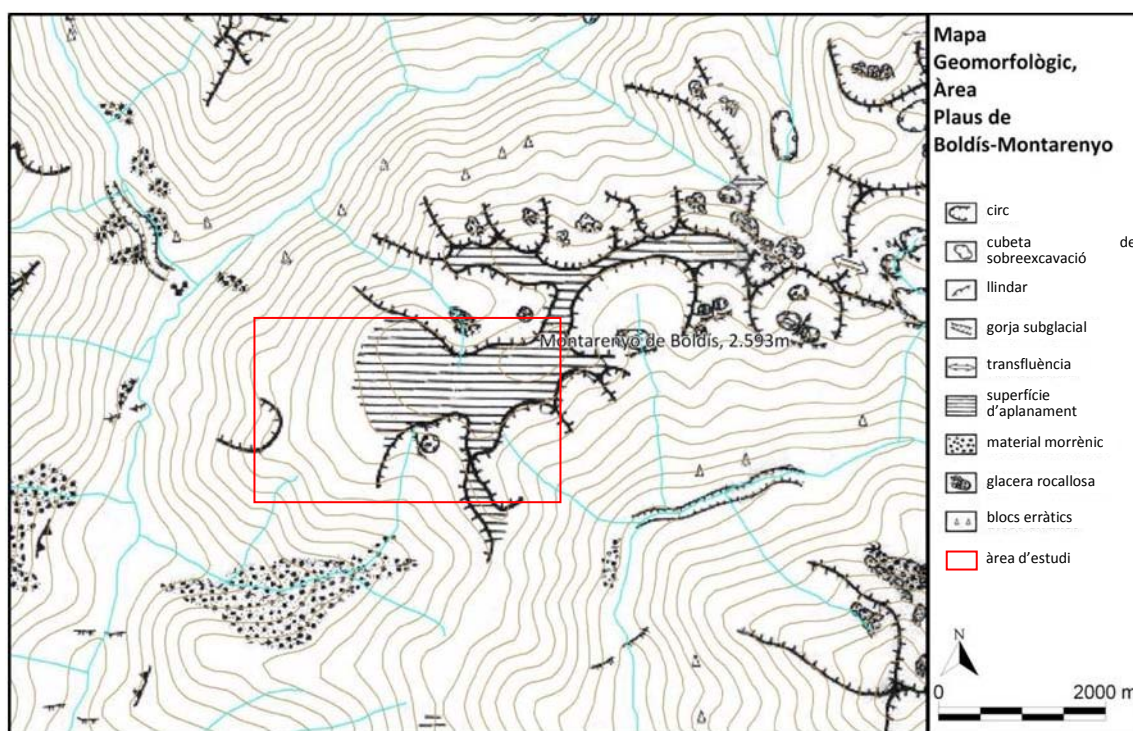


Figura 2.4. Mapa geomorfològic de l'àrea d'estudi i el seu entorn Font: Bru, J (1985)

³ També anomenades planes d'erosió o nivells d'aplanament

El substrat litològic està format per roques d'origen cambroordovicià que correspon en la nostra àrea d'estudi a esquists quarzítics i fil·lites (vegeu el mapa 2.3). L'àrea d'estudi es localitza damunt de l'anticlinori de la Pallaresa. Aquest es caracteritza per l'alineament general dels eixos de plegament en direcció E-W i una disposició de les capes molt verticalitzades acompanyada, en aquesta zona, d'esquistositat i amb un pla axial molt inclinat cap al Nord.

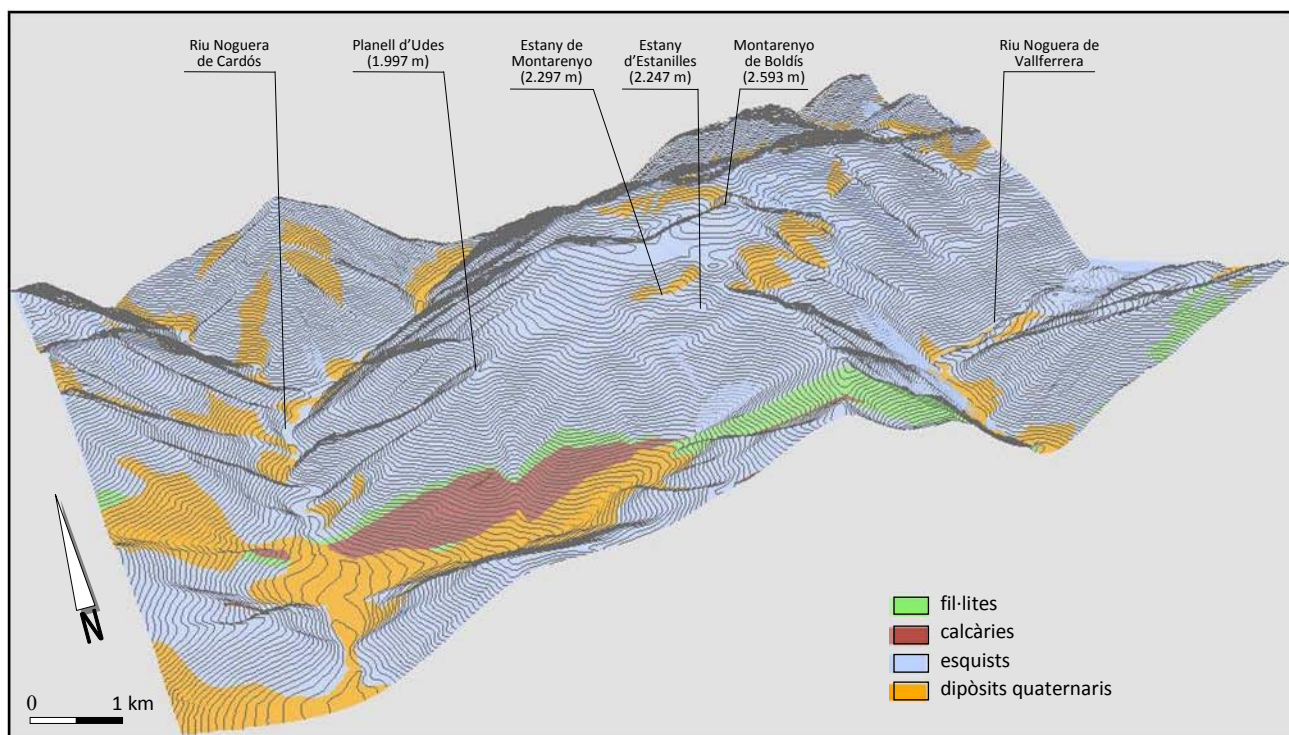


Figura 2.5. Imatge en 3D dels materials litològics de l'àrea d'estudi

Font: elaboració pròpia a partir de la base geològica digital del Departament de Medi Ambient i Habitatge (2006)

2.3.1.2. Clima

No és fàcil dur a terme una caracterització climàtica de les àrees de muntanya. La complexa orografia dibuixa escenes microclimàtiques molt diferents en distàncies molt curtes. Altrament, són poques les dades objectives que tenim d'aquests fenòmens a casa nostra.

Per tal de fer una primera aproximació climàtica a l'àrea que ens ocupa s'han escollit les dades de dues estacions meteorològiques situades al mateix municipi de Lladorre, però al poble de Tavascan. La primera, situada a l'estany de Certascan (2.240 m), ens apropa a les

condicions dels medis supraforestals, mentre que la segona, situada a la presa del pantà de Tavascan (1.100 m) ens informa de les condicions meteorològiques al fons de la vall. A continuació podem veure els diagrames ombrotèrmics de les dues estacions.

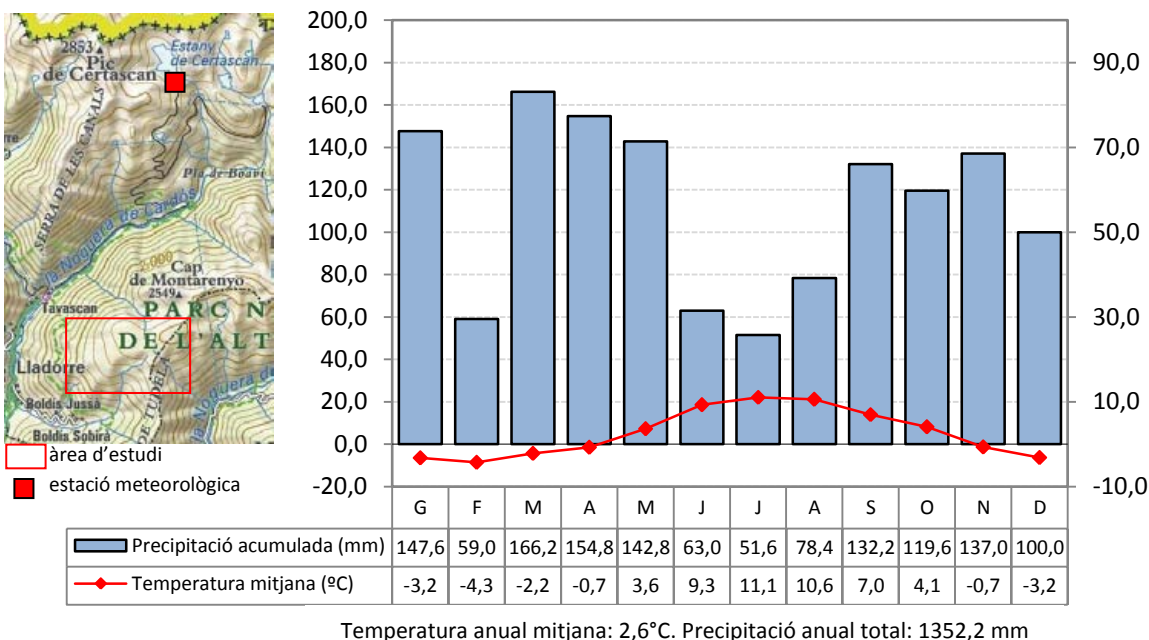


Figura 2.6. Diagrama ombrotèrmic de l'Estany de Certascan

Font: Àrea de Climatologia (Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques, XEMA), Servei Meteorològic de Catalunya, Generalitat de Catalunya.

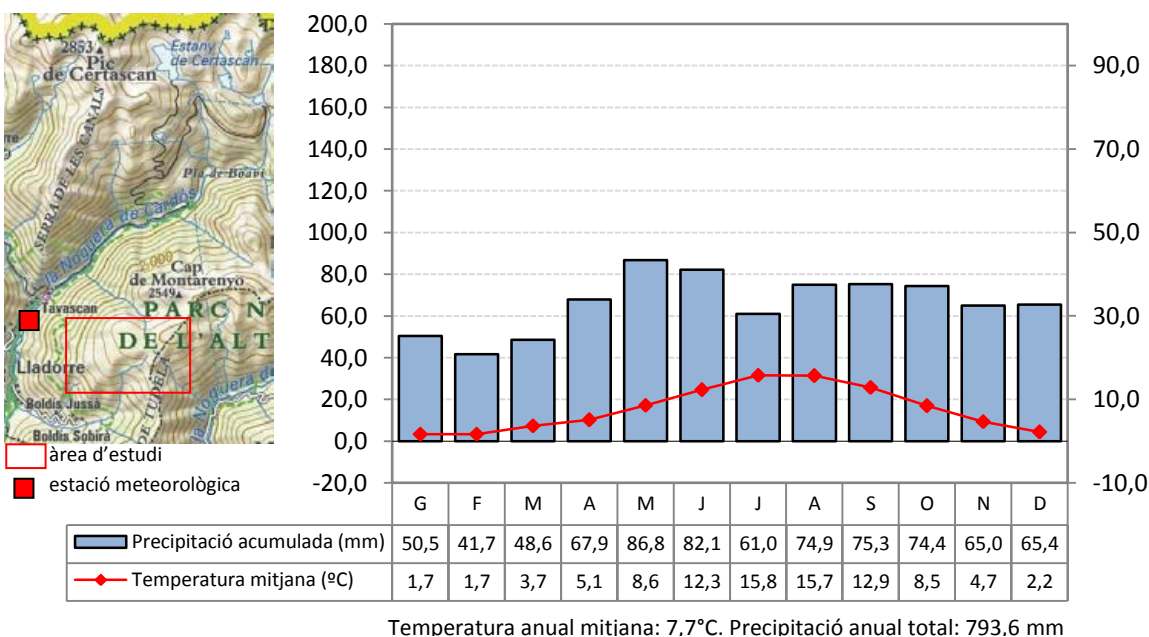


Figura 2.7. Diagrama ombrotèrmic del pantà de Tavascan

Font: Confederación Hidrológica del Ebro, Sistema Automàtic de Informació Hidrològica

Les pluges són abundants en els dos punts, tot i que són majors en les cotes més altes. Malgrat que les pluges es distribueixen de forma regular, sobretot en les zones altes, es pot constatar uns màxims que es donen a l'hivern i primavera. Cal recordar en aquest punt la importància de les precipitacions en forma de neu a l'hivern i en alguns casos durant la tardor i primavera a les zones més altes. Aquest fet suposa l'existència d'un mantell nival que cobreix les zones més altes durant mesos i que té uns efectes determinats pels ecosistemes d'aquestes zones.

Les temperatures també mostren el gradient altitudinal de forma clara. La diferència entre la mitjana anual dels dos punts ronda els 5,1°C. El mínims se situen als mesos de gener i febrer. Les baixes temperatures de les zones altes expliquen el curt període vegetatiu de les plantes d'aquestes zones. De nou cal recordar els efectes del relleu en el clima, ja que elements com la diferent insolació entre obagues i solanes o fenòmens com la inversió tèrmica ens aportarien matisos molt importants a aquestes dades tèrmiques.

Quan parlem de clima a les zones de muntanya ens referim a una diversitat de climes en poc espai. Així, i tot i que quan parlem del clima del Pallars Sobirà ho solem fer referint-nos a un clima mediterrani de muntanya, en la nostra àrea de treball sembla que l'adjectiu mediterrani és més aviat sobrer i es converteix en atlàntic. A les zones més altes, doncs, la pluviometria elevada i regular i la forta innivació ens defineix un clima subalpí-alpí.

2.3.1.3. Vegetació

El paisatge vegetal d'aquest territori és molt variat responent a les diferents característiques geomorfològiques, litològiques i climàtiques ja esmentades. Ara bé, cal no oblidar l'acció humana en la transformació de la vegetació de cadascun dels estatges altitudinals.

A l'àrea que ens ocupa hi considerem tres estatges de vegetació: montà (1.200-1.350 m fins als 1.600-1.850 m), l'estatge subalpí (1.600-1.850 m fins als 2.300-2.450 m) i estatge alpí (per sobre dels 2.300-2.450 m).

A l'estatge montà i basal del fons de vall principal, les rouredes de *Quercus petraea* barrejades amb algun bedoll (*Betula pendula*) ocupen els primers centenars de metres de les vessants oest dels Plaus de Boldís. Al fons d'aquesta, a la zona ripària, trobem els sargars (*Saponario-Salicetum purpureae*) barrejats amb joncs i herbassar. De forma directa

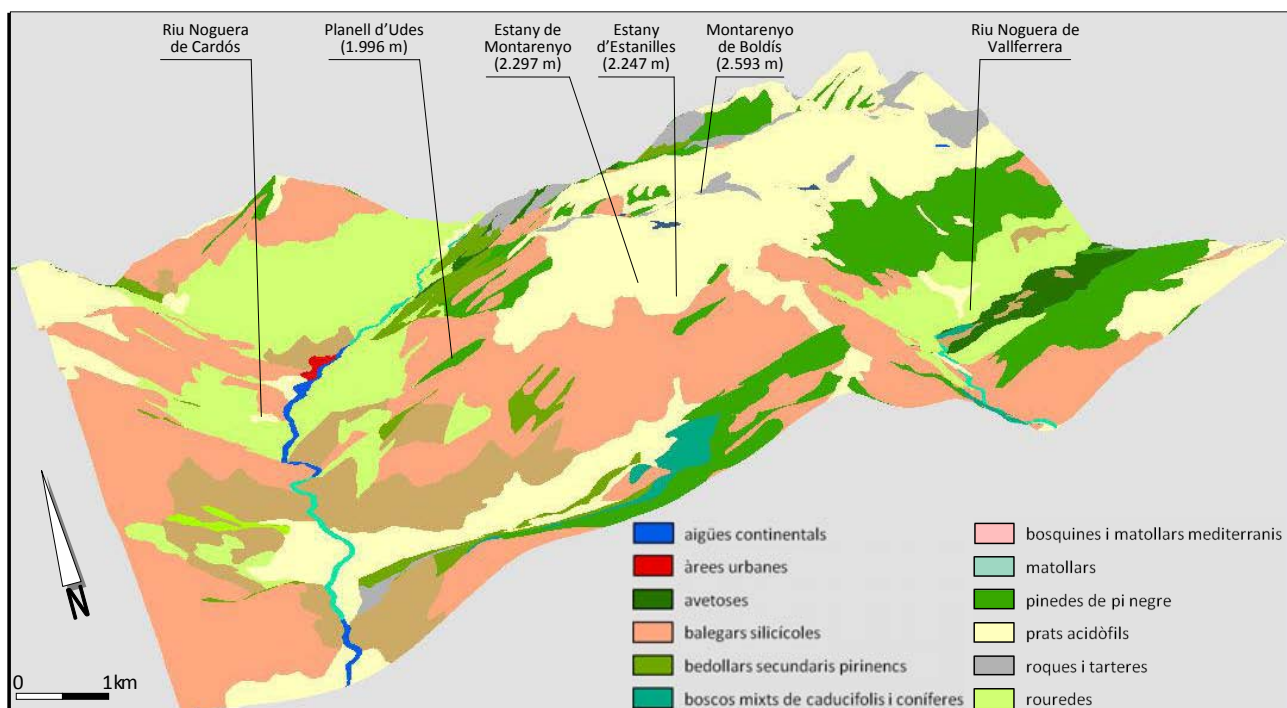


Figura 2.8. Imatge en 3D dels hàbitats de l'àrea d'estudi

Font: elaboració pròpia a partir de la base geològica digital del Departament de Medi Ambient i Habitatge (2006)

el pi negre (*Pinus uncinata* Ramond ex DC. in Lam. & DC.), acompanyat de neret (*Rhododendron ferrugineum*) i nabiu (*Vaccinium myrtillus*) ja es fa present en l'estatge subalpí. Als 2.000 m trobem una franja de 150 m de balegar (*Genista balansae* (Boiss.) Rouy subsp. *europaea* (G. López et C.E. Jarvis) O. Bolòs et Vigo [= *Cytisus oromediterraneus* Rivas Martínez et al.]) que és seguida per prats de *Festuca eskia* inicialment i després *Festuca airoides* fins al cim.

A la vall secundària dels Boldissos, la vessant sud és nua de masses arbòries importants. Al fons de vall trobem els prats de dall amb fromental (*Arrhenatherum* sp.) i per sobre d'aquests prats silicícoles i xeròfils. L'estatge muntà i subalpí comprèn un gran matollar de *Genista balansae* que es va alternant de forma gradual amb pastures mesòfiles montanes i subalpines. Només en les àrees més altes d'aquest estatge trobem

illes arbòries de *Pinus uncinata* acompanyades de ginebró (*Juniperus communis* subsp. *nana*). Ja en l'estatge alpí, la zona de Montarenyo i Plaús de Boldís ens ofereix les extenses pastures de festuca amb la particularitat d'una zona de mollera al centre de la seva extensió



Figura 2.9 Fotografia de Boldís Sobirà (en primer terme) i Boldís Jussà



Figura 2.10. Detall de la solana de la vall dels Boldissos



Figura 2.11. Fotografia de la superfície d'aplanament del Plaús de Boldís-Montarenyo des del Monteixo (vessant sudest).

2.3.2. Geohistòria ambiental de l'àrea d'estudi

En aquest apartat es pretén dur a terme una mirada a vol d'ocell pel que ha estat la geohistòria ambiental pirinenca durant el període holocènic. L'àmbit de referència és bàsicament del Pirineu central meridional per baixar, quan la informació disponible ho permeti, a nivell de comarca, de vall o de poble. D'aquesta manera ens proposem una breu introducció al context climàtic i cultural prenent de referència els estudis paleobotànics, arqueològics i històrics que s'han realitzat al Pirineu central (figura 2.12).

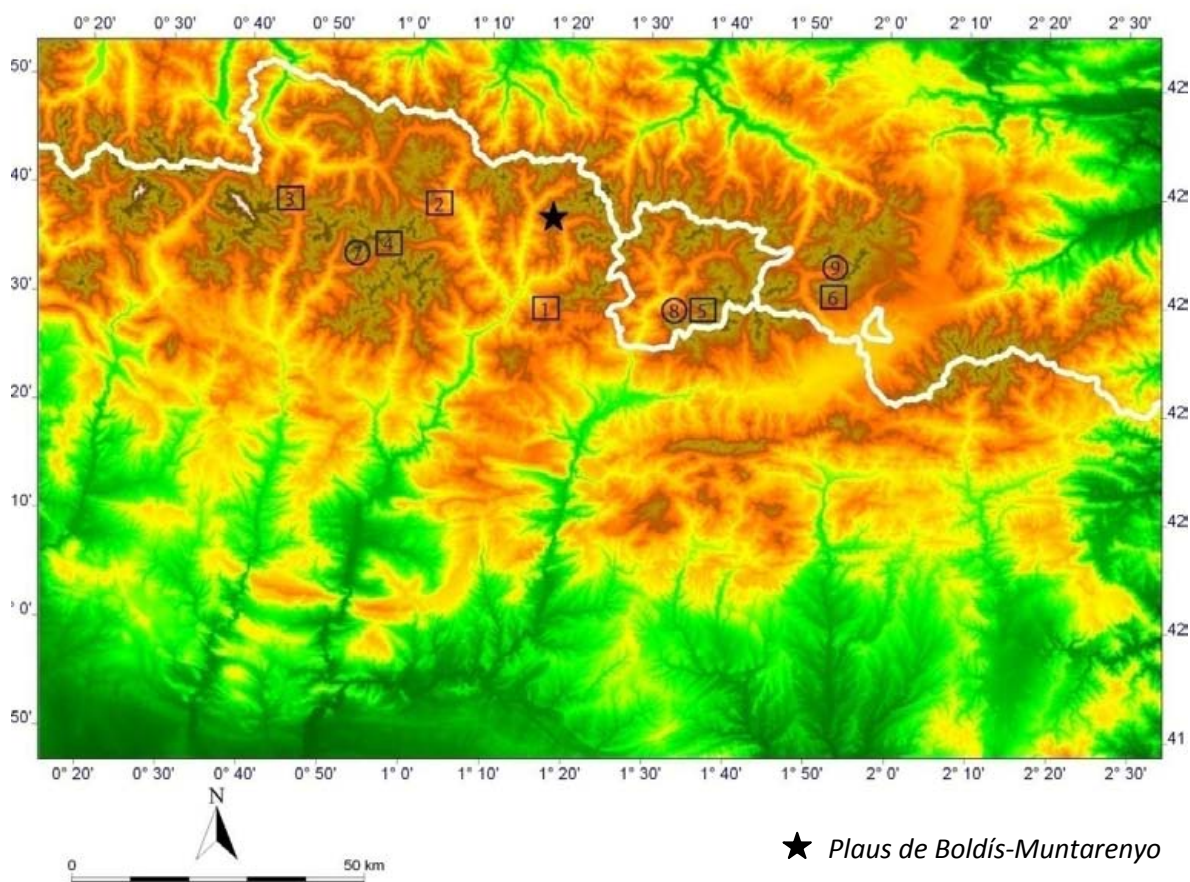


Figura 2.12. Mapa de localització d'estudis paleobotànics (quadrats) i àrees de jaciments arqueològics (cercles) esmentats en el text: 1.Estany de Burg, 2.Torbera de València d'Àneu, 3.Estany Redón, 4.Estany Redó, 5 i 8.Vall Madriu-Perafita-Claror, 6 i 9. Muntanya d'Enveig i 7.Parc Nacional Aigüestortes i Estany de Sant-Maurici. Font: Elaboració pròpia

Abans de començar creiem necessari fer un aclariment sobre la forma d'expressar les dates cronològiques i la periodització cronocultural del treball que es presenta. Les

dates s'expressaran de forma prioritària a partir d'anys calibrats BP (*Before Present*). És a dir s'utilitza una escala temporal que parteix del 1950 com any "present" per tal referenciar esdeveniments pretèrits. D'aquesta forma quan parlem de 1.000 anys cal BP estem parlant de l'any 950 dC (després de Crist) o AD (Anno Domini). Aquesta escala temporal es basa en les datacions radiocarbòniques i ha estat utilitzada en ciències com la geologia i l'arqueologia i totes aquelles que volen especificar esdeveniments ocorreguts en el passat. El que aporta el calibratge és una major fiabilitat, ja que en el seu càlcul es té en compte el fet que el nivell de radiocarboni atmosfèric (^{14}C) no ha estat constant durant el lapse de temps que ocupa la datació.

Des d'un punt de vista climàtic, actualment ens trobem en un període interglacial de retirada de gels que succeeix a les últimes glaciacions quaternàries del període anomenat würmia. Aquest ha transcorregut des de fa uns 100.000 anys fins ara fa uns 12.000 donant lloc a fluctuacions climàtiques que en els períodes freds han esdevingut climes glacials. L'últim màxim glacial al Pirineu s'havia situat al voltant dels 45.000 anys enrere (Bordonau, 1992), tot i que estudis més recents el situen al voltant del 30.000-20.000 anys (Pallàs *et al.* 2006), apropant-se a les cronologies europees.

Aquestes glaciacions van tenir unes conseqüències clares per al modelat del relleu de les valls pirinenques però, com és evident, també van ser crucials en termes de vegetació. Les valls cobertes de gel i les carenes amb climes extrems van ser hàbitats inhòspits per a les masses forestals que prèviament havien ocupat extensament aquests espais. I si en algunes localitats pirinenques s'ha trobat pol·len arbori més antic, corresponent de ple a l'episodi glacial, s'interpreta com a reflex d'una pluja pol·línica procedent de llocs diversos i allunyats corresponents a enclavaments protegits (García-Ruiz *et al.* 2001)

Les dures condicions climàtiques també ens obliguen a descartar la presència humana en les parts altes del Pallars, almenys de forma permanent. Els jaciments arqueològics de l'època preholocena se situen en terres més baixes. Segons Cots

(Marugan i Rapalino 2005), el jaciments més propers al Pallars es troben a municipis dels contraforts pirinencs francesos com Foix, Tarascon o Saint Giron entre d'altres.

Diferents autors indiquen que és a partir de 15000 cal BP quan s'inicia el desgel i comença una tímida recuperació de la coberta vegetal que s'intensificarà al 13000 cal BP (Arribas 2004; Esteban *et al.* 2003). Ara bé, les oscil·lacions i fluctuacions son acusades i poden anar acompanyades d'un clima molt sec en algunes fases. No serà fins al 10000 cal BP quan sembla que entrem en un clima més benigne i més estable que els períodes anteriors. I és en aquesta data quan ens plantem el període holocè o període postglacial, en el qual encara ens trobem avui i que suposa el marc temporal de la investigació que es presenta.

Tot i que serà un període més estable que els anteriors, també viurà diferents fluctuacions i tendències que ens definiran diferents períodes paleoclimàtics. Tot seguit es mostra la periodització bioclimàtica clàssica realitzada per Blytt (1876) i Sernander (1890) a finals del segle XIX per al territori centreeuropeu (vegeu la figura 2.13). Aquesta s'ha completat amb informació paleobotànica de la península ibèrica recollida per Costa, Morla i Saiz (1998).

a) Preboreal (10200-8800 cal BP)

Primer període holocè. És una fase de transició cap a condicions més benignes que les àrides i fredes que caracteritzen el Dryas recent. Els pins i els bedolls són els arbres pioners que ja trobem en el Pirineu durant aquesta època.

b) Boreal (8800-7500 cal BP)

Període de millorament tèrmic i d'augment de les precipitacions. Aquestes condicions afavoreixen l'aparició d'espècies caducifòlies (roures, avellaners, oms, tells i freixes).

c) Atlàntic (7500-4500 cal BP)

En aquest període les condicions són més estables que en l'anterior i ens trobem en l'anomenat Òptim climàtic (7500-6000 cal BP). Un període de temperatures suaus i precipitació abundant que aporta major humitat. És en aquest període quan es produeix l'aparició de l'abet en l'àrea d'estudi.

d) Subboreal (4500-2700 cal BP)

La inestabilitat i la variabilitat climàtica seran els aspectes definitoris de la primera part d'aquest període. En una segona fase el clima s'estabilitzarà en temperatures més fredes i major humitat. És en aquest període i no pas abans, com sí que succeeix en altres llocs del Pirineu, on podem localitzar l'aparició del faig (Pèlachs, 2004) a zones properes a l'àrea d'estudi.

e) Subatlàntic (2700 cal BP fins a l'actualitat)

En aquest període ens trobem temperatures més càlides i major humitat. Cal esmentar que dintre d'aquest període situem tres pulsacions climàtiques de diferent caire però totes amb una clara afectació en l'àrea pirinenca. Les dues primeres són pulsacions climàtiques càlides conegudes respectivament com l'Òptim climàtic de l'antiguitat (segles IV-V AD) i l'Òptim climàtic medieval (segles V-X AD). Durant aquestes les temperatures són altes i augmenten de forma clara les precipitacions. L'altra pulsació climàtica en canvi és freda i coneguda com la Petita Edat del Gel, segles XVI - XIX AD). La majoria de tàxons arboris actuals ja es troben representats en el Pirineu en aquest període i només apareixeran de nou aquells que tenen una estreta relació amb l'acció antròpica com per exemple la noguera o el castanyer.

Aquesta periodització bioclimàtica ens dóna el context ambiental en el que transcorren les diferents fases cronoculturals, entenent-les com les fases històriques que tenen lloc en una zona geogràfica determinada. En el nostre cas, aquesta zona és el Pirineu central català i es descriuen a continuació.

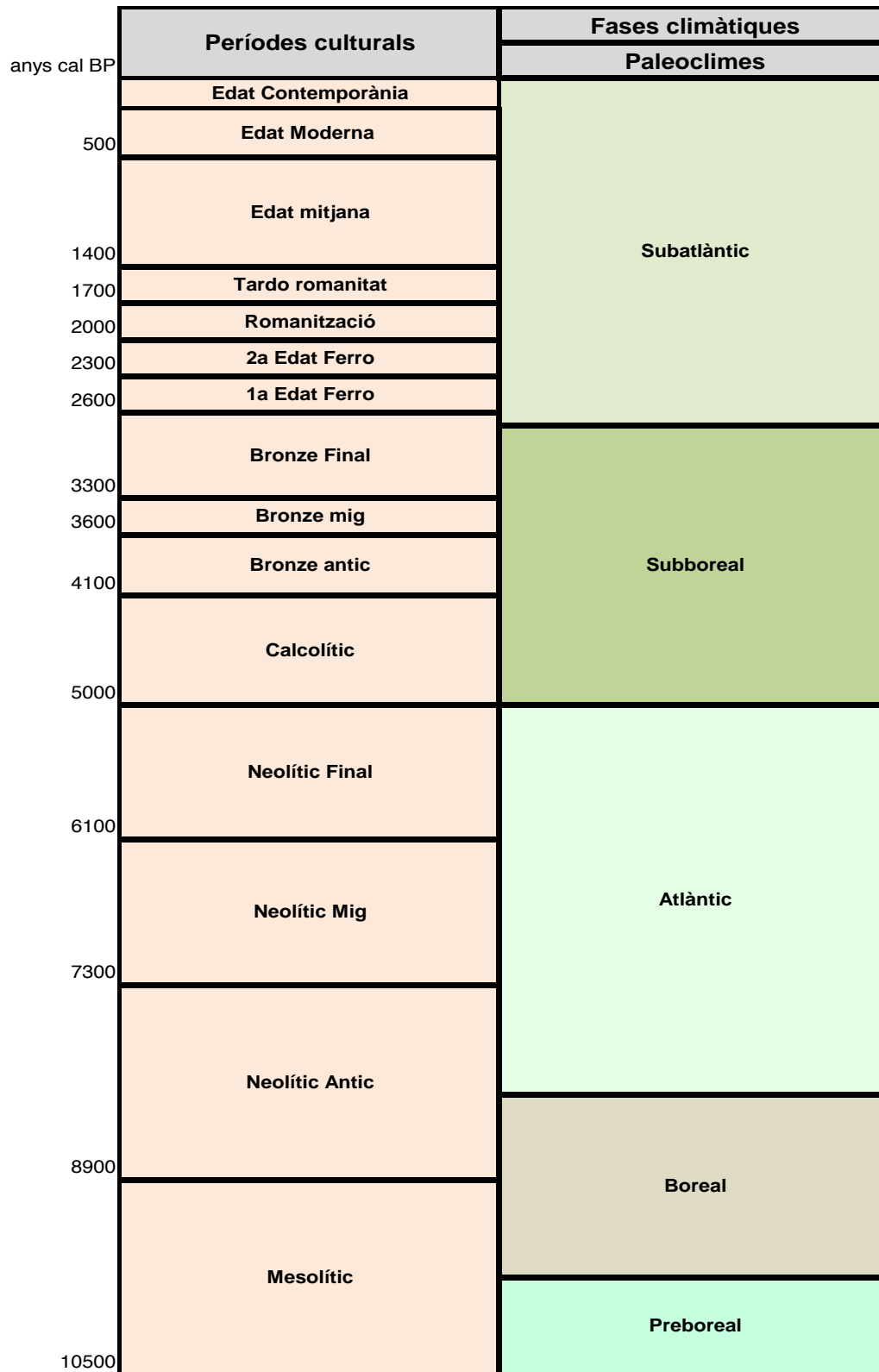


Figura 2.13 *Períodes cronoculturals i fases paleoclimàtiques del període holocè*

2.3.2.1. Mesolític (9950-6950 cal BP)

L'estabilització i millora del clima provoquen l'entrada dels gels i la conversió del paisatge estèpic en un paisatge cada cop més forestal i divers. Les societats formades en aquests primers moments holocens per petits caçadors recol·lectors nòmades o seminòmades aniran endinsant-se als paisatges pirinencs. Aquest període cronocultural és conegut com mesolític o epipaleolític.

Socialment és una època de canvis, molt d'ells propiciats per un paisatge vegetal i unes condicions climàtiques que obren ventalls quant a l'ús dels recursos de les àrees de muntanya. Canvis que poc a poc van produint una neolitització de la societat (Esteban *et al.* 2003)

Diferents jaciments arqueològics d'aquesta època testimonien l'ocupació antròpica de l'espai pirinenc. La *Balma Margineda* (Andorra) (Guilaine i Martzluff 1995; Guilaine *et al.* 2007) n'és segurament el jaciment més emblemàtic. D'altres descobertes més recents en són el *Dolmen de la Font dels Còms* i l'*Abric de l'Estany de la Coveta* (Gassiot *et al.* 2008), tot dos situats a terres pallareses per sobre dels 1.800 m.

2.3.2.2. Neolític (6950-4250 Cal BP)

La revolució neolítica al Pirineu se situa ara fa uns 8.000 anys. És en aquest mil·lenni quan trobem els primers senyals de noves formes d'aprofitament dels recursos i de relació de la societat amb el medi. L'agricultura i la ramaderia sorgiran del processos de domesticació i cultius d'espècies d'animals i plantes autòctones. El sedentarisme o semi sedentarisme anirà guanyant pes en si de les societats.

Els estudis paleobotànics de la zona mostren el que podrien ser els primers indicis antròpics, encara que sigui de forma lleu i puntual, entre 7000 i 6400 anys cal BP. En l'estany Redó (Catalan *et al.* 2000) es nota la primera presència de cereals i una retracció de la massa arbòria. En l'estany de Burg i l'estany Redón (Pèlachs 2004; Pla i Catalan 2005)

s'observa també aquesta caiguda dels pól·lens arboris. Ara bé, tot sembla indicar que els primers senyals clars d'una intervenció antròpica tenen lloc a partir del 5200 cal BP, quan es produeix la més gran transformació del medi realitzada fins llavors. Per exemple Ejarque (2009) ens diu que és durant aquest període quan es documenta una regressió del pi i un augment dels tàxons relacionats amb prats de pastura. Aquests episodis encetaran una segona meitat del període neolític amb un increment de l'activitat ramadera i agrícola que quedarà consignada en els registres paleobotànics i arqueològics.

El jaciments arqueològics trobats d'aquesta època en el Pirineu central meridional s'estenen per les conques i els altiplans i estan bàsicament lligats a pràctiques pastorals. Sembla que els assentaments humans van augmentant la seva altitud per tal de trobar zones de pastures productives a l'estiu (Euba 2008). Així, per exemple, a la Vall del Madriu trobem dues cabanes corresponents al Neolític mitjà (Ejarque 2009). A la vall del riu Valira trobem el jaciment de la Feixa del Moro (Juberri) (Llobera 1986), a la vall del Segre la Cista d'Astinyà (Noves de Segre) (Martin *et al.* 1995) i a la Noguera Ribagorçana els jaciments de Lo Colomer i Serrat de Capifonts (Gassiot *et al.* 2008). A la vessant francesa, concretament a la zona d'Enveig, trobem jaciments (Rendu 2003) i processos paleobotànics (Galop 1998) que ens testimonien l'antropització de l'alta muntanya neolítica.

A partir dels jaciments arqueològics trobats en la zona d'Aigüestortes i Sant Maurici Gassiot (Gassiot *et al.* 2008) ens dibuixa dos sistemes d'ocupació de l'espai durant el neolític. En una primera fase les traces d'ocupació neolítica es concentren en el fons de vall. Ara bé, és a partir 5250 cal BP quan es comença a localitzar un major nombre de traces d'ús humà en forma d'abrics a les capçaleres de les valls pròximes les zones de pastura actuals. Aquest fet ens fa reflexionar sobre la importància que va prenent la ramaderia en les societats.

2.3.2.3. Edat del bronze (4250-2650 cal BP)

L'edat del bronze ve definida per un canvi en els patrons socioeconòmics que suposa l'aparició de la manufactura metàl·lica. Durant la primera etapa d'aquest període, també

assimilat amb la cronologia cultural del calcolític (Marugan i Rapalino 2005), es treballarà coure i més tard l'estany.

En un primer moment aquesta nova indústria tindrà un caire familiar o tribal i les matèries primeres dominants continuaran sent la pedra, l'os i la fusta. Tot i això aquesta producció obrirà una primera porta a l'activitat comercial. Amb tot, la ramaderia continuarà sent la font majoritària de producció tot assegurant productes carnis i làctics. Per altra banda, en aquesta primera fase es continuen duent a terme activitats de caça que permeten una economia productiva i alhora que la depredadora (Marugan i Rapalino 2005)

El bronze mig i final (3650-2650 anys cal BP) suposa un augment de l'activitat metal·lúrgica ja més orientada a la fabricació de nous instruments i cada cop amb una finalitat comercial més important. Aquesta activitat i diferents moviments migratoris posaran en contacte les tribus neolítiques amb nous grups indoeuropeus.

Però hi ha un altra activitat lligada a l'activitat ramadera que s'iniciarà a finals de l'edat del bronze i que suposarà el contacte amb diferents grups. La transhumància deixarà enrere el pastoralisme mòbil i suposarà grans desplaçaments pecuaris seguint unes pautes fixes en el temps i en els recorreguts (Esteban *et al.* 2003). Aquest fet posa de relleu la importància que arriba tenir la ramaderia per a aquestes societats. Aquesta es converteix en la major font de producció i suposa el moment de màxima pressió fins aleshores a les zones de pastures d'alta muntanya. Les dades paleobotàniques ens indiquen una forta pressió de l'espai en forma de cremes per a la creació de pastures i una disminució del pol·len arbori (Pèlach 2001; Galop 2007; Ejarque *et al.* 2010).

Ara bé, més complicat és dur a terme una demostració d'aquesta intensificació de l'activitat ramadera de muntanya a partir dels jaciments arqueològics. Canvis en els materials utilitzats en la construcció dels habitatges (Ejarque *et al.* 2010; Rendu 2003) i la inexistència de grans coves en el Pirineu silícic poden ser la causa de la falta d'aquest tipus d'evidències.

I és també justament en aquest moment quan es produeix un canvi climàtic que suposa el pas del període Subboreal a l'Atlàntic (2600-2700 cal BP). Aquest canvi ve marcat per un escalfament i una major aridesa climàtica mediterrània (Tinner 2003), condicions que posen de manifest la utilitat de les pastures de muntanya com a proveïdores d'herba fresca davant les pastures baixes, més exposades als càlids i secs estius.

2.3.2.4. Edat del ferro (2650-2150 cal BP)

L'edat del ferro en la zona pirinenca sembla ser quasi una continuïtat d'aquest apogeu del pastoralisme i la intervenció en les zones altes de muntanya. Fins i tot Cots (a Marugan i Rapalino 2005) lliga aquesta primera fase de l'edat del ferro amb una fase dintre del bronze final. De fet la delimitació cronocultural, ja prou difícil en altres períodes, encara ho es més en aquesta. Per altra banda, el ferro va entrant de forma lenta i no arriba a integrar-se en les societats pirinenques fins a èpoques tardanes (Euba 2008, 2009).

Tanmateix, les coses semblen canviar en la segona fase d'aquest període (2350 - 2022 cal BP) (Galop *et al.* 2004). La pressió antròpica sobre l'espai disminueix i sembla que es trenquen les relacions amb les desenvolupades societats de les terres baixes.

També cal remarcar que durant aquest període ja hi comença a haver una gran apropiació diferenciada de l'espai en les valls pirinenques. Les condicions naturals i socioeconòmiques comencen a dibuixar evolucions molt diferents per les diferents valls pirinenques (Esteban *et al.* 2003)

2.3.2.5. Antiguitat i romanització (2150-1475 cal BP)

Tot i haver deixat la prehistòria, d'aquesta etapa en tenim poca informació escrita per al Pirineu. Tot sembla indicar que la romanització de les valls pallareses va ser molt més minsa i tardana que a les zones baixes i que altres regions veïnes de l'Aran, la Ribagorça, la Cerdanya o Andorra. De fet, les diferents fonts arqueològiques i

paleobotàniques posen en evidència una important variabilitat i especialització en l'explotació i gestió dels territoris pirinencs.

Durant aquest període el desenvolupament urbà i l'aplicació de nous sistemes d'explotació se situa a les zones de fons de vall i muntanya mitjana. En aquestes el canvi social i econòmic és clar. Mentrestant sembla que les comunitats de muntanya de l'Alt Pallars, com afirma Peir Còts, *"degueren conservar un marcat caràcter marginal al llarg de tota l'antiguitat, fruit del fort aïllament geogràfic i de la vitalitat que sens dubte conservaren les formes socioeconòmiques i culturals indígenes, essent la toponímia de la regió la que il·lustra millor aquesta subsistència."* (Marugan i Rapalino 2005, p. 39). Aquest últim fet és fàcilment visible a la Vall de Cardós on la toponímia té noms com Lladorre, Ginestarre, Esterri, Arròs, Cassibrós, etc. Com es diu en el mateix document, sembla que aquest fet, juntament amb una divisió territorial i fiscal adaptada a aquestes zones, portés al manteniment de formes col·lectives d'aprofitament del territori i dels recursos i certa autonomia de les altes valls per tal de controlar les poblacions de muntanya.

Pel que fa a la ramaderia i l'agricultura d'aquesta època són les fonts paleobotàniques les que ens ofereixen més informació a la zona pirinenca. Segons Pèlachs (2004) a la zona de la coma de Burg es produeix un baixada de la pressió antròpica tant pel que fa a pastures com a l'agricultura. Això no vol dir pas que aquestes desapareguin, però sí que veiem una inicial recuperació de la massa arbòria acompanyada d'episodis de més activitat. Aquesta tendència a canvis lleus o al manteniment del paisatge sembla que se segueix en d'altres zones pirinenques meridionals com la Muntanya d'Enveig. En canvi al Madriu, Ejarque (2009) ens dibuixa augments de l'activitat pastoral, encara que sigui moderada.

Un fet a destacar de les poques coses que coneixem de l'agricultura en època romana és la introducció de nous conreus com la noguera. Aquests conreus proporcionaven fruits molt consumits a aquesta època. Les seves paleorestes són avui utilitzades com a marcador biocronològic.

La silvicultura és una activitat que sembla que prendrà volada durant aquest període. La fusta és usada com a element de construcció de grans obres i petis objectes,

així com per a ús quotidià com a combustible per la cuina i la calefacció. En les regions de muntanya aquest material també pren importància quan es duu a terme una altra activitat productiva com és la minero-metal·lúrgia. Tot i que en les valls palleres aquesta activitat es desenvolupa a una escala familiar o veïnal, en altres zones del Pirineu com la Ribagorça, l'Aran o el Pirineu francès pren molta força en aquest període.

Amb tot hem d'entendre les altes valls pallareses, com és la nostra àrea d'estudi, com a regions amb una certa autonomia però no aïllades. Si bé durant la Roma republicana els contactes van ser més minsos, aquests sembla que van augmentar en època imperial (Marugan i Rapalino 2005). Un exemple d'aquest fet són les monedes trobades a la vall de Cardós al poble de Cassibrós, però les evidències arqueològiques al Pallars són poques.

A partir del període tardoromà veiem que es produeixen obertures forestals al Pallars o a Andorra lligades al món forestal. En el cas de Burg estem parlant d'exploració metal·lúrgica. Aquesta provocava una necessitat de combustible que es proporciona a partir del carboneig. En la seva tesi Pèlachs (2004) troba cinc carboneres del període tardoromà lligades a petits tallers de transformació del ferro. Aquest activitat també és registrada a l'estany Redon a partir de l'anàlisi dels metalls pesants (Camarero *et al.* 1998). En el cas d'Andorra, l'afectació de les masses forestals va lligada a la producció de pega a partir de l'extracció de la reïna de les coníferes, en aquest cas del pins (Ejarque 2009; Euba 2008).

2.3.2.6. Edat mitjana (1575-497 cal BP)

L'edat mitjana és un punt d'inflexió pel que fa a les dinàmiques paisatgístiques de les zones pirinenques. Les activitats ramaderes, agràries i minerometal·lúrgiques continuaran caracteritzant l'exploració de les terres de muntanya. Amb tot, la feudalització de la societat suposarà una nova forma d'organització de la producció i de l'espai dintre un context general de canvi d'ordre social i econòmic.

El poder feudal, nobles laics i religiosos, exercien el seu poder sobre la terra i els homes que la treballaven. Aquest últims havien de mantenir el grup social dels poderosos a partir d'una part substancial de la producció que es pagava a través de l'exigència de la renda feudal. Això implicà una producció basada en l'autoconsum però també pendent de la necessitat d'aconseguir excedents. Aquest fet, unit a una muntanya pirinenca saturada demogràficament (Bonnassie 1979), marcaren una gran pressió antròpica sobre els recursos del territori.

La feudalització de les valls pirinenques no es homogènia ni simultània, havent-hi valls que resisteixen més al seu avanç. Per altra banda, l'especialització territorial i la localització de les diferents activitats en el si de la vall també generarà enregistraments contrastats pel testimoni paleobotànics. Tot i que en tots els registres paleoecològics del Pirineu central podem observar els grans impactes d'aquest sistema en el medi, les cronologies són variables. Les èpoques d'inici d'aquesta transformació es troben entre el segle IX a Enveig i el segle XII a l'estany Redon, amb algunes pulsacions prèvies al segle V a Burg o l'estany Redó. Segons Marugan i Oliver (a Marugan i Rapalino 2005), al Pallars la població estava constituïda per famílies pageses que habitaven petites viles i disposaven tant d'alous propis com de béns comunals i no serà fins el segle X quan el poder nobiliari s'imposarà.

La ramaderia continuarà sent clau per a les terres d'alta muntanya a partir de la transhumància vertical en el si de les valls. Altrament, apareixerà un altre tipus de transhumància que canviarà i intensificarà els patrons d'ús dels espais d'aquests espais. Els poders religiosos, o senyorials, organitzaran les grans transhumàncies horitzontals entre les terres baixes i litorals i les pastures pirinenques i prepirinenques. Al seu voltant es crearà tot un sistema econòmic i de poder no exempt de conflictes amb les comunitats de muntanya.

Però, com ja s'ha dit, el canvi s'estén per tot el territori i els fons de vall i les vessants canviaran de fisonomia degut als canvis agraris. L'expansió de terres agrícoles serà un fet, així com la diversificació del correu. En els diagrames pol·línics aquesta expansió i

diversificació de conreus queda reflectida amb l'aparició d'espècies cerealícoles o llenyoses com l'olivera o la vinya (Pèlach 2004).

Pel que fa la metal·lúrgia, sembla que aquesta activitat entra en decadència al Pallars Sobirà després de l'apogeu tardoromà. No serà fins a la baixa edat mitjana i inicis de l'època moderna, amb la implantació de la farga catalana, que aquest sector prendrà força. La primera farga de la ribera del Ferri⁴ se cita a l'any 1369 i sembla que es podria trobar pròxima a la zona d'Àreu.

2.3.2.7. Època moderna. (497-161 cal BP)

La crisi medieval dibuixada per factors socials i naturals, com la sobreexplotació del recursos naturals, la pesta negra, el corrents migratoris i les guerres, suposarà la pèrdua d'un terç de la població del Pallars. Tot i això, al segle XVIII hi haurà una recuperació demogràfica que mantindrà les activitats de muntanyes afavorides, al Pallars i altres àrees properes, pel franc alou i el poder comunal.

L'agricultura tindrà un pes important en una economia de subsistència, que no aïllada. El cereals com el forment seran importants en les àrees de muntanya i la vinya es retirarà a zones més baixes. Ara bé, si hi ha dos sectors claus que marquen aquesta represa de las àrees de muntanya són el sector ramader i la metal·lúrgia.

Com ens diu Bringué (a Marugan i Rapalino 2005), el Pallars modern s'associa amb la abundància de les herbes i de bestiar. Les cases fortes i els grans ramats transhumats senyoriais, del duc de Cardona i marquès de Pallars, seran els grans protagonistes de la ramaderia d'aquesta època i de l'ús de les pastures comunals d'alta muntanya. El registres paleoambientals demostren aquesta represa amb força activitat mitjançant l'obertura de les zones del paisatge d'alta muntanya després de breus recuperacions arbòries durant els segles XV-XVI (Ejarque *et al.* 2010)

⁴ Nom amb el qual eren conegudes les valls de Cardós i la Vallferrera (Sudrià 2003)

Durant aquest període modern la indústria metal·lúrgica experimentarà el seu màxim apogeu degut a la construcció de les fargues en les valls altes del Pallars. A diferència d'altres períodes històrics aquesta activitat deixarà de ser una activitat local i passarà a tenir un pes comercial que modificarà l'economia de les àrees on es desenvolupa. Però aquest impacte econòmic s'acompanyarà d'un impacte paisatgístic provocat per la necessitat de carbó com a combustible per a les fargues. Aquesta activitat lligada al carboneig quedarà demostrada amb l'estudi de Pèlachs a l'àrea de la Vallferrera (Pèlachs 2004; Pèlachs *et al.* 2009) i Andorra per Euba (2009) i provocarà la tala dels boscos propers fins arribar a la desforestació d'algunes zones de la Ribera del Ferri i serà la font de conflictes entre les comunitats i els productors com el cas de la Vallferrera amb els senyors de Castellarnau. A la zona d'estudi trobem el topònim "les carboneres" al bosc que ocupa l'obac del Boldís Sobirà, tot localitzant-nos aquesta activitat en el si de la vall dels Boldissos.

2.3.2.8. Època contemporània (161 cal BP fins a l'actualitat)

Fins a mitjans del segle XIX l'economia i la societat tradicional continuaven marcant el mode de vida de les valls pirinenques. La ramaderia continuava sent l'activitat potent i la farga es mantenia durant el segle XVII i XVIII. Però tot això canvia quan a partir de finals del segle XIX el sector metal·lúrgic i el ramader experimenten una severa crisi. La farga deixa de ser competitiva davant els alts forns i l'agricultura de subsistència és afectada per una crisi en no poder fer front a l'augment de la població. Al mateix temps les comunitats de muntanya es veuen amenaçades per part de les desamortitzacions d'un dels seus privilegis més característics com són els béns comunals.

A tot això se li sumen unes condicions climàtiques que no faran més que agreujar el problema. El resultat d'aquests processos va ser l'empobriment dels sectors més febles de la població i l'inici d'un procés emigratori cap a les grans ciutats o les terres d'ultramar. En

conclusió es gesta una nova crisi localitzada a les àrees de muntanya que suposarà el trencament d'allò que en diem la societat tradicional.

Durant el segle XX les àrees pirinenques han intentat aplicar diferents mesures de modernització per superar la crisi del sistema tradicional. Però entrebancs com la guerra civil Espanyola no han dibuixat un camí senzill. Una d'aquestes activitats que molts cops és citada com la introductora de la modernització del Pirineu és la indústria hidroelèctrica. La incursió de la indústria hidroelèctrica a la Vall de Cardós es va produir a finals de la dècada dels cinquanta i inicis dels seixanta. Inicialment, aquest fet va suposar la millora de les condicions d'accessibilitat a la zona i va obrir la porta a l'economia de mercat. En un primer moment la construcció d'infraestructures va suposar feina i un augment de la població dels municipis del fons de la vall (Tavascan i Lladorre). Els Boldissos, més allunyats de les zones d'obres i amb unes condicions precàries de connexió amb la vall, van quedar lluny d'aquest augment demogràfic. Les comunicacions passaven per un camí de ferradura. No és fins als anys setanta quan s'obre la pista forestal que connecta els dos pobles amb Lladorre. La indústria hidroelèctrica no va ser ni de lluny un autèntic motor de desenvolupament de la zona. Incapaç de frenar el despoblament ja en marxa, la fi de les obres de construcció va intensificar el procés d'emigració.

L'activitat agroramadera va aconseguir estabilitzar-se després de la guerra civil gràcies, en gran part, a la cria d'animals de peu rodó, bàsicament bestiar de tir dedicat al treball del camp. Amb tot, aquest gran negoci es va estroncar a la dècada dels seixanta amb l'arribada del tractor. Davant d'aquesta crisi, la solució del sector primari semblava que havia de passar per una conversió a la producció lletera. Aquest procés va permetre durant uns pocs anys el manteniment de l'activitat ramadera i va suposar un important canvi territorial i de paisatge. Els camps cerealístics van ser transformats en prats de dall que proveïen d'aliment el bestiar establulat que va passar d'oví a vacum.

Malgrat tot això, el sistema agroramader pirinenc va quedar al marge de la capitalització i industrialització del sector primari que es produïa a d'altres zones de

Catalunya. Això va suposar la pèrdua de competitivitat d'un seguit d'activitats econòmiques que explicaven la cultura i la societat d'aquestes valls.

La població va respondre accelerant els procés emigratori a partir dels anys 60. Observant les dades demogràfiques (vegeu la taula 2.1 i la figura 2.14) des de l'any 1857 fins al 1986 els Boldissos van perdre tres de cada quatre habitants.

Població	1787	1840	1857	1860	1873	1900	1910	1920	1940	1950	1960	1970	1981	1986	1991	1995	1998	2007	2009
Boldís Jussà				29	29	62	74	84	41	40	36	22	21	15	19	22	22	24	22
Boldís Sobirà						45	57	44	35	39	39	27	21	19	16	15	13	17	14
Boldissos	92	180	154			107	131	128	76	79	75	49	42	34	35	37	35	46	36

Taula 2.1. Evolució de la població de Boldís Jussà i Boldís Sobirà. Font: Bases estadístiques del Centre d'Estudis Demogràfics, Sudrià i Andre, F.X. (2003) i Ajuntament de Lladorre

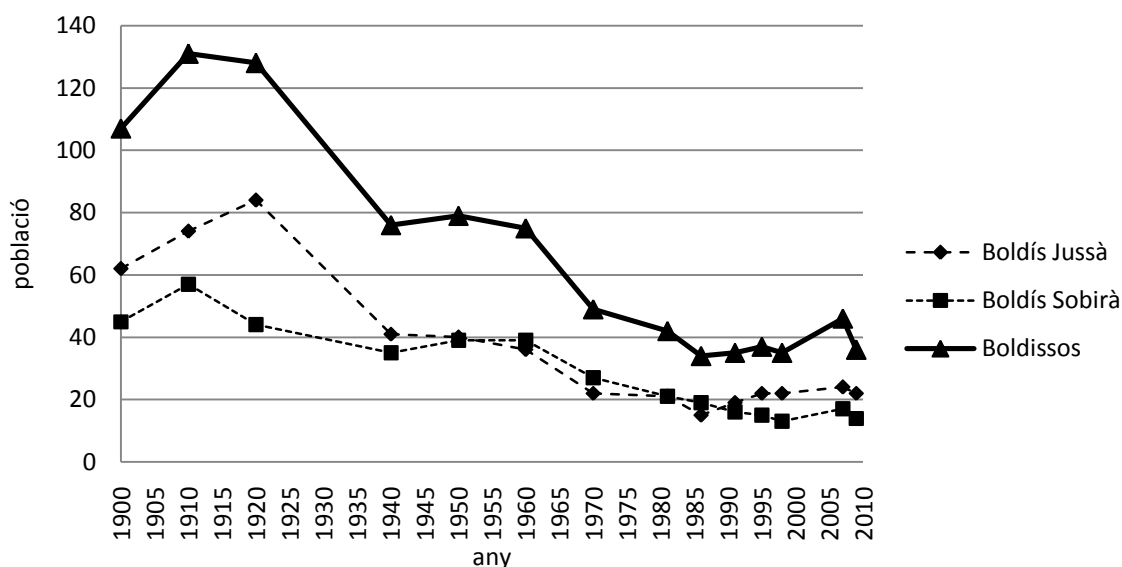


Figura 2.14. Evolució de la població dels Boldissos durant el segle XX

Avui la terciarització d'aquestes zones a partir del turisme suposa l'alternativa de desenvolupament econòmic d'aquestes àrees. A la zona de Tavascan trobem un refugi, així com una estació d'esquí nòrdic i alpí de poca extensió. En el mateix poble trobem tres hotels. Aquest esport d'hivern s'acompanya amb la tradició excursionista i el nou turisme de natura la resta de l'any. Aquest desenvolupament turístic de l'àrea no ha anat

acompanyat fins ara de la urbanització incontrolada que s'ha donat en altres valls pirinenques i això ha suposat la conservació d'un paisatge tradicional que amb la crisi del sector primari no fa més que desdibuixar-se. Actualment els boscos recuperen l'espai que abans els havia estat pres per ser ocupat per feixes i prats.



3. Metodologies i resultats

3.1. Anàlisi pedoantracològica

La crema de vegetació llenyosa genera tot un ventall de residus, alguns d'ells en forma gasosa, especialment anhídrid carbònic (CO₂) i d'altres en forma sòlida. El carbó és un exemple d'aquest últim grup. De fet, aquest és el resultat de la combustió incompleta de la biomassa vegetal. Dipòsits naturals (com estanys i torberes o el sòl, que no és ben bé un dipòsit) o d'origen antròpic (com carboneres) recullen aquest residus i els conserven durant llargs períodes de temps, convertint-se així en registres paleoambientals. En aquesta recerca l'estudi de les paleovegetacions llenyoses s'ha dut a terme principalment a partir dels carbons del sòl. Serà des de la ciència de l'edafologia que hom s'adonarà del sòl com a reservori de carbó i de les seves potencialitats per a l'estudi de la història vegetal (Bal 2006). Durant els anys seixanta i setanta ja podem veure com es daten (Bryson *et al.* 1965) i s'identifiquen (Jacquot *et al.* 1973) aquests carbons. Ara bé, serà Michel Thion qui l'any 1978 posarà les bases d'una nova metodologia basada en els carbons del sòl que ell mateix batejarà com "pedoantracologia" (del grec *pedon*: sòl i *anthrax*: carbó) (Thion 1978).

Així, la pedoantracologia ens permet reconstruir la història de la vegetació llenyosa incendiada amb gran precisió espacial a partir d'aquesta identificació i datació dels carbons del sòl (Talon *et al.* 1998).

D'aquesta constatació extraïem dos aspectes claus que ens diferencien la pedoantracologia d'altres disciplines paleobotàniques. Per una banda, l'origen edàfic dels

carbons ens permet diferenciar la pedoantracologia de l'antracologia o la arqueoantracologia. En aquesta darrera, són les estructures arqueològiques i no pas el sòls els medis que proporcionen els carbons d'aquesta última disciplina.

Per altra banda, la pedoantracologia ens permet treballar a una escala local o de vessant. En d'altres disciplines com la palinologia o l'estudi dels microcarbons, el resultat tenen un abast regional degut a la petita mida de les partícules estudiades. Llargues distàncies poden ser recorregudes pels grans de pol·len des del seu punt de generació fins al dipòsit sedimentari. En canvi la pedoantracologia assegura que el transport sigui mínim a causa de la mida dels carbons estudiats ($>400\mu\text{m}$) (Clark 1988; Lynch *et al.* 2004; Ohlson *et al.* 2000). D'aquesta forma s'aconsegueix una precisió espacial molt elevada que no podem tenir amb altres paleodisciplines.

Un altre element a tenir en compte és la necessitat d'una topografia molt concreta per part de les anàlisis palinològiques o d'altres anàlisis en seqüències sedimentàries. En certes regions biogràfiques com podrien ser àrees mediterrànies o zones de karst pot ser complicat trobar un registre sedimentari ben estratificat. La pedoantracologia, si bé requereix un mínim de requisits com ara evitar les zones de màxima erosió o de pertorbació humana (Carcaillet *et al.* 1996), ens ofereix una major flexibilitat d'actuació damunt del terreny alhora de localitzar els punts de mostreig.

Totes aquestes característiques fins aquí citades fan que la pedoantracologia sigui una eina clau en l'estudi del límit superior del bosc. L'aïllament dels carbons de les llenyoses conservats en el sòls d'alta muntanya ens permet saber fins a quina altitud havien arribat arbres i arbustos. Per altra banda, la identificació dels carbons juntament amb la seva datació ens permet conèixer les dinàmiques forestals de les zones d'alta muntanya.

3.1.1. L'estudi dels carbons del sòl com a disciplina

Com a disciplina, es pot dir que la pedoantracologia ja compta amb un cert recorregut que li ha permès fer-se un lloc en l'àrea de les metodologies dedicades als

estudis paleoambientals. En el si de la tendència actual d'abordar les dinàmiques ambientals des d'un estudi multidisciplinar i multimetodològic, l'estudi dels carbons del sòl s'ha guanyat el seu lloc basant-se en la seva precisió espacial a l'hora d'explicar canvis ambientals, com ja s'ha esmentat en el paràgraf anterior.

Des dels seus orígens aquesta metodologia ha anat canviant les seves localitzacions i ha anat modificant les temàtiques d'estudi. Però serà a França on la pedoantracologia farà els primers passos i tindrà el major nombre d'experts fins als nostres dies.

Mentre Jean-Louis Vernet (1994, 2006; Vernet *et al.* 2006) localitzarà els seus estudis en ambients mediterranis, Michel Thinon (1992) se centra en les zones de muntanya dels Alps i Prealps francesos. I serà justament en aquesta última zona on, durant la dècada dels noranta, Christopher Carcaillet i Brigitte Talon (Carcaillet i Talon 1996, 2001; Talon 1997; Talon *et al.* 1998) duran a terme una extensa recerca usant la pedoantracologia per a l'estudi de l'evolució històrica del límit superior del bosc i de les seves àrees circumdants.

Tot i que la temàtica d'estudi i la localització alpina contínuua amb Adriana L. Carnelli (2004), durant la primera dècada del segle vint-i-u d'altres investigadors prendran objectius de recerca diferents i localitzacions variades. Així per exemple Gaetano Di Pasquale (Di Pasquale *et al.* 2008) continuarà analitzant l'evolució del límit superior del bosc però ho farà a les muntanyes andines de l'Equador. Stéphanie Goepp (2007) en canviarà lleument els objectius i aplicarà la pedoantracologia als Vosges francesos per tal de conèixer la història dels seus prats de muntanya. L'estudi d'àrees de pastura serà seguida per d'altres investigadors en diferents ambients biogeogràfics europeus; Peter Poschold (Poschold *et al.* 2010) a la serralada de Jura (Alemanya), David Quilès (Quilès *et al.* 2002) i Frédéric Henry (Henry *et al.* 2010) en ambients Mediterranis francesos i Thierry Dutoit (Dutoit *et al.* 2009) a la Normandia francesa. Ara bé, serà Marie Bal (2006) qui proposarà uns objectius completament nous aplicant la pedoantracologia a l'estudi de les terrasses de conreu de muntanya. Marie Bal també serà la introductora d'aquesta metodologia a l'àrea pirinenca.

En d'altres recerques, tot i que sense oblidar la reconstrucció del paisatge vegetal, els carbons del sòl també s'han utilitzat per a l'estudi dels processos de edafogènesi dels sòls de muntanya dels Alps francesos (Carnelli *et al.* 2004; Favilli *et al.* 2009).

Per altra banda, més enllà de les zones d'ecotò i de prat, la pedoantracologia també prendrà partit a l'hora d'explicar la paleohistòria de diferents àrees de bosc subalpi (Carcaillet *et al.* 2009; Touflan *et al.* 2008; Touflan *et al.* 2009; Touflan *et al.* 2010). I també serà una praxis més a l'hora d'explicar les paleohistòries d'espècies arbòries concretes com és el cas l'*Abies alba* (Carcaillet *et al.* 2005) o del *Pinus cembra* (Ali *et al.* 2005)

Fora d'Europa, l'anàlisi dels carbons del sòl continuarà obrint-se pas a Amèrica amb les aportacions com les de Jean-Louis Vernet (1994) i Rita Schel-Ybert (Schel-Ybert *et al.* 2003) a Brasil, les de David S. Hammond (Hammond *et al.* 2007) a la Guaiana o les de Serge Payette (Asselin *et al.* 2005; Talon *et al.* 2005) al Canadà. A Austràlia Hopkins (1993) utilitzarà els carbons del sòl per analitzar l'extensió dels antics boscos d'eucaliptus.

Ja per últim, només comentar que si bé els estudis científics realitzats a partir de la pedoantracologia han servit per augmentar el coneixements de geohistòria ambiental, també s'ha posat èmfasi en l'avenç metodològic i interpretatiu dels resultats pedoantracològics. Així per exemple, aspectes lligats a l'existència o inexistència d'estratigrafia del sòls (Carcaillet *et al.* 1996; Carcaillet 2001; Carcaillet i Tinon 2001) han estat objectiu de diferents articles i tesis. Recentment, la variabilitat espacial o l'escala de treball de la pedoantracologia han estat en el punt de mira de diferents autors (Dutoit *et al.* 2009; Touflan i Talon 2009)

3.1.2. Metodologia del procés pedoantracològic

La metodologia per tal d'aïllar i identificar els carbons provinents del sòl es basa en el protocol detallat per Thinon (1992) i Carcaillet (Carcaillet i Thinon 1996) en les seves tesis i publicacions. Alguns passos de la metodologia han estat modificats per adaptar-los a les característiques i objectius del present estudi. Totes les modificacions seran comentades a continuació. La figura 3.1 ens mostra l'esquema general dels passos seguits.

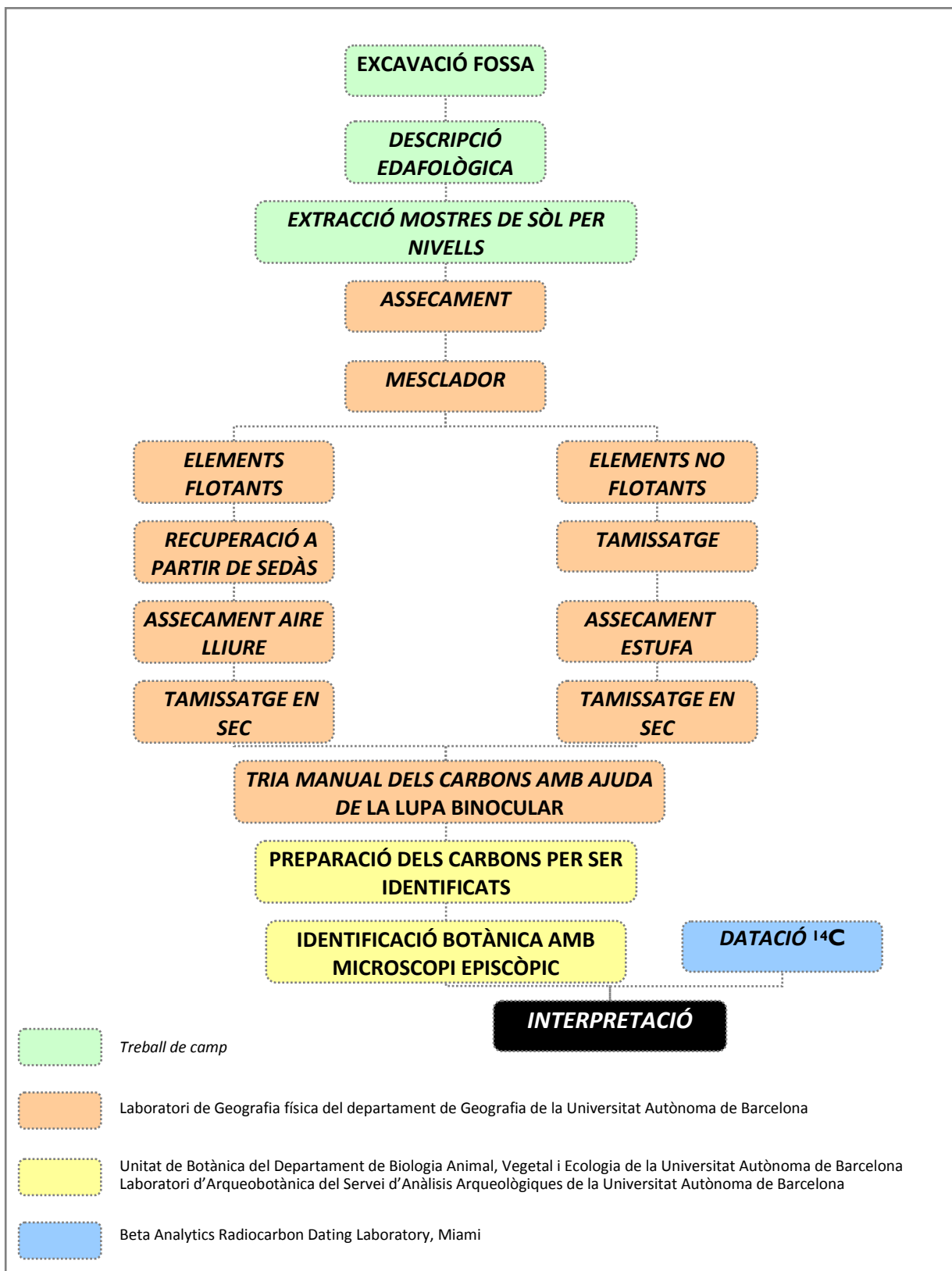


Figura 3.1. Esquema del procés de l'anàlisi pedoantracològica

Font: Elaboració pròpia a partir de Thion (1992), Carcaillet i Thion (1996) i Bal (2006)

3.1.2.1. Treball de camp: Localització dels punt de mostreig i extracció de les mostres

La localització dels punts d'extracció de les mostres respon a la cerca dels objectius concrets de cada recerca. D'aquesta manera, estudis centrats en l'evolució de límit superior del bosc es basaran en transectes altitudinals en zones supraforestals amb diferents punts de recol·lecció. Ara bé, diferents objectius d'investigació poden marcar una distribució dels punt de mostreig ben diferent. Un clar exemple és les investigacions d'antics espais agraris de muntanya (terrasses de cultiu) realitzats per Marie Bal (2010)

Un altre aspecte clau a l'hora d'obtenir uns resultats conduents als nostres objectius és tenir en compte els processos d'erosió-sedimentació de l'àrea d'estudi (Talon, 1997). Un mostreig en àrees d'acumulació (sols col·luvials) ens pot aportar informació de tota una vessant o de tota una vall. L'estratificació d'aquest tipus de sòls ens ofereix un millor coneixement del component temporal però alhora la resolució espacial obtinguda no és la desitjada. Per al nostre d'estudi busquem una acurada resolució espacial a nivell de punt de mostreig. És per aquest motiu que en aquesta recerca s'han descartat zones de bases de vessant o altres zones d'acumulació de sediments i s'ha mostrejat en l'àrea culminant o de mitja vessant.

Les mostres s'extreuen tot cavant una fossa que, sempre que sigui possible, ha d'arribar fins a la roca mare. Tot seguit es procedeix a la descripció del sòl observant els horitzons, així com els possibles fenòmens de bioturbació. L'extracció del material es pot realitzar a partir de nivells de sòls d'un gruix concret i homogeni o a partir del horitzons del perfil del sòl

Caldran de 5 a 10 kg de sòl per nivell depenent de la quantitat de carbons que contingui el sòl. Només necessitarem 5 kg en el cas que puguem observar els carbons a ull nu (Carcaillet *et al.* 1996; Talon 2010). Cal dir que en aquesta recerca, en alguns moments no ha estat possible extreure 5 kg de sòl degut a la composició grollera d'alguns horitzons

C formats per material rocós en procés de disgregació. En aquests casos s'ha treballat amb quantitats properes als 2kg.

3.1.2.2. Laboratori

a) Aïllament dels carbons

En primer lloc, abans de començar cap treball deixem assecar les mostres a l'aire lliure per tal que el carbons perdin la fragilitat que els aporta la humitat. D'aquesta manera, a més, podrem obtenir el pes en sec del material recollit.

Tot seguit s'agafen les mostres i aigua i s'introdueixen en el mesclador. El moviment de l'aigua permet destruir el agregats. Tot seguit es recullen les arrels, carbons i d'altra matèria orgànica que queda flotant amb un sedàs de 0,4 mm de malla. Es deixa assecar i es fa la separació dels carbons manualment amb l'ajuda d'una lupa binocular. S'ha de tenir en compte que les arrels tenen una gran capacitat de retenir el carbons, per tant s'hauran de desencordillar i netejar de forma acurada. Mitjançant aquest procés de flotació es recull la major part de carbons que contenen les mostres de sòl.

La matèria que ha quedat al fons del recipient es llençada en una columna de sedassos de quatre malles diferents: 5 mm, 2 mm, 0,8 mm i 0,4 mm. Amb l'ajuda de l'aigua i d'un pinzell de pèl suau es van desfent els agregats i les sorres, els llims i les argiles es van escolant pels sedassos. El material més gran de 5 mm és restat de la quantitat total de sòl recollit al camp. Les restes de cada sedàs són assecades a l'aire lliure o a l'estufa però mai a una temperatura superior als 40°C. Un cop secs es tornen a passar pel sedàs corresponent i es procedeix a la tria manual dels carbons tot separant-los de les arrels i la matèria mineral amb l'ajuda de la lupa binocular.

b) Identificació

Per realitzar aquest pas del procés necessitem un altra preparació inicial dels carbons. Cal partir els carbons seguint els tres plans de l'espai: transversal, tangencial i radial. Les particions es realitzen manualment amb pinces i bisturí. Per poder ser observats amb el microscopi episcòpic els carbons són fixats sobre un de llit de sorra. Els augments utilitzats amb el microscopi *Zeiss Axio Imager A1* han estat: 50x, 100x, 200x i 500x.

La identificació de carbons es va realitzar amb l'ajuda d'un atlas d'anatomia de llenyoses (Schweingruber 1982; Schweingruber i Baas 1990) i de l'Antracoteca-xiloteca de referència del GRAMP (Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge). Aquesta es va començar a crear en el si d'aquesta investigació centrada, inicialment, en espècies arbòries i arbustives actuals del Pirineu.

c) Datació

Del conjunt de carbons aïllats certs fragments són escollits per ser datats amb ^{14}C mitjançant AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*). Aquest fet ens aporta la dimensió temporal que necessitem per descriure el transcurs de la història ambiental del lloc.

L'elevat cost de les datacions obliga a fer un tria. Aquesta s'ha de realitzar en funció dels objectius de la recerca i de la mida dels carbons. Les diferents espècies dels carbons són el reflex de les diferents tipologies d'ecosistema que han succeït en un espai. En el nostre cas, el medi arbori focalitza la nostra atenció. Ara bé, com ja s'ha dit, aquesta recerca també indaga en la gestió històrica d'aquest espai i en els processos d'antropització de l'àrea d'estudi. Per tot això, també s'ha cregut convenient datar carbons de llenyoses arbustives.

La mida mínima dels carbons datats ha estat de 10 mil·ligrams. Aquesta és la mida mínima recomanada pel laboratori que ha realitzat totes les datacions d'aquesta recerca.

Una altra qüestió que s'ha de tenir molt present a l'hora d'escollir i interpretar els resultats és la no correspondència entre edat i profunditat a la qual trobem els carbons (Carcaillet et al. 1996; Carcaillet 2001; Goepp 2007), donat que el sòl no és un dipòsit sedimentari, sinó que els processos edafogènics inclouen fases i horitzons tant de migració vertical ascendent i descendent com d'acumulació. Els fragments més joves es poden trobar en els nivells més profunds, mostrant així que l'enfonsament pot donar-se ràpidament lligat a l'activitat biològica. Així, un carbó no ens datarà un horitzó ni un nivell de mostreig.

3.1.2.3. Resultats i interpretació

Un cop realitzat tot el procés d'anàlisi pedoantracològica obtenim diferents tipus de resultats. Per una banda, obtenim una informació qualitativa que sorgeix del procés d'identificació i datació dels carbons. Per una altra, obtenim unes dades quantitatives que fan referència a la massa de carbons aïllats i identificats.

Tot i que en un primer moment els resultats quantitius ens poden semblar de gran interès a l'hora de parlar de proporcions taxonòmiques de vegetacions pretèrites, hem de tenir certes precaucions en el moment d'interpretar les dades (Talon 1997). Entre l'antracomassa trobada i la vegetació passada han succeït tot un seguit processos no coneguts o controlats: biomassa inicial, freqüència dels incendis, dispersió i fragmentació dels carbons... Cada cop són més els articles científics publicats que tracten aquests temes (Ohlson i Tryterud 2000; Clark 1988; Lynch *et al.* 2004), però encara tenim prou forats de coneixement.

Estudis realitzats per Michel Thion (1992) ens mostren com existeix una bona relació entre la flora d'una àrea i els carbons trobats al sòl després d'un any i mig de l'incendi. Ara bé, la relació analitzada no és quantificada sinó analitzada en termes de presència/absència. Segons Bal (2006), la informació qualitativa ens ofereix una

informació dels tàxons del lloc, així com la seva evolució en el temps. Són aquestes informacions les que ens porten a poder explicar l'evolució dels paisatges en aquella zona. Les reconstruccions són realitzades a partir d'aquest coneixement, així com de les característiques ecològiques actuals del terreny i del coneixement de les activitats antròpiques actuals i històriques realitzades en ell.

Pel seu costat, les dades quantitatives ens permeten comparar resultats entre els diferents nivells i entre diferents punts de mostreig i àrees d'estudi. Altrament el seu valor és molt alt a l'hora d'analitzar aspectes metodològics i tafonòmics. La representació escollida de les dades quantitatives és l'antracomassa (Talon, 1997)

En general, l'antracomassa representa la relació entre la massa dels carbons de dimensions superiors a 0,4 mm (expressada en mil·ligrams) i la massa total de la fracció de terra seca superior a 5 mm (expressada en quilograms). La unitat resultant és parts per milió (ppm).

- L'antracomassa mitjana (**ASM**) o general (**ASG**) suposa la massa total de carbons continguts en un mateix punt de mostreig sobre el total de terra seca.
- L'antracomassa específica (**AE**) suposa la massa de carbons continguts en un nivell sobre el total de terra seca d'aquell mateix nivell.
- L'antracomassa específica taxonòmica (**AET**) és la massa de carbons d'un tàxon específic continguda en un nivell sobre el total de terra seca d'aquell nivell.

3.1.3. Resultats

3.1.3.1 Mostreig

a) Area d'estudi

Els transecte altitudinal on es localitzen els vuit punts de mostreig és localitzat a la vessant oest de la superfície d'aplanament de Montarenyo. Des del pla o planell d'Udes

(1.996 m) el transsecte s'enfila fins al cim de Montarenyo (2.593 m) tot travessant els Plaus de Boldís i l'altiplà de Montarenyo. És un paisatge esglaonat de pendent variable tot i que suau tenint present el context d'alta muntanya. El substrat àcid és caracteritzat per esquistos quarsítics i fil·lites (Bru, 1985).

En el si del conjunt massís muntanyós la vegetació ha desenvolupat una distribució altitudinal diferenciada marcada per l'orientació de les vessants. En la vessant sud i sud-oest les antigues zones de conreu i de pastures subalpines enllacen amb les zones de pastures supraforestals. Així, actualment ens trobem que l'estatge subalpí és inexistent o no es troba ben representat. La vessant oest, on es localitzen el punts de mostreig, presenta un estatge subalpí de cobertura irregular entre el fons de vall i els 2.000 m d'altitud. Per sobre d'aquesta cota tan sols hi ha petits rodals de *Pinus uncinata* i individus aïllats fins als 2.400 m. En l'altre extrem, la vessant obaga es troba coberta per masses arbòries que van des del fons de vall fins als 2.200-2.300 m d'altitud seguint l'escarpada orografia del terreny.

La vegetació arbustiva és la gran protagonista de la solana. El balegar (*Genista balansae*) s'estén des dels 1.600 m fins als 2.300 m de forma quasi contínua. Per altra banda, la vessant oest, és a dir la mostrejada, és veu coberta de *Genista balansae* des dels 2.000 m fins als 2.200 m i n'hi continua havent fins a arribar als 2.230 m, formant clapets cada cop més modestes. Ambdues masses connectades formen una gran landa de bàlec o d'escobes, un tipus de formació característica en les solanes de substrat àcid d'aquesta àrea.

Tradicionalment, la landa de bàlec sol està mesclada amb pastures subalpines que hom aconsegueix cremant els arbustos. Un ús ramader d'aquestes zones implica una crema cada pocs anys per mantenir les pastures. Com ja s'ha esmentat abans, actualment aquest no és el cas de la zona que ens ocupa i el bàlec cada dia va guanyant més terreny a

les pastures. Per sobre d'aquestes ens trobem amb els prats alpins de *Festuca* sp. i algunes bosquines de pi negre (*Pinus uncinata*) entre els 2.100 m i els 2.350 m.

El traçat del transsecte de mostreig ens permet una anàlisi global de la vessant de la muntanya obtenint dades aproximadament cada 100 m d'altitud. Amb això hem d'observar quina ha estat l'evolució de la massa llenyosa en aquests punts i com s'ha desplaçat el límit superior forestal entès aquest espai com d'encarament entre bosc i pastura.

L'antropització d'aquest espai ve bàsicament definida per l'activitat ramadera. Tot i que en les àrees d'alta muntanya són molt els usos històrics que s'hi han realitzat, el transsecte es localitza en una zona eminentment dedicada a la pastura. El límit superior de les zones cultivades ha estat dibuixada al Pirineu en un franja altitudinal que aniria dels 1.900 als 2.000 m (Molina 2000).

Per altra banda, altres activitats històriques com el carboneig també han de ser tingudes en compte. Tot i que s'han localitzat carboneres a 2.300 m d'altitud a la vall Pirinenca del Madriu (Euba 2008), en l'àrea d'estudi d'aquesta recerca no se n'han observat. Per altra banda, com s'ha esmentat en el capítol anterior, la toponímia local localitza "les carboneres" a l'obaga de la vall de Boldissos, en una franja propera al 1.600-1800m d'altitud.

Una activitat que pot haver afectat l'àrea del transsecte és la silvicultura i, si bé no podem descartar que s'hi hagin produït tallades, un altre cop la toponímia local ("riu del Raier") situa aquesta pràctica fora d'aquest lloc. En la documentació històrica consultada, concretament en els Plans d'Aprofitament Comunal del segle XIX-XX (vegeu l'apartat 3.3) se'ns parla d'un aprofitament silvícola de part de l'àrea de la forest comunal, tot i que malauradament en el document no es localitza geogràficament l'àrea afectada. També cal afegir, i tal com s'ha comprovat en la veïna Vallferrera (Pèlachs 2004; Pèlachs *et al.* 2009), que l'activitat metal·lúrgica d'aquestes valls (s. XVII-XIX) va provocar una gran demanda de

combustible que es va traduir en una gran desforestació de molts boscos de la zona. Així, cal insistir que una de les activitats antròpiques que no podem descartar a l'hora de parlar de l'antropització d'aquesta zona és la silvícola.

En taula 3.1 es pot veure la localització altitudinal dels diferents punts de mostreig així com altres aspectes de caràcter general. Per altra banda en el perfil topogràfic (figura 3.2) i en la figura 3.3 es pot observar la localització exacta dels punts de mostreig sobre el model digital d'elevacions.

Nom	Altitud (msnm)	Coordenades	Orientació	Pendent	Classificació sòl FAO-WRB 2006
Udes 1	1.996	1° 16' 12.0913"E, 42° 37' 40.5528"N	Nord	15-18%	Cambisol dístric
Plaus 1	2.050	1° 16' 24.2005"E, 42° 37' 44.2993"N	Oest	15-18%	Hàplic umbrisòl
Plaus 4	2.200	1° 16' 33.0436"E, 42° 37' 46.9145"N	Oest	8%	Càmbic umbrisòl
Plaus 6	2.300	1° 17' 0.0865"E, 42° 37' 54.6674"N	Oest	15-18%	Umbric leptosòl
Plaus 8	2.400	1° 17' 16.7778", 42° 37' 59.4301"N	Sud-oest	1-3%	Hàplic umbrisòl
Mont 2	2.463	1° 17' 51.9844"E, 42° 38' 9.4922"N	Nord-oest	0%	Hàplic umbrisòl
Mont 4	2.550	1° 18' 22.0383"E, 42° 38' 17.9709"N	Sud-oest	10%	Hàplic umbrisòl
Mont 5	2.593	1° 18' 30.9447"E, 42° 38' 20.0854"N	Sud-oest	1-3%	Hàplic umbrisòl

Taula 3.1. Punts de mostreig pedoantracològic amb les seves característiques generals.

Abans d'acabar cal afegir que en el marc d'una recerca prèvia a la que es presenta avui, es va realitzar una anàlisi pedoantracològica en un punt de mostreig proper al transecte d'estudi que aquí es presenta (Cunill 2007). Aquest punt anomenat PLETA es va

localitzar a la vessant sud a 2.094 m d'altitud. Ja que els seus resultats seran tinguts en compte en la fase interpretativa d'aquesta recerca, s'ha cregut convenient reunir la informació del seu mostreig així com el resultat de l'anàlisi en l'annex 3.

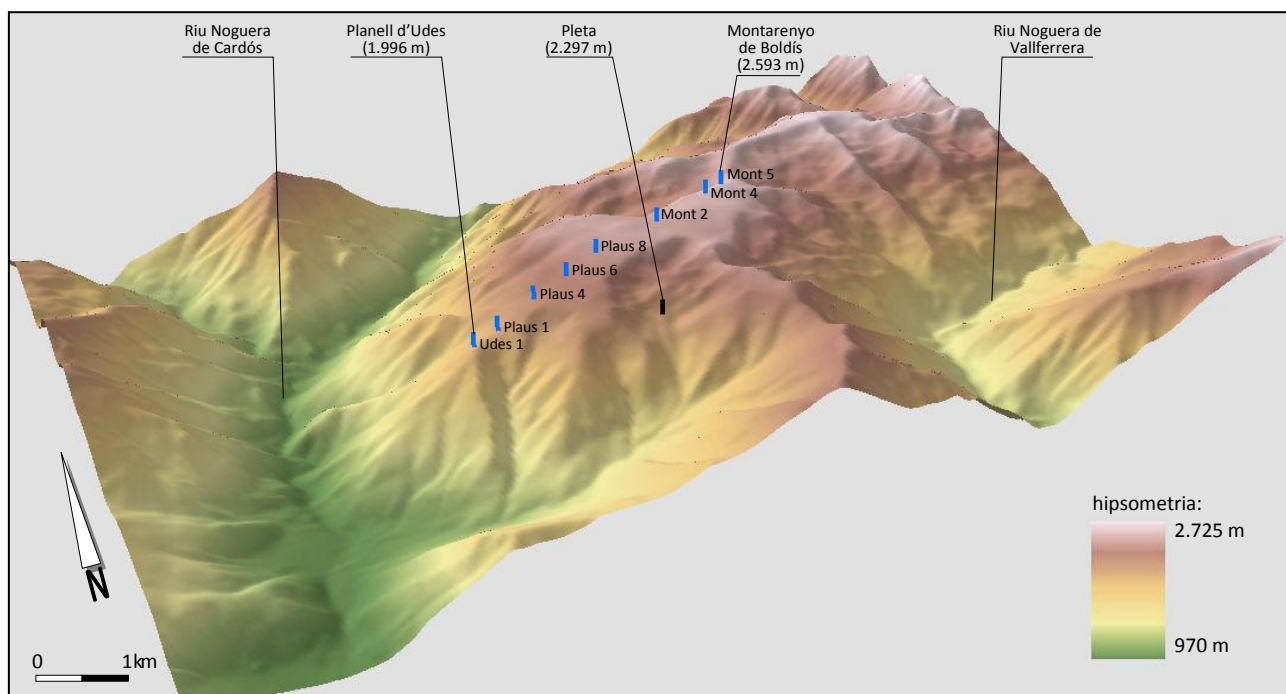


Figura 3.2. Representació en 3D de la superfície d'aplanament dels Plaus de Boldís-Montarenyo amb la localització dels punts de mostreig de l'anàlisi pedoantrocòlogica

b) Punts de mostreig

Descripció edafològica i extracció de les mostres

En l'apartat anterior ja s'ha comentat quines són les característiques generals de la zona d'estudi i a continuació es mostra una breu descripció dels perfils del sòl de cada punt, així com una descripció de l'entorn immediat de cadascun d'ells. Tota aquesta informació, així com documentació gràfica, es troba en cadascuna de les fitxes de cada punt de mostreig que trobareu al final d'aquesta secció.

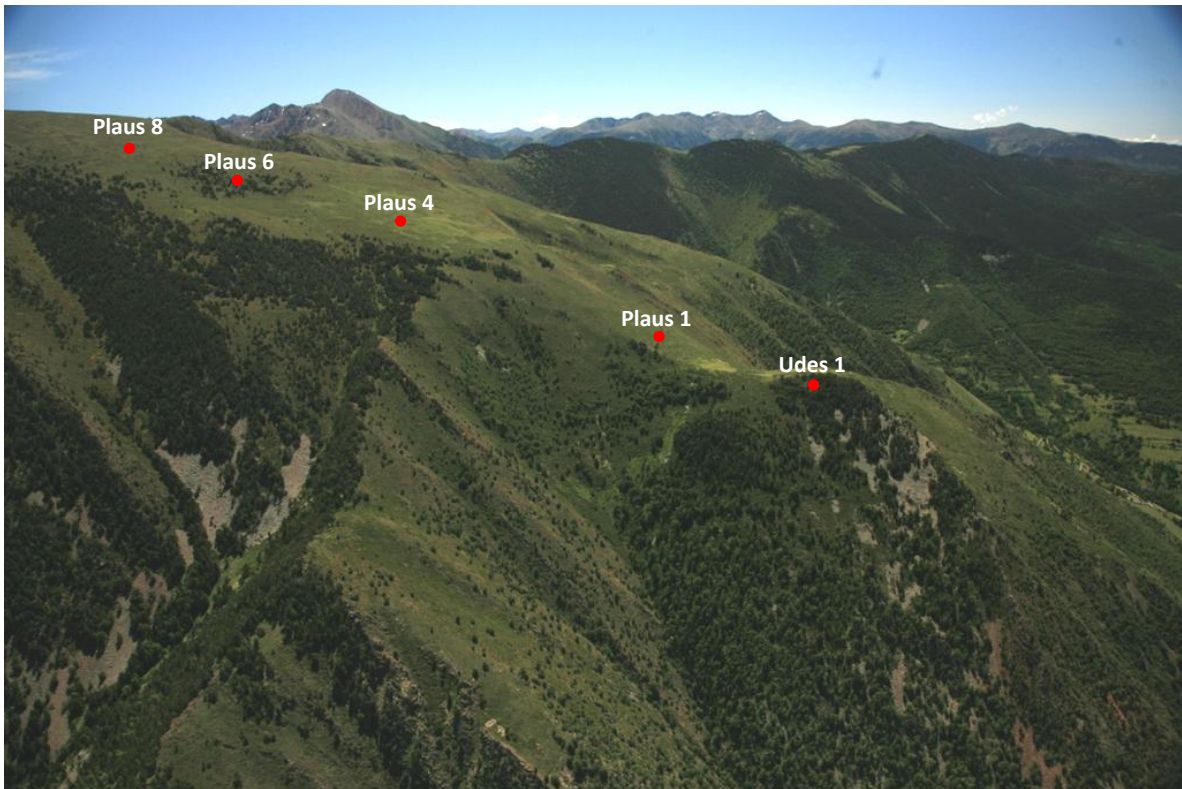
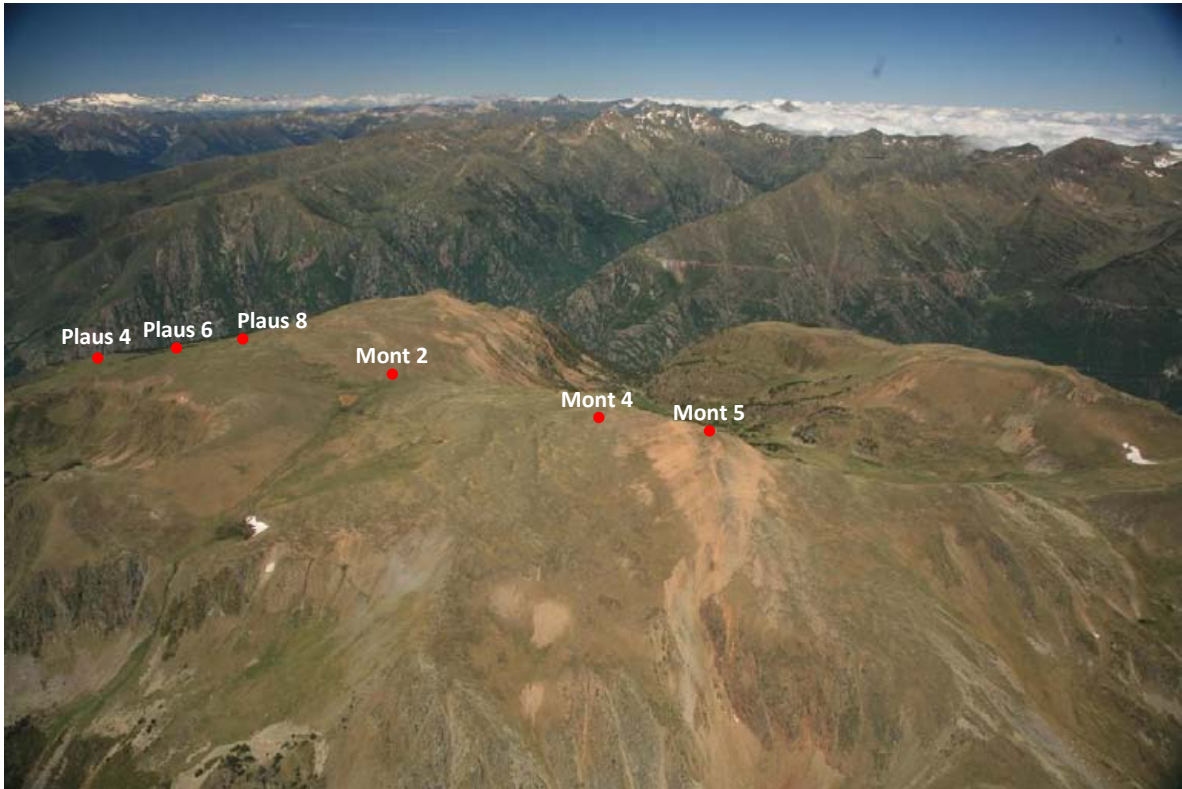


Figura 3.3. Fotografies de l'àrea d'estudi mostrant tot el transecte altitudinal

Punt de mostreig Udes 1

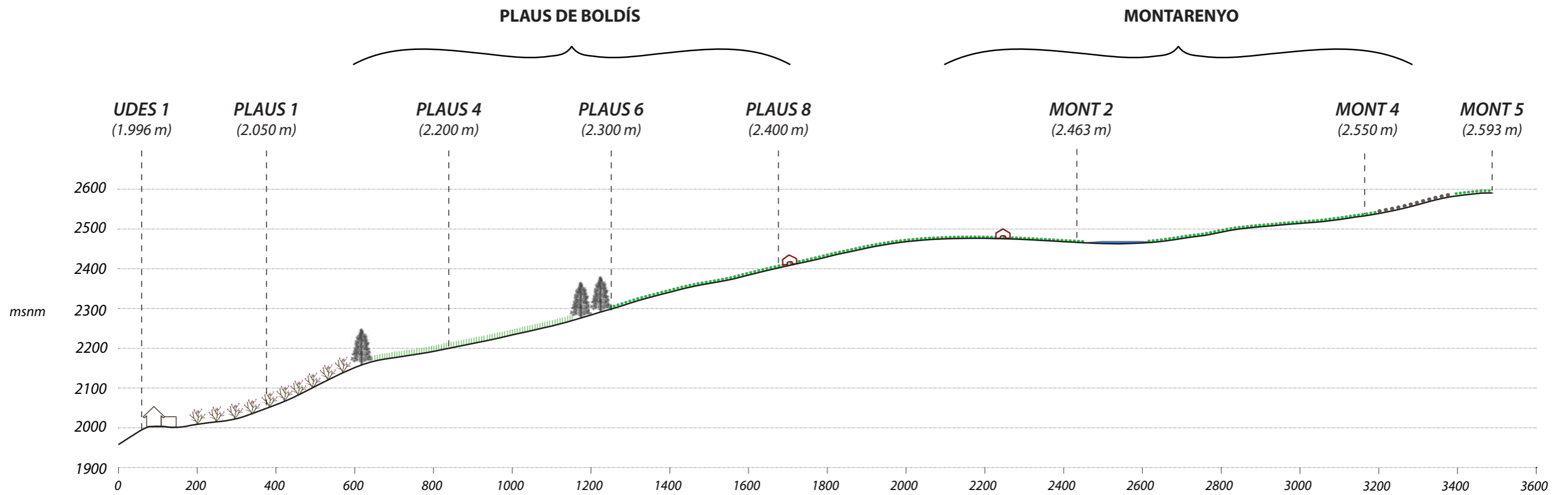
El punt de mostreig anomenat Udes 1 es localitza a la vessant nord del planell d'Udes. Aquest se situa a mitja vessant de la muntanya, a mig camí entre els 1.000 m dels fons de la vall de Lladorre i els 2.593 m del cim del Montarenyo. Aquest accident topogràfic suposa el límit actual superior del bosc subalpi en la vessant oest del massís. Per sobre del pla ja només trobarem bosquines aïllades. En replà trobem senyals d'activitat antròpica ramadera testimoniada per un conjunt de cabanes i dues pletes. Les construccions semblen pertànyer a cronologies diferents i fins i tot podem observar una cabana dempeus. Aquest punt de mostreig és l'únic que es localitza a l'interior d'un bosc antic de pi negre (*Pinus uncinata*) acompanyat de neret (*Rhododendron ferrugineum*). La zona presenta un grau de pendent mitjà (15-18%).


Pel que fa a la tipologia del sòl, podem dir que ens trobem davant un sòl amb horitzons ben diferenciats amb un perfil del tipus A-B-C. Concretament i segons la classificació de la FAO (IUSS Working Group WRB.,2006) ens trobem amb un hàplic cambisòl.

La profunditat total del sòl és de 55 cm i el perfil es va dividir en cinc nivells de mostreig tot usant de referència els horitzons edàfics. Resultat d'això, l'extracció del sòl es va fer a partir de nivells de gruix heterogeni: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-45 cm i més de 45 cm, entenent com a 0 cm la superfície del sòl. L'extracció es va iniciar a partir del nivell més profund i posteriorment es va anar recollint el sòl dels nivells superiors fins a la superfície. La gran quantitat d'arrels, algunes d'elles ben gruixudes, va ser una dificultat afegida a l'hora d'extreure'n la mostra.

Punt de mostreig Plaus 1

Enmig de la vessant oest de la superfície d'aplanament es localitza el punt de mostreig anomenat Plaus 1. Aquest es troba a una altitud de 2.050 m en una zona de pendent moderat (8%) proper a la base dels Plaus de Boldís. Ja fora del medi forestal, una



- | | | | |
|---|--------------------------|---|---|
|  | Cabana i pleta |  | Prats de <i>Festuca eskia</i> |
|  | Barraca en ruïnes |  | Pi negre (<i>Pinus mugo</i> subsp. <i>uncinata</i>) |
|  | Massa d'aigua |  | Bâlec (<i>Genista balansae</i> subsp. <i>europaea</i>) |
|  | Roquissar |  | Prats de <i>Festuca airoides</i> |

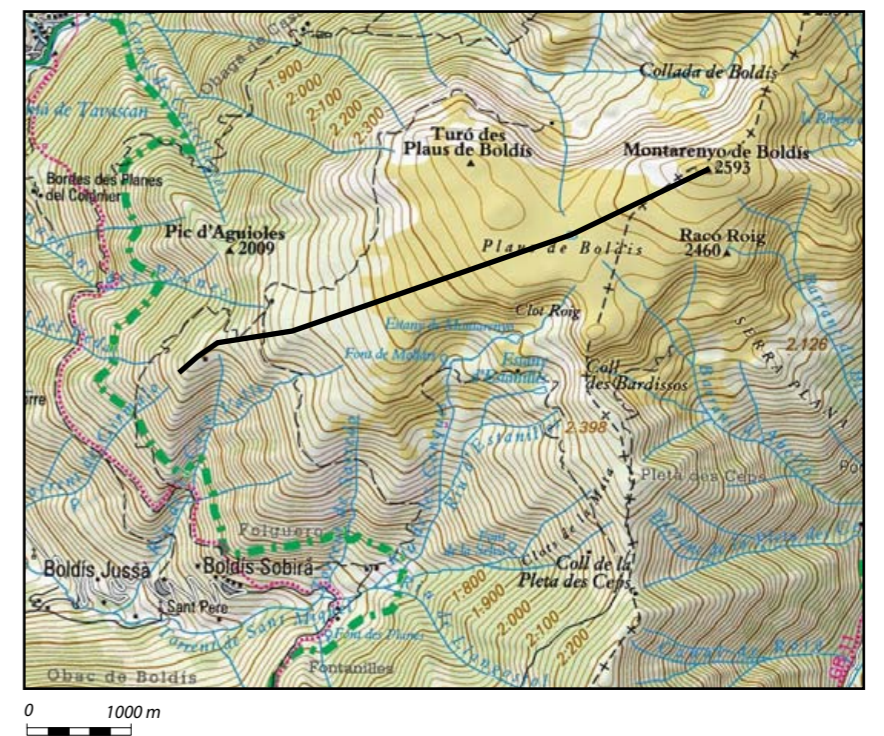


Figura 3.4. Perfil topogràfic i de vegetació on es localitzen els punts de mostreig de l'anàlisi pedoantracològica a la zona Plaús de Boldís-Montarenyo.
Font: elaboració pròpia

espessa landa d'escobes o bàlec (*Genista balansae*) cobreix aquesta part de la vessant de la muntanya.

El perfil edàfic ens ve definit per la gran acumulació de matèria orgànica en la seva part superior i per la inexistència d'un horitzó B ben format. Segons la classificació de la FAO estem parlant d'un hàplic umbrisòl, tipologia molt freqüent en zones de prats de muntanya. La profunditat del sòl excavat es troba entre el 77-82 cm.

D'aquest perfil es van extreure sis nivells de mostreig d'un gruix homogeni de 10 cm, numerats d'un a sis des de la base del sondeig fins a la part superficial. Cal dir que l'horitzó més profund de tot els perfils no segueix la tònica del 10 cm. En arribar a l'horitzó C es crea un nivell de mostreig únic d'ampla variable. Aquest fet rau en la dificultat de poder extreure sòl d'un horitzó format bàsicament per material rocós de grans dimensions. Amb tot, aquest nivell mai no supera els 20 cm d'amplada. La mostra presa de cada nivell s'aproximava als 5 kg, essent inferior en el nivell de mostreig més profund (NI) on, com ja s'ha dit, la gran quantitat de pedres dificultava extreure'n matèria fina.

Punt de mostreig Plaus 4

Seguint ascendint per la vessant ens trobem el següent punt de mostreig, localitzat a 2.200 m d'altitud. Amb un pendent baix, aquesta zona es caracteritza per ser un zona de plana intermèdia en l'ascens a l'altiplà format per la superfície d'aplanament. A mesura que ascendim, la landa d'escobes es va diluint i els prats cada cop guanyen més terreny. En aquest punt concret les mates de *Genista balansae* tan sols suposen el 20% del recobriment vegetal i la vegetació herbàcia la resta.

Pel que fa al sòl, altre cop ens trobem amb un perfil edàfic del tipus A-C amb un gruix important de l'horitzó orgànic. Aquest ronda els 50 cm de potència dels 75 cm que

presenta el gruix total de l'escandall realitzat. Un altre tret important d'aquest sòl és l'alta pedregositat que es presenta en la majoria del perfil.

L'extracció de les mostres es va realitzar seguint l'estructura de l'anterior punt. El sòl per ser analitzat es va extreure seguint nivells de mostreig de 10 cm cadascun numerats des del nivell més profund al més superficial. En total es va extreure sòl de set nivells de mostreig.

Punt de mostreig Plaus 6

El punt de mostreig Plaus 6 es troba a 2.300 m d'altitud, just després de passar una petita bosquina de *Pinus uncinata* tot seguint el camí d'ascensió al cim. En aquest punt ja no trobem cap rastre de *Genista balasae* i la *Festuca* sp. s'acompanya a aquesta altitud per un altre tipus d'arbust, la *Calluna vulgaris*.

Altres cops ens trobem amb un úmbric leptosòl, aquest cop caracteritzat per l'alta pedregositat que presenta. Els elements grollers són presents a tots els horitzons, arribant a trobar blocs que s'acosten als 60 cm de llarg en la base del sondeig. Són aquests mateixos blocs els que no ens permeten excavar per sota dels 73 cm de profunditat. D'aquest punt es van extreure sòl de cinc nivells de mostreig amb un gruix de 10 cm cadascun a excepció del més profund.

Punt de mostreig Plaus 8

Just abans d'arribar a la zona d'altiplà però encara en la vessant ens trobem amb el punt de mostreig Plaus 8. Aquest es localitza a 2.400 m.

Altres cops en trobem amb un hàplic umbrisòl en una zona de prat de *Festuca* acompanyada de bruguerola (*Calluna vulgaris*). El gruix del sòl s'acosta als 70 cm de profunditat. Un aspecte a comentar d'aquest sòl són els processos periglacials superficials

que l'afecten. Així, per exemple, l'efecte de les gelades es manifesta en aquesta zona amb processos com la crioclàstia o amb la formació de petits monticles que formen l'anomenada "gespa encoixinada" (Gutiérrez-Elorza 2001). En realitzar l'escandall s'intentà evitar les zones des gespa encoixinada o els lòbuls de solifluxió.

De nou ens tornem a trobar amb un hàplic umbrisòl però amb la peculiaritat que presenta inicis de podzolització en el seu perfil. En total es van extreure sòl de sis nivells de mostreig, cadascun dels quals tenia 10 cm de profunditat a excepció del més profund que és un centímetres més gruixut.

Punt de mostreig Mont 2

Ja en l'altiplà i a 2.463 m d'altitud ens trobem amb el punt de mostreig de Mont 2. La part superior d'aquesta superfície d'aplanament és una gran plana amb petites ondulacions que en algun punt arriben a constituir petits turons. El punt de mostreig se situa a la part central d'aquest gran pla, en una zona propera a una bassa d'aigua que ocupa una petita depressió on es recullen les aigües de pluja i de fusió de la neu. Aquesta és utilitzada per abeurar el bestiar quan la quantitat d'aigua ho permet. En aquest punt ja no trobem cap tipus de vegetació arbustiva, només l'herbàcia que s'estén per tot el pla.

Pel que fa al sòl, en aquest punt ens tornem a trobar amb un hàplic umbrisòl aquest cop, però, marcat per la troballa del nivell freàtic a 37 cm de profunditat. L'elevada humitat d'aquest sòl juntament amb les rigoroses condicions climàtiques fan que en zones pròximes al punt de mostreig també ens trobem la ja esmentada "gespa encoixinada" (Gutiérrez-Elorza 2001). Aquesta està formada per petits monticles allomats previstos de vegetació i amb fenòmens de crioturbació en el seu interior.

D'aquest nivell es van extreure un total de 4 nivells de mostreig. En aquest cas l'extracció del sòl no es va fer a partir de nivells de longitud homogènia sinó a partir del límits dels horitzons del sòl. D'aquesta forma els intervals d'extracció van ser: 0-8 cm, 8-12 cm, 12-28 cm i 28-37 cm

Punt de mostreig Mont4

A 2.550 m d'altitud i a poques passes del cim es localitza el punt de mostreig Mont 4. Aquest punt es troba a una zona de prat de muntanya que limita amb el roquissar que es desprèn del cim de Montarenyo. És una zona d'alta muntanya amb condicions severes per a l'establiment de la vegetació. En aquesta àrea el recobriment herbaci no sobrepassa el 70% del terreny.

Pel que fa al sòl ens trobem altre cop amb una esquema del tipus A-C. Tot i que sembla que s'està produint un lleu inici de podzolització, aquesta encara no ha donat lloc a un horitzó ben format. Com en els altres casos ens trobem amb una pedregositat abundant i una profunditat que voreja els 70 cm. D'aquest punt es va extreure quatre nivells de mostreig d'un gruix homogeni de 10 cm a excepció del més profund, que va arribar als 20 cm.

Punt de mostreig Mont5

Aquest punt se situa al cim de Montarenyo de Boldís, a 2.593 m d'altitud. En aquest punt trobem una petita superfície plana lleugerament inclinada (1-3%) on es va fer el sondeig. La vegetació existent és minsa, amb prou feines arriba al 60% de recobriment del terreny, i la pedregositat superficial és abundant.

El sòl existent torna a ser un hàplic umbrisòl marcat pel gruixut horitzó orgànic d'aquests sòls. Del total dels 50 cm, els 35 cm més superficials corresponen aquest tipus d'horitzó. Un total de quatre nivells de mostreig es van extreure d'aquest punt. Tots van tenir un gruix de 10 cm a excepció del més profund.

DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Udes 1"

Codi del perfil: Udes 1**Data:** 11/11/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 358136.5, 4721033.7**Geogràfiques:** 1° 16' 12.0913", 42° 37' 40.5528"**Altitud:** 1.996 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** obaga sota el pla d'Udes**Autores:** Raquel Cunill / Marie Claude Bal**Classificació FAO-WRB 2006:**

hàplic cambisòl (dístric, esquelètic)

Classificació SSS 98:

dystrudept lític

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** bosc d'aciculifolis**Influència humana:** no coneguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** medi forestal dens de coníferes**Espècies:** pinedes de pi negre (*Pinus uncinata*) amb neret (*Rhododendron ferrugineum*)**Recobriment herbaci:** 50%**Topografia:** terra amb pendent (zona escarpada de gradient mitjà)**Forma del paisatge:** erosió glacial**Element del paisatge:** vessant de muntanya**Posició:** inici de la part alta de la vessant, zona escarpada de gradient mitjà.**Pendent:** 15-18%, moderadament escarpat**Orientació:** nord**Material parental:** esquistos quarzítics**Profunditat efectiva:** 45-55 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), palets (6-25cm)**Erosió:** erosió superficial difusa**Segellat/encrostant:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit

Horitzó	Prof., cm	Descripció
A	0-10	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró molt fosc grisós. Pocs (1 a 5%) elements grollers d'esquist de grava fina (0,2-0,6cm) i forma subangular-plana. Horitzó no calcari. Abundants arrels fines i molt fines. Límit abrupte i pla.
B	10-45	Color marró fosc (7.5YR 3/2) (humit); sense taques. Textura argilo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat alta. Quantitat abundant (36-70%) elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a blocs (0,6-60cm) i forma subangular-tabular fortament i mitjanament meteoritzats. Horitzó no calcari. Abundant quantitat de matèria orgànica. Sistema radicular ben desenvolupat. Abundants arrels fines, gruixudes i molt gruixudes(arbres). Límit irregular.
C	45-	Color marró groguenc (10YR 4/3) (humit); sense taques. Quantitat molt abundant (>70%) d'elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a blocs (0,6-60cm) i forma subangular-tabular. Horitzó no calcari. Quantitat de matèria orgànica abundant. Arrels freqüents de fines a mitjanes.

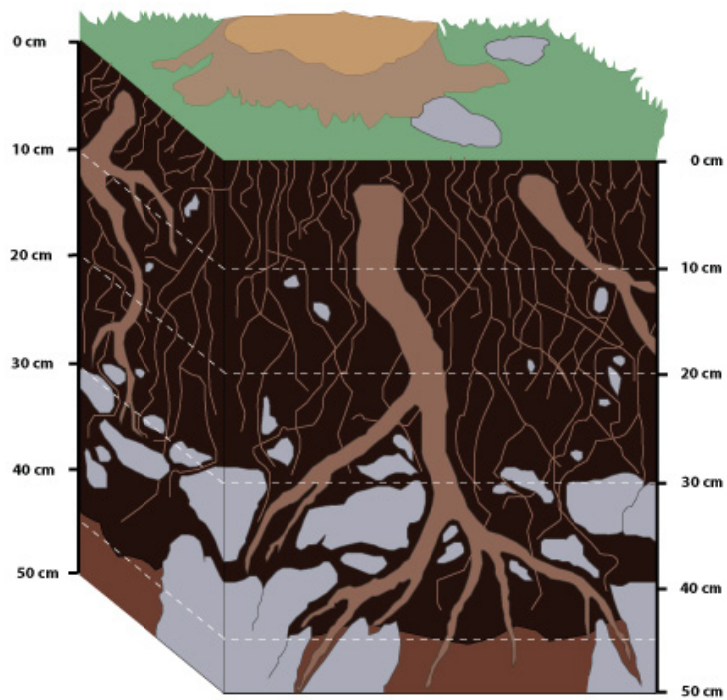
Localització perfil



Perfil



Bloc-diagrama



DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Plaus 1"

Codi del perfil: Plaus 1**Data:** 02/06/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 358414.7, 4721146.7**Geogràfiques:** 1° 16' 24.2005", 42° 37' 44.3993"**Altitud:** 2.050 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** Pla d'Udes - Plaus de Boldís**Autors:** Raquel Cunill / Alfons Parcerisas /Joan Manuel Soriano**Classificació FAO-WRB 2006:**

hàplic umbrisòl (húmic, pàquic)

Classificació SSS 98:

dystrudept húmic pàquic

Règim de temperatura del sòl: frígid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu de baix ús o nul**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** arbustos perennifolis**Espècies:** Balegar (matollar de *Genista balansae*)**Recobriment herbaci:** 85% *Genista balansae* i 15% recobriment herbàci**Topografia:** muntanyosa, terra amb pendent (zona escarpada de gradient mitjà)**Forma del paisatge:** erosió glacial**Element del paisatge:** vessant de muntanya**Posició:** Part mitjana - baixa de la vessant**Pendent:** 15-18%, moderadament escarpat**Orientació:** oest**Material parental:** esquistos quarzífics**Profunditat efectiva:** 77-82 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), pedres i cantos (6 a 60 cm)**Erosió:** erosió superficial difusa**Segellat/encrostant:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit

Horitzó	Prof., cm	Descripció
OA	0-8	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró molt fosc grisós. Pocs (1 a 5%) elements grollers d'esquist de grava fina (0,2-0,6 cm) i forma subangular-plana. Horitzó no calcarí. Abundants arrels fines i molt fines. Límit abrupte i pla.
A	8-60	Color marró fosc (7.5YR 2/1) (humit); sense taques. Textura argilo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat alta. Elements grollers molt freqüents (16-35%) d'esquist amb mida de grava gruixuda a palets (2-25 cm) i forma angular plana i mitjanament meteoritzats. Horitzó no calcarí. Abundant quantitat de matèria orgànica. Sistema radicular ben desenvolupat. Abundants arrels fines i mitjanes. Transició neta de forma ondulada.
C	60-	Color marró groguenc (10YR 4/3) (humit); sense taques. Quantitat molt abundant (>70%) d'elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a blocs (0,6-60 cm) i forma subangular-tabular. Horitzó no calcarí. Quantitat de matèria orgànica inapreciable.

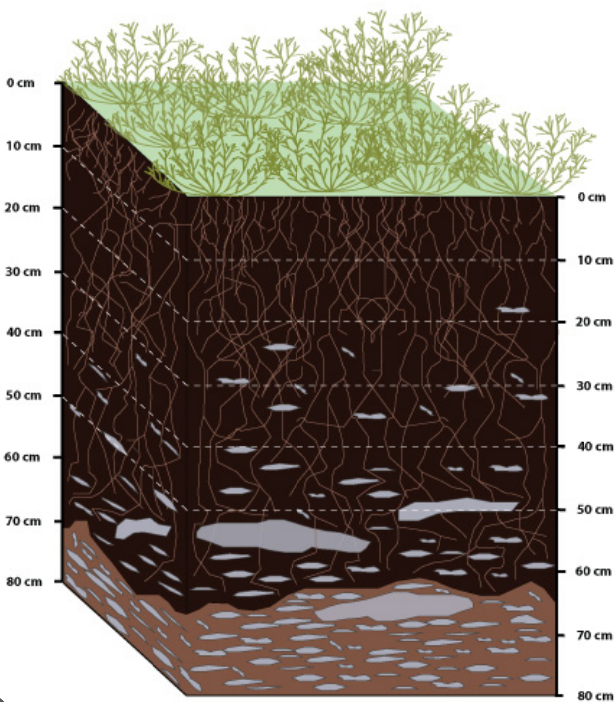
Localització perfil



Perfil



Diagrama



Resultats laboratoris

	% MO	COMPOSICIÓ GRANULOMÈTRICA			CLASSE TEXTURAL	pH
		% sorra	% llim	% argila		
N I	22,38	71,56	24,00	4,44	arenofranca	4,99
N II	24,14	75,56	18,00	6,44	arenofranca	4,49
N III	23,93	73,56	24,00	2,44	arenofranca	4,09
N IV	24,50	85,56	10,56	3,88	arenofranca	4,03
N V	24,64	73,56	12,00	14,44	arenofranca	3,91
N VI	24,83	51,56	44,00	4,44	francoarenosa	4,03

DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Plaus 4"

Codi del perfil: Plaus 4**Data:** 03/06/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 358617.8, 4721220.2**Geogràfiques:** 1° 16' 33.0436", 42° 37' 46.9145"**Altitud:** 2.200 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** Plaus de Boldís**Autors:** Raquel Cunill / Alfons Parcerisas /Joan Manuel Soriano**Classificació FAO-WRB 2006:**

càmbic umbrisòl (húmic)

Classificació SSS 98:

dystrudept húmic

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu estacional**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** herbàcia (prats de muntanya) i arbustiva**Espècies:** *Festuca sp.* i *Genista balansae***Recobriments herbaci:** 90% *Festuca sp.* 10% *Genista balansae***Topografia:** muntanyosa, terra amb pendent (zona escarpada de gradient mitjà)**Forma del paisatge:** erosió glacial**Element del paisatge:** vessant de muntanya**Posició:** planícia intermèdia de la vessant**Pendent:** 8%, inclinat**Orientació:** oest**Material parental:** esquistos quarzítics**Profunditat efectiva:** 70-75 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), pedres i cantos (6 a 60 cm)**Erosió:** processos de crioturbació i gelifracció**Segellat/encrostant:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit

Horitzó	Prof., cm	Descripció
O	0-2	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró fosc.-No elements grollers. Horitzó no calcari. Abundants arrels. Límit molt abrupte i pla.
A	2-50	Color marró fosc (10YR 3/1) (humit); sense taques. Textura argilo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat alta. Elements grollers freqüents (5-15%) d'esquist amb palets i algun blocs (2-60 cm) i forma angular plana. Horitzó no calcari. Abundant quantitat de matèria orgànica. Sistema radicular ben desenvolupat. Rels abundants, fines. Transició neta de forma neta i plana.
C	50-	Color marró groguenc (2.5Y5/4) (humit); sense taques. Elements grollers molt freqüents (15-35%) d'elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a blocs (0,6-60 cm) i forma angular plana o tabular. Horitzó no calcari. Quantitat de matèria orgànica inapreciable.

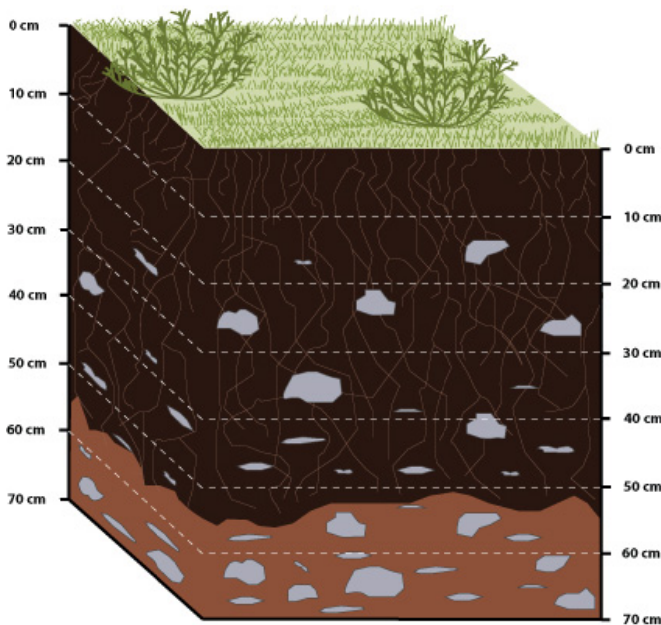
Localització perfil



Perfil



Bloc-diagrama



Resultats laboratoris

	% MO	COMPOSICIÓ GRANULOMÈTRICA			CLASSE TEXTURAL	pH
		% sorra	% lim	% argila		
N I	25,91	59,32	34,00	6,68	francoarenosa	4,64
N II	25,49	53,32	34,00	12,68	francoarenosa	4,33
N III						
N IV	24,18	49,32	40,00	10,68	franca	3,89
N V	24,24	49,32	42,00	8,68	franca	3,70
N VI	24,42	49,32	42,00	8,68	franca	3,71
N VII	24,87	59,32	28,00	12,68	francoarenosa	3,74

DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Plaus 6"

Codi del perfil: Plaus 6**Data:** 12/06/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 359238.6, 4721446.8**Geogràfiques:** 1° 17' 0.0865", 42° 37' 54.6674"**Altitud:** 2.300 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** Plaus de Boldís**Autors:** Raquel Cunill / Albert Pèlachs /Joan Manuel Soriano**Classificació FAO-WRB 2006:**

úmbric leptosòl (dístric)

Classificació SSS 98:

udorthent típic

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu estacional**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** prat de muntanya amb bosquines properes**Espècies:** *Festuca sp.* i *Calluna vulgaris***Recobriments herbaci:** 70% *Festuca sp.*, 30% *Calluna vulgaris***Topografia:** muntanyosa, terra amb pendent (zona escarpada de gradient mitjà)**Forma del paisatge:** erosió glacial**Element del paisatge:** vessant de muntanya**Posició:** mitja vessant**Pendent:** 15-18%, moderadament escarpat**Orientació:** oest**Material parental:** esquistes quarzífics**Profunditat efectiva:** 69-74 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), grava gruixuda i palets (2-25cm)**Erosió:** processos de crioturbació i gelifracció**Segellat/encrostant:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit

Horitzó	Prof., cm	Descripció
OA	0-8	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró fosc. Molt pocs (<1%) elements grollers d'esquist de grava fina (0,2-0,6 cm) i forma subangular. Horitzó no calcari. Abundants arrels fines i molt fines. Límit abrupte i pla.
A	8-50	Color marró fosc (10 YR 3/2) (humit); sense taques. Textura argilo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat alta. Quantitat abundant (36-70%) d'elements grollers d'esquist amb mida de palet (6-25 cm) i forma angular-plans. Horitzó no calcari. Abundant quantitat de matèria orgànica. Sistema radicular ben desenvolupat. Abundants arrels fines i mitjanes (1-5 mm). Net i irregular.
C	50-	Color marró groguenc (2.5Y 4/4) (humit); sense taques. Quantitat molt abundant (>70%) d'elements grollers d'esquist amb mida de palets i blocs (6-60 cm) i forma angular-tabular i plana. Horitzó no calcari. Matèria orgànica no perceptible. Arrels freqüents de fines a mitjanes.

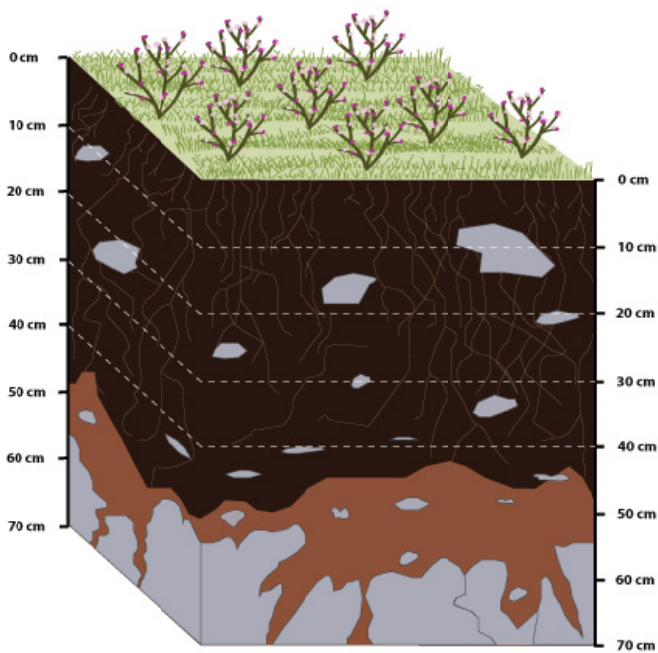
Localització perfil



Perfil



Bloc-diagrama



Resultats laborator

	% MO	COMPOSICIÓ GRANULOMÈTRICA			CLASSE TEXTURAL	pH
		% sorra	% llim	% argila		
N I	24,96	57,32	32,28	10,40	francoarenosa	4,09
N II	24,70	61,32	26,28	12,40	francoarenosa	3,91
N III	24,97	55,32	34,28	10,40	francoarenosa	3,86
N IV	26,09	53,00	20,56	26,44	francoargil·loarenosa	3,79
N V	24,81	53,00	36,56	10,44	francoarenosa	3,85

DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Plaus 8"

Codi del perfil: Plaus 8**Data:** 13/06/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 359621.8, 4721586.0**Geogràfiques:** 1° 17' 16.7778", 42° 37' 59.4301"**Altitud:** 2.400 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre- Boldís**Localització:** Plaus de Boldís**Autors:** Raquel Cunill / Albert Pèlachs /Joan Manuel Soriano**Classificació FAO-WRB 2006:**

hàplic umbrisòl (húmic*, hiperdístic*, alúmic*)

Classificació SSS 98:

dystrudept espòdic*

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu estacional**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** Herbàcia (prat alpí de muntanya)**Espècies:** *Festuca sp.* i *Calluna vulgaris***Recobrimnt herbaci:** 90% *Festuca sp.*, 10% *Calluna vulgaris***Topografia:** muntanyosa**Forma del paisatge:** erosió glacial**Element del paisatge:** vessant de muntanya**Posició:** mitja vessant**Pendent:** 8-10%, inclinat**Orientació:** oest**Material parental:** esquistes quarzítics**Profunditat efectiva:** 68-73 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), de grava mitjana a palets (0,5-25cm)**Erosió:** processos de crioturbació, gelifracció i solifluxió**Segellat/encrostament:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit

Horitzó	Prof., cm	Descripció
O	0-4	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró negrós. Pocs (1-5 %) elements grollers d'esquist de grava mitjana (0,5-2 cm) i forma subangular. Horitzó no calcari. Abundants arrels fines i molt fines. Límit abrupte i pla.
A	4-50	Color marró fosc (7,5 YR 3/2) (humit); amb taques grans (>15 mm) i irregulars de color groguenc i de forma freqüent (2-20%). Textura argil-lo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat alta. Alta freqüència (16-35%) d'elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a palet (0,6-25cm) i forma angular plana o tabular. Horitzó no calcari. Abundant quantitat de matèria orgànica (en forma d'Humus móder alpí). Sistema radicular ben desenvolupat. Abundants arrels fines i mitjanes (1-5 mm). Transició gradual i discontinua.
C	50-	Color marró groguenc (10YR4/3) (humit); sense taques. Quantitat molt abundant (>70%) d'elements grollers d'esquist amb mida de palets i blocs (6-60 cm) i forma angular-tabular i plana. Horitzó no calcari. Matèria orgànica no perceptible.

* Classificació probable però no segura per manca de prova analítica específica

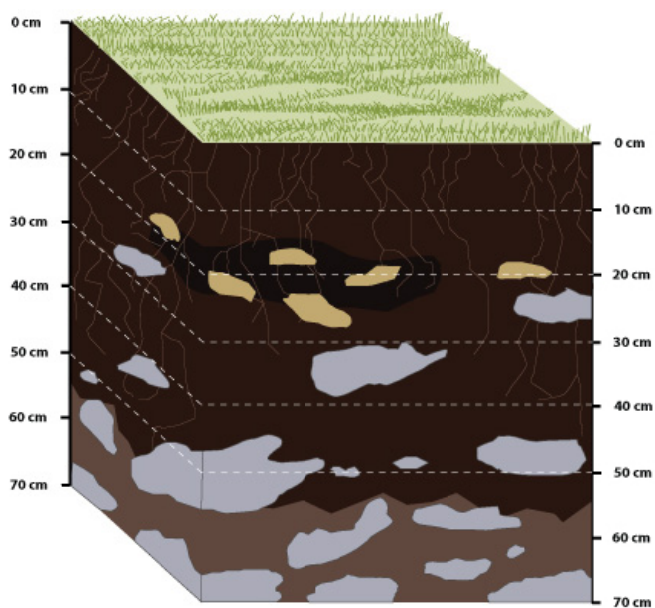
Localització perfil



Perfil



Bloc-diagrama



Resultats laboratoris

	% MO	COMPOSICIÓ GRANULOMÈTRICA			CLASSE TEXTURAL	pH
		% sorra	% llim	% argila		
N I	25,73	51,88	36,56	11,56	franca a francoarenosa	3,90
N II	24,88	59,88	30,56	9,56	francoarenosa	3,90
N III	25,20	49,88	32,56	17,56	franca	3,82
N IV	23,86	59,88	24,56	15,56	francoarenosa	3,70
N V	24,79	55,88	26,56	17,56	francoarenosa	3,71
N VI	24,34	63,88	12,56	23,56	francoargil-loarenosa	4,01

DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Mont 2"

Codi del perfil: Mont 2**Data:** 09/07/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 360429.9, 4721880.2**Geogràfiques:** 1° 17' 51.9844", 42° 38' 9.4922"**Altitud:** 2.463 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** Montarenyo de Boldís**Autors:** Marie Claude Bal / Raquel Cunill /Joan Manuel Soriano**Classificació FAO-WRB 2006:**

hàplic umbrisòl (húmic, oxiàquic)

Classificació SSS 98:

dystrudept oxiàquic

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu estacional**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** Herbàcia (prat alpí)**Espècies:** *Festuca sp.***Recobriment herbaci:** 100% *Festuca sp.***Topografia:** plana**Forma del paisatge:** superfície d'aplanament**Element del paisatge:** altiplà**Posició:** part central del pla**Pendent:** 0%, pla**Orientació:** sense orientació**Material parental:** esquistos quarzífics**Profunditat efectiva:** 37 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), de grava mitjana i gruixuda (0,5-6 cm)**Erosió:** Processos de crioturació, gelifració**Segellat/encrostament:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** present als 37 cm**Condicions d'humitat:** humit i saturat

Horitzó	Prof., cm	Descripció
O	0-12	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró fosc .Pocs (1-5 %) elements grollers d'esquist de grava fina (0,2-0,6 cm) i forma subangular. Horitzó no calcari. Abundants arrels fines i molt fines (0-0,2 mm) . Límit abrupte i pla.
A	12-27	Color marró fosc (7,5 YR 3/2) (humit); Sense taques. Textura argilo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat baixa. Abundants (35-70%) elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a palet (0,6-25 cm) i forma subarrodons plans. Horitzó no calcari. Sistema radicular ben desenvolupat. Abundants arrels fines i molt fines (0-0,2 mm). Transició abrupta i plana.
C	27-	Color marró grogós (10YR 4/6) (saturat, nivell freàtic); sense taques. Elements grollers d'esquist amb mida de grava gruixuda a palets (2-25 cm) freqüents (16-35%) i forma subarrodons i plana. Horitzó no calcari. Matèria orgànica inapreciable.

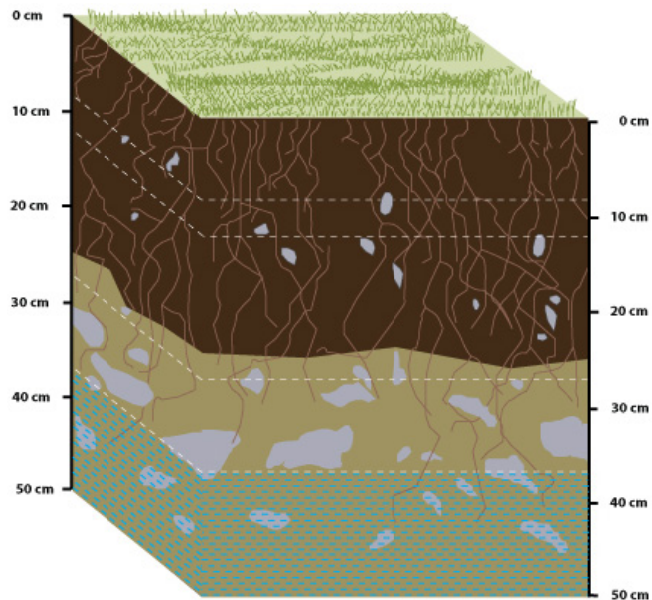
Localització perfil



Perfil



Bloc-diagrama



DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Mont 4"

Codi del perfil: Mont 4**Data:** 09/07/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 361119.7, 4722128.0**Geogràfiques:** 1° 18' 22.0383", 42° 38' 17.9709"**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** Montarenyo de Boldís**Autors:** Raquel Cunill /Joan Manuel Soriano**Altitud:** 2.550 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Classificació FAO-WRB 2006:**

hàplic umbrisòl (húmic)

Classificació SSS 98:

dystrudept húmic

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu estacional**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** Herbàcia (prat alpi)**Espècies:** *Festuca sp.***Recobriment herbaci:** 60-70% *Festuca sp.***Topografia:** plana**Forma del paisatge:** superfície d'aplanament**Element del paisatge:** zona planera amb lleu ondulació**Posició:** part intermèdia del turó**Pendent:** 10%, lleugerament inclinat**Orientació:** sud-oest**Material parental:** esquistos quarzítics**Profunditat efectiva:** 72-77 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** poca (2-5%), de grava mitjana i gruixuda (0,5-6 cm)**Erosió:** processos de crioturbació, gelifracció i solifluxió superficial**Segellat/encrostant:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit i saturat

Horitzó	Prof., cm	Descripció
OA	0-6	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Marró fosc . Pocs (1-5 %) elements grollers d'esquist de grava fina a mitjana (0,2-2 cm) i forma subarrodona plana. Horitzó no calcari. Abundants arrels fines i molt fines. Límit molt abrupte i pla.
A	17-47	Color marró fosc (7,5YR 3/1) (humit); Sense taques. Porositat alta. Abundants (35-70%) elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a palet (0,6-25 cm) i forma angular i subangular plans. Horitzó no calcari. Sistema radicular ben desenvolupat. Abundants arrels fines (1-2 mm). Transició gradual i irregular degut al material groller.
C	47-	Color marró groguenc (10YR 3/3) (humit); sense taques. Elements grollers d'esquist amb mida de grava gruixuda a bloc (2-60 cm) molt abundants (>70%) i forma angular i subangular tabular i plana. Horitzó no calcari. Matèria orgànica inapreciable. No existeix estructura i hi ha molt poc sòl fissural.

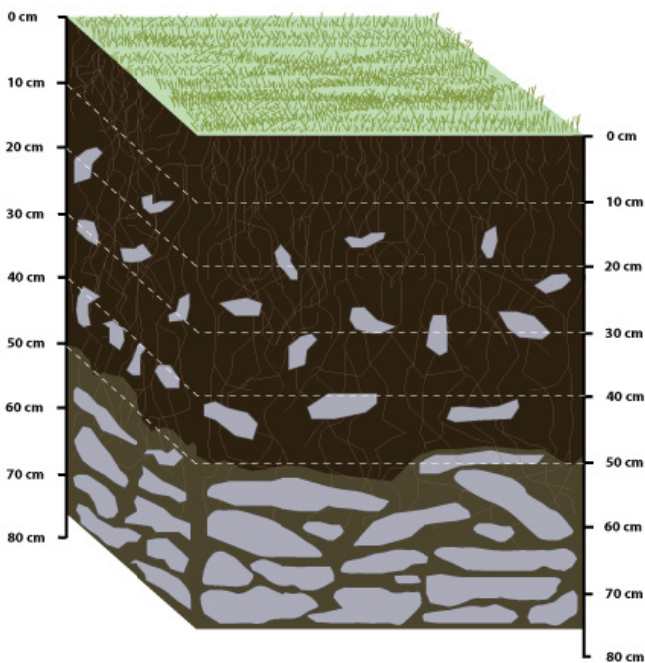
Localització perfil



Perfil



Bloc-dDiagrama



Resultats laboratoris

	% MO	COMPOSICIÓ GRANULOMÈTRICA			CLASSE TEXTURAL	pH
		% sorra	% lim	% argila		
N I	-	-	-	-	-	-
N II	24,36	81,32	9,68	9,00	arenofranca	3,68
N III	25,20	93,00	4,56	2,44	arenosa	3,55
N IV	24,90	69,00	26,56	4,44	francoarenosa	3,35
N V	25,16	77,00	20,56	2,44	arenofranca	3,83
N VI	25,79	83,00	16,56	0,44	arenofranca	3,80

DESCRIPCIÓ DEL PERFIL "Mont 5"

Codi del perfil: Mont 5**Data:** 09/07/2008**Coordenades:****UTM (X,Y):** 361323.8, 4722189.2**Geogràfiques:** 1° 18' 30.9447", 42° 38' 20.0854"**Altitud:** 2.593 m**Unitat administrativa:** Lladorre, Pallars Sobirà**Àrea de mostreig:** Lladorre - Boldís**Localització:** Cim del Montarenyo de Boldís**Autors:** Raquel Cunill /Joan Manuel Soriano**Classificació FAO-WRB 2006:**hàplic umbrisòl (alúmic*, hiperdíftric*, húmic)¹**Classificació SSS 98:**

dystrudept (espòdic* – húmic)

Règim de temperatura del sòl: frigid**Règim d'humitat del sòl:** údic**Usos del sòl:** pasturatge extensiu estacional**Influència humana:** desconeguda**Cultius:** sòl no cultivat**Vegetació:** Herbàcia (prat alpí)**Espècies:** *Festuca sp.***Recobriment herbaci:** 60% *Festuca sp.***Topografia:** muntanyosa**Forma del paisatge:** cim de superfície d'aplanament**Element del paisatge:** zona planera amb lleu ondulació**Posició:** monticle**Pendent:** 1-3%, lleugerament inclinat**Orientació:** sud-oest**Material parental:** esquistos quarzífics**Profunditat efectiva:** 50 cm**Afloraments rocosos:** inexistent**Pedregositat superficial:** abundant, de grava mitjana i palets (0,5-25 cm)**Erosió:** processos de crioturbació i gelifracció**Segellat/encrostament:** nul**Drenatge:** bo**Nivell freàtic:** no observat**Condicions d'humitat:** humit

Horitzó	Prof., cm	Descripció
OA	0-2	Horitzó orgànic amb estructura fibrosa. Porositat alta. Abundants elements grollers d'esquist de grava fina a grava mitjana (0,2-2 cm) i forma subangular-tabular i plana fortament meteoritzats. Horitzó no calcari. Abundants arrels fines i molt fines. Límit abrupte i pla.
A	3-35	Color marró fosc (10YR 2/2) (humit); Sense taques. Textura argilo-sorrenca. Estructura granular mitjana forta. Porositat alta. Abundants (35-70%) elements grollers d'esquist amb mida de grava mitjana a palet (0,6-25 cm) i forma subarrodons plans. Horitzó no calcari. Abundant quantitat de matèria orgànica en forma d'humus tipus moder alpí. Abundants arrels fines i molt fines. Límit abrupte i pla.
C	36-	Color marró grogós (10YR 4/6) (lleugerament humit); sense taques. Quantitat molt abundant (>70%) d'elements grollers d'esquist amb mida de grava gruixuda a palets (2-25 cm) i forma subarrodons i plana. Horitzó no calcari. Matèria orgànica inapreciable. No existeix estructura i hi ha molt poc sòl fissural.

* Classificació probable però no segura per manca de prova analítica específica

¹ Aquest perfil té indicis de podzolització, si es confirmés analíticament seria un *úmbric entic podzol*

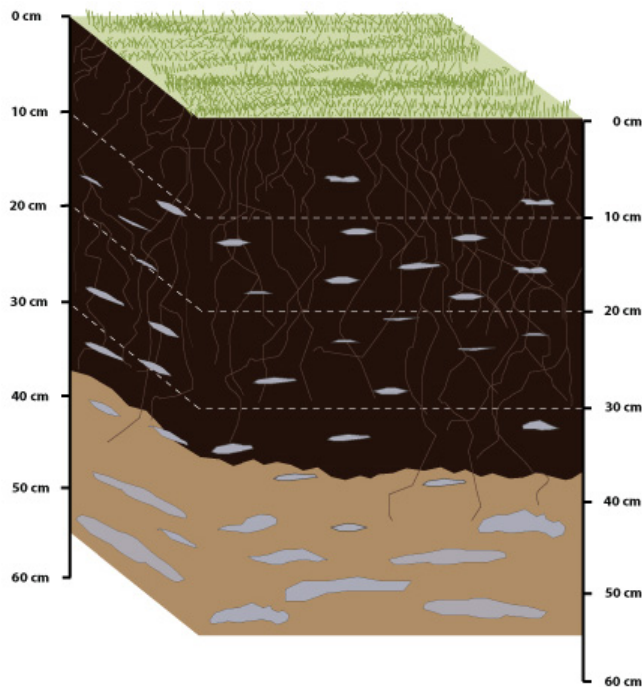
Localització perfil



Perfil



Bloc-diagrama



Resultats laboratoris

	% MO	COMPOSICIÓ GRANULOMÈTRICA			CLASSE TEXTURAL	pH
		% sorra	% llim	% argila		
N I	24,50	59,88	29,12	11,00	francoarenosa	3,63
N II	24,58	73,32	17,12	9,56	arenofranca	3,58
N III	24,94	71,32	13,68	15,00	arenofranca	3,28
N IV	24,18	59,32	21,68	19,00	francoarenosa	3,24

3.1.4.2. Antracomassa

Com ja s'ha dit anteriorment l'aïllament dels carbons del sòl ens permet saber quina quantitat de carbó tenim en els nostres sòls i com aquest es distribueix en el si del perfil del sòl. En la figura 3.5 podem veure representada l'Antracomassa Específica General (ASG) de cada punt de mostreig ordenats per altitud. Com ja s'ha dit aquesta posa en relació el total d'antracomassa aïllada per cada punt de mostreig i el total de sòl analitzat. Per últim, només recordar que en aquesta antracomassa aïllada es troben tots aquells fragments de carbó superiors a 0,8 mm.

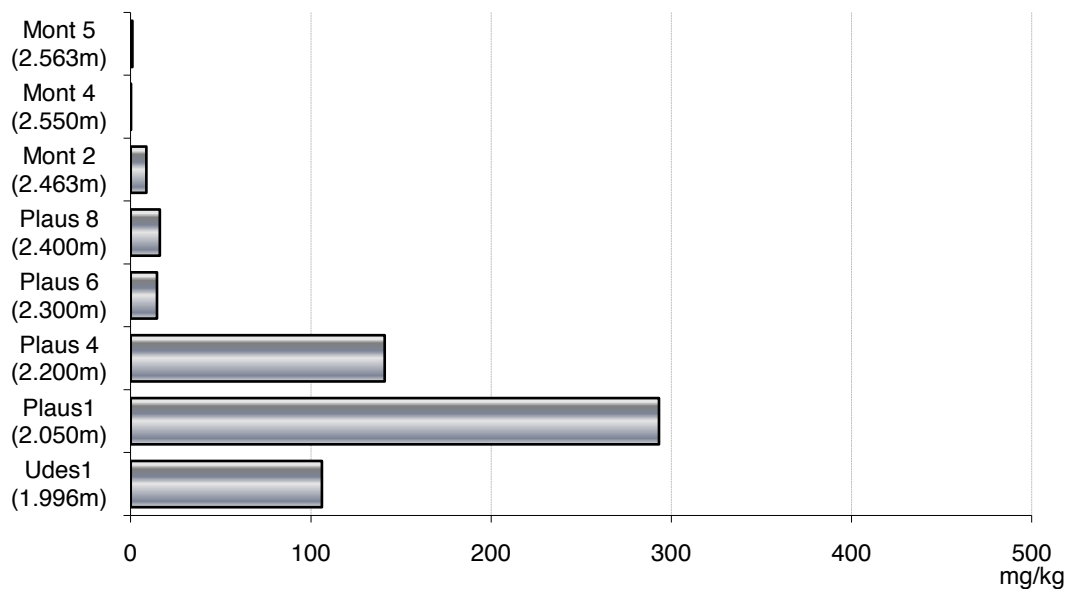


Figura 3.5. Antracomassa Específica General (ASG) per cada punt de mostreig del transecte.

El primer que podem veure i destacar d'aquestes dues gràfiques és la presència de carbons en cadascun dels punts de mostreig. Ara bé, la variabilitat entre punts és extrema, encara que gradual. D'aquesta forma passem d'un mínim de 0,0012 mg/kg de sòl del punt Mont 4, una quantitat quasi imperceptible, als quasi 400 mg/Kg del punt de mostreig Plaus 1, on s'ha trobat el valor màxim. A grans trets i en funció d'aquest valor, podríem

parlar de tres grans grups. El primer faria referència a aquells punts que tenen una antracomassa superior a 100 mg/kg i es localitzen entre els 2.000 m i els 2.200 m d'altitud. Aquests són Udes 1, Plaus 1 i Plaus 4. Un segon grup format per Plaus 6, Plaus 8 i Mont 2, reuniria tres punts de mostreig situats entre els 2.300 i els 2.463 m, amb una antracomassa propera als 10mg/kg. Per últim ens quedarien els punts de mostreig de major altitud, entre 2.550 i 2.600 m, amb una mínima antracomassa inferior o igual a 1 mg/kg.

Un altre aspecte important a l'hora d'analitzar l'antracomassa és veure com a aquesta s'ha distribuït en el perfil del sòl en relació a la profunditat. En les figures següents, de la 3.6 a la 3.13, es pot veure quina és aquesta variabilitat interna per cada punt de mostreig a partir de l'Antracomassa Específica per Nivell (ASN).

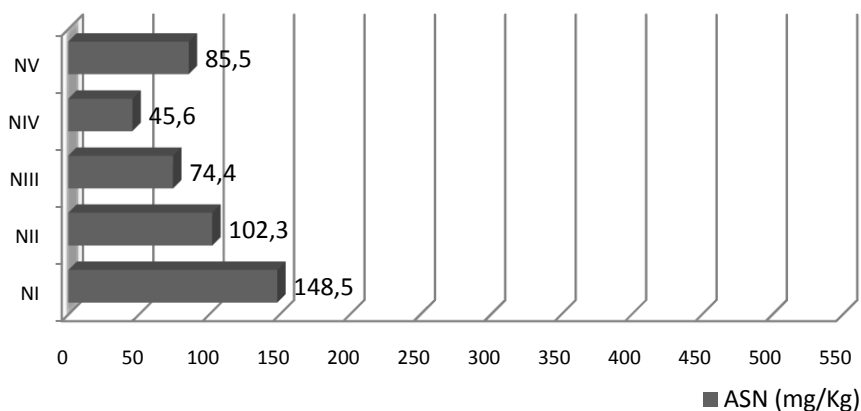


Figura 3.6. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Udes 1

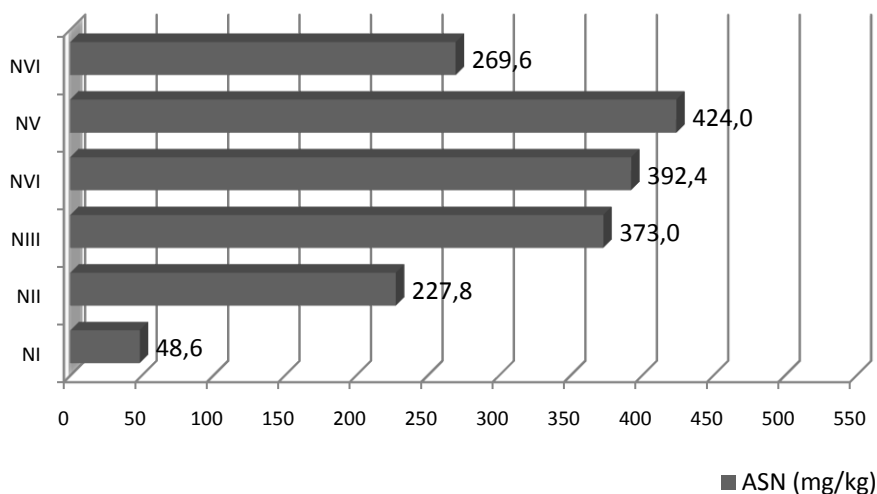


Figura 3.7. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 1

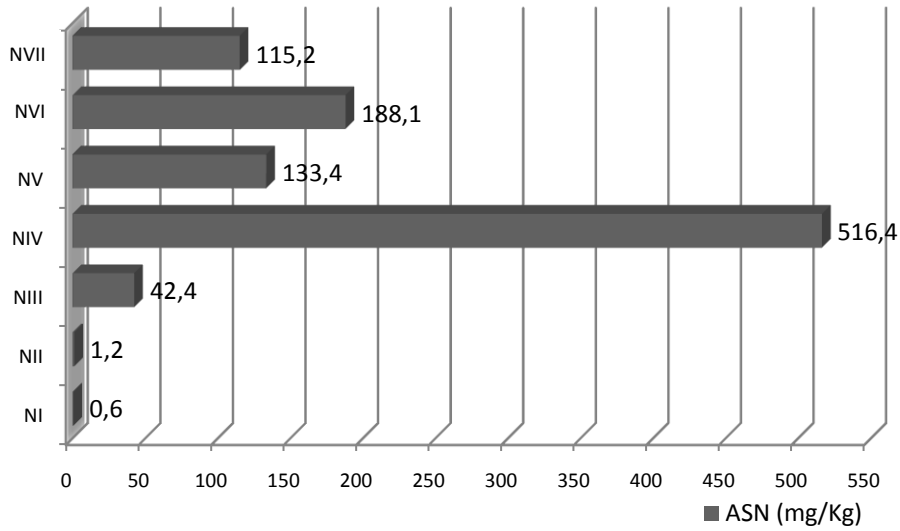


Figura 3.8. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 4

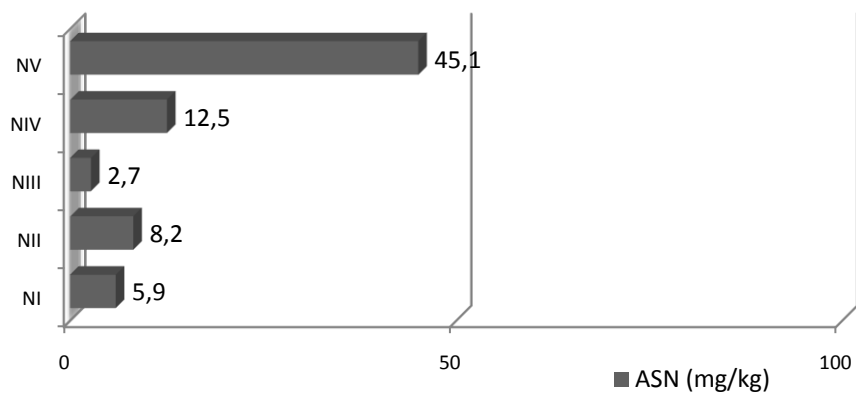


Figura 3.9. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 6

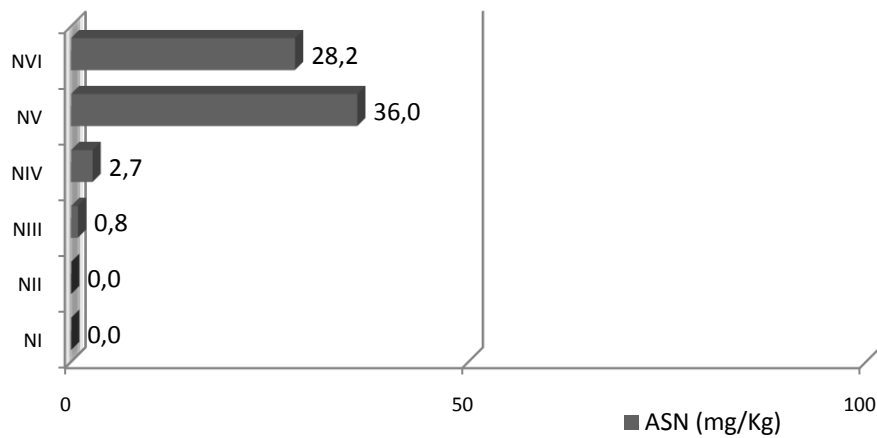


Figura 3.10. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Plaus 8

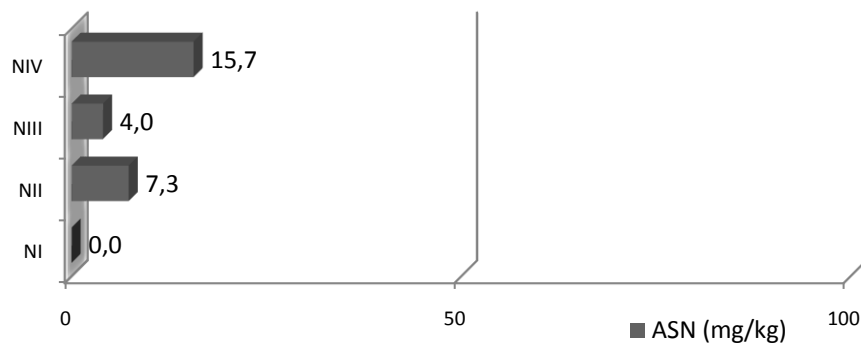


Figura 3.11. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Mont 2

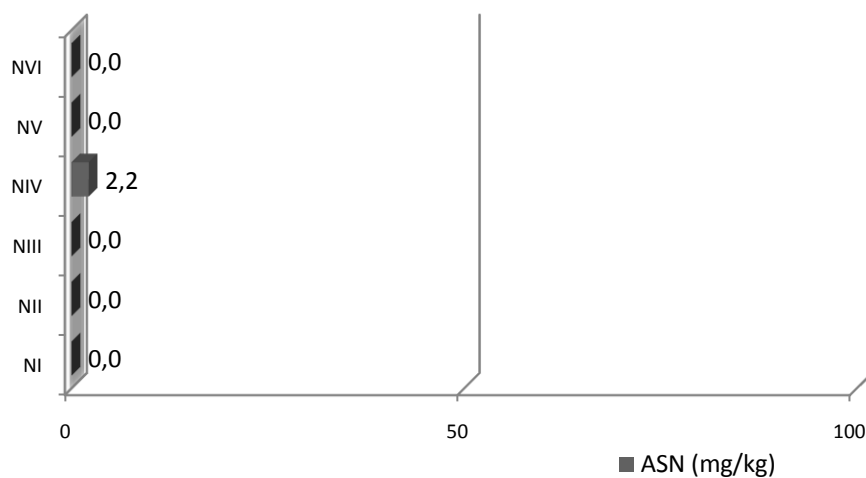


Figura 3.12. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Mont 4

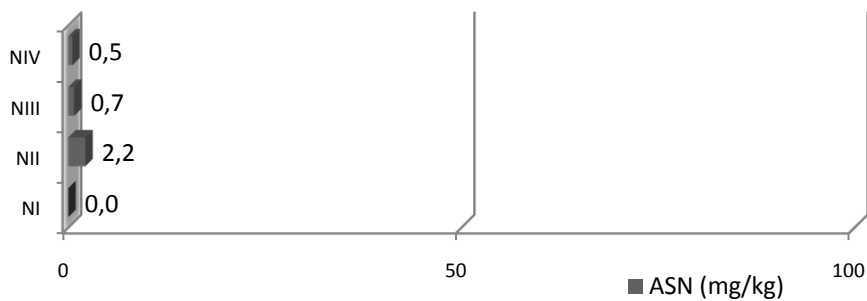


Figura 3.13. Antracomassa Específica per Nivell (ASN) del punt de mostreig Mont 5

L'antracomassa es distribueix de forma irregular en el si dels perfils del sòl i podríem, com en el cas de l'ASG, crear grups de característiques semblants. Plaus 1 i Plaus 4 són punts amb una gran variabilitat interna i amb valors d'ASN superiors als 400 i 500 g/kg. Ambdós presenten el seu major nombre de carbons entre en els primers 40 cm de profunditat. Un segon grup format per Plaus 6, Plaus 8 i Mont 2 presenta una antracomassa superior als 20 primers centímetres, trobant per sota d'aquests una quantitat molt minsa. En Mont 4 només trobem antracomassa, i molt poca, en el nivell més superficial. I en el cim (Mont 5) l'antracomassa es distribueix de forma molt migrada en els 30 primers centímetres. Udes 1, el punt de mostreig de menor altitud i localitzat en sòl forestal segueix una dinàmica pròpia, presentant carbons en tots el nivells i repartits de forma més homogènia.

3.1.4.3. Identificació taxonòmica

La identificació dels carbons aïllats ha suposat la realització d'un estudi anatòmic a un total 3.942 carbons. Aquest han estat analitzats un per un, sobre talls realitzades amb bisturí, per tal d'obtenir el pla transversal, tangencial i longitudinal. Com ja s'ha dit en l'apartat de metodologia 3.1.2 les identificacions s'han realitzat a partir de la col·lecció de referència pròpia del GRAMP i guies il·lustrades especialitzats (Schweingruber 1982, 1990)

Tot i que en alguns casos s'ha pogut identificar l'espècie, en la majoria dels casos només s'ha identificat el gènere o la família. En total s'han diferenciat quatre tàxons, dos d'ells arboris i els altres dos arbustius: *Pinus sylvestris/uncinata*, *Betula sp.*, *Genista balansae* i Ericacea. També cal dir que un percentatge significatiu de carbons no han pogut ser identificats degut a la impossibilitat d'apreciar-ne la seva estructura anatòmica.

Pel que fa als fragments de *Pinus*, tot i que hi ha diferents autors que han intentat diferenciar ambdues espècies (Davasse 2.000; Euba 1998, 2009; Schweingruber 1990a), *Pinus sylvestris* i *Pinus uncinata*, encara avui no hi ha un consens general sobre quines

característiques anatòmiques serien determinats. Hi ha un element que els diferencia i que és molt clar en aquesta recerca: l'altitud. En la vessant meridional dels Pirineus, el *Pinus sylvestris* es localitza al pis montà, sobrepasant en pocs casos els 1.800-1.900 m. En canvi, *Pinus uncinata* és l'espècie arbòria que colonitza espais de major altitud estenent-se pel pis subalpí i arribant als 2.300-2.400 m d'altitud. Ja que tots els nostres punts de mostreig es troben molt propers a la cota 2.000 o per sobre d'ella, hem de pensar que els fragments de pi carbonitzats que trobem molt probablement pertanyen a pi negre. De tota manera, no podem demostrar que sigui aquest pi el que hagi habitat aquestes àrees durant tot el període holocè.

Els carbons trobats del gènere *Betula* probablement corresponen a l'espècie *Betula pendula*, que és la que avui trobem en l'àrea d'estudi. Tot i això i degut a l'existència d'altres espècies del mateix gènere al Pirineu, mantindrem aquesta designació genèrica.

En el cas de la *Genista balansae* sí que s'ha determinat l'espècie. Si bé l'estudi anatòmic ens deixa un ventall obert dintre la família de les fabàcies, els requeriments ecològics units al principi d'actualisme semblen prou clars per arribar-ne a determinar l'espècie. La degradació de la pineda subalpina acidòfila en la zona d'estudi comporta en primer terme l'aparició de baleguers de *Genista balansae* subsp. *europaea* (Bolòs, 2001), que substitueixen les pinedes desaparegudes.

En referència al grup de les ericàcies s'han identificat tres espècies: *Calluna vulgaris*, *Vaccinium myrtillus* i *Rhododendron ferrugineum*. En la majoria dels casos s'ha pogut diferenciar entre aquestes tres espècies. Ara bé, alguns carbons amb l'estructura alterada o molt fragmentats no ha permès una clara diferenciació de les espècies. Aquest fet sumat a la consideració dels objectius concrets d'aquest treball, ha fet que s'hagin inclòs totes les ericàcies en un mateix grup.

Un altre grup a tenir en compte són els carbons no identificats. L'estructura alterada no ha permès copsar la anatomia dels carbons i poder-ne determinar el tàxon. L'alteració pot ésser provocada per múltiples factors previs a la combustió, al mateix procés de combustió o a alteracions posteriors.

Les situacions d'estrès en el creixement de la planta són un bon exemple de les alteracions precombustió. Aquestes són freqüents en àrees d'alta muntanya com la nostra, on la planta es veu afectada per un clima extrem i una topografia accidentada. Les compressions i nusos que presenten els carbons de pi aïllats responen a aquest creixement al límit.

Els processos de combustió poden generar un tipus d'alteració molt freqüent en els carbons trobats: la vitrificació (vegeu la figura 3.17). L'estructura fosa i una textura llisa caracteritzen els carbons vitrificats. Tot i que s'han plantejat diferents hipòtesis per explicar la formació d'aquest fenomen encara avui no tenim una resposta clara. En alguns moments s'ha relacionat la vitrificació amb temperatures altes i combustions lentes en condicions anaeròbiques (Carrión Marco 2005). Ara bé, en l'estudi doctoral realitzat per Itxaso Euba (2008) es demostra com els carbons de carbonera que han experimentat una combustió lenta, anaeròbica i d'alta temperatura no presenten una vitrificació especialment elevada. Per un altre cantó Talon (1997) afirma que durant processos d'experimentació en la seva recerca de tesi la vitrificació es produïa amb una combustió ràpida a altes temperatures i amb fusta amb un elevat grau d'humitat. De la mateixa manera Schweingruber (Schweingruber 1990b) posa èmfasi en les combustions ràpides i a altes temperatures per explicar la fusió de les estructures anatòmiques. Amb tot, podem dir que els processos de vitrificació que afecten els carbons són avui un interrogant sense resposta clara.

Ja en el si del sòl, el carbó pot experimentar diferents processos mecànics relacionats amb els processos erosius o amb l'acció de les arrels. Aquestes poden provocar la fragmentació, fent-ne més difícil la seva identificació. Un altre exemple dels processos postcombustió és la introducció de sediment en l'estructura del carbó. Tot i el procés de rentat que reben els carbons durant el procés de laboratori per ser aïllats, els sediments incrustats en les estructures poden dificultar-ne l'observació i fer-ne més complicada la determinació taxonòmica. A continuació es mostren algunes imatges de detall de les estructures anatòmiques de diversos tàxons preses amb un microscopi electrònic de rastreig *Itachi S-570* (figures 3.14 a 3.23) seguides de les taules amb l'antracomassa específica taxonòmica (AST) per cada punt de mostreig (taules 3.2 a 3.9).

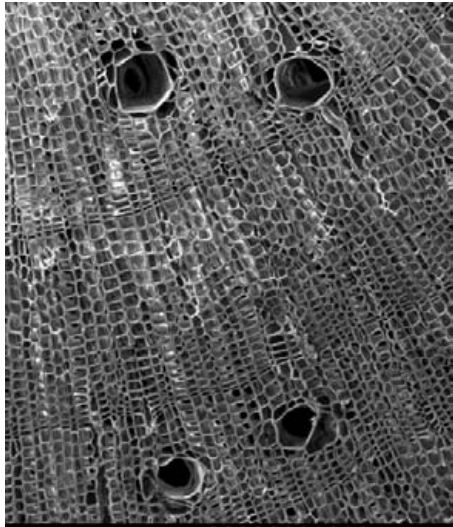
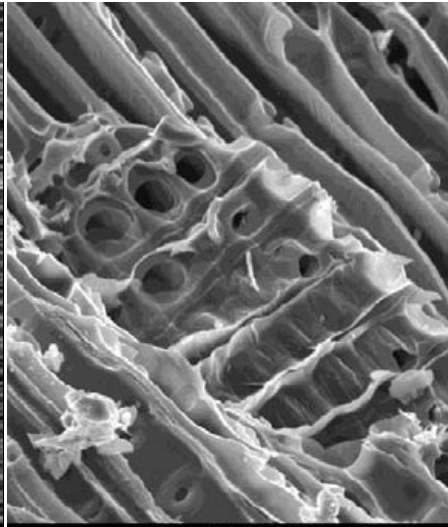


Fig. 3.14 301297 15KV 150um



301200 15KV 30um

Fig. 3.15

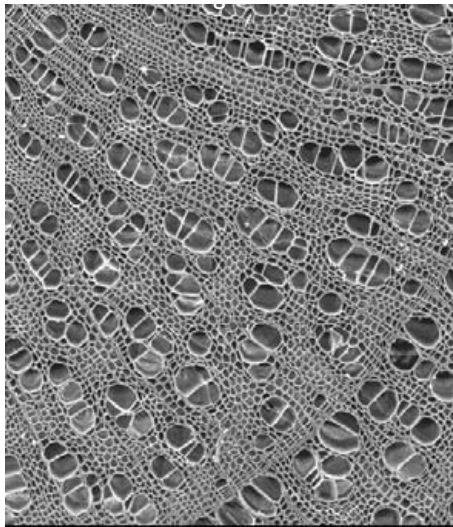
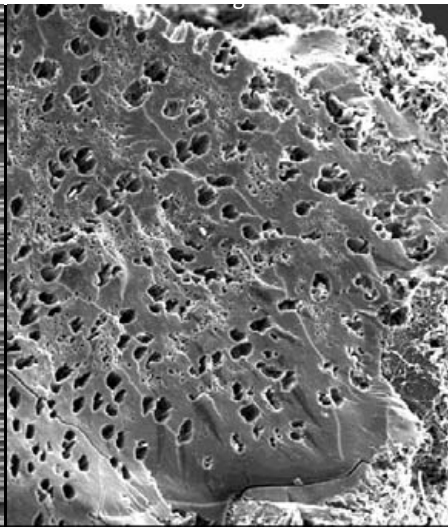


Fig. 3.16 301204 15KV 200um



301215 15KV 150um

Fig. 3.17

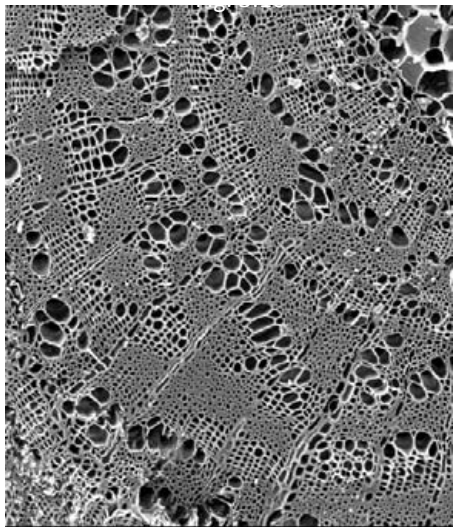
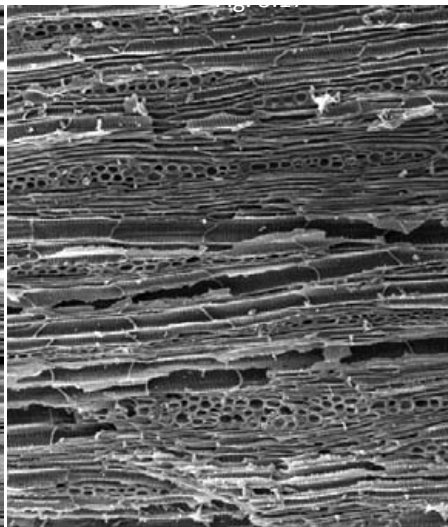


Fig. 3.18 301286 15KV 150um



301289 15KV 150um

Fig. 3.19

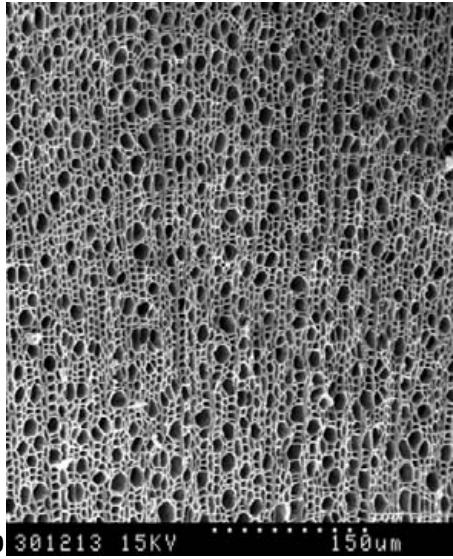


Fig. 3.20

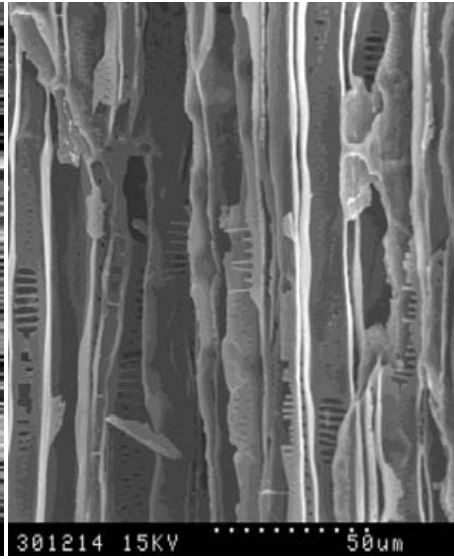


Fig. 3.21

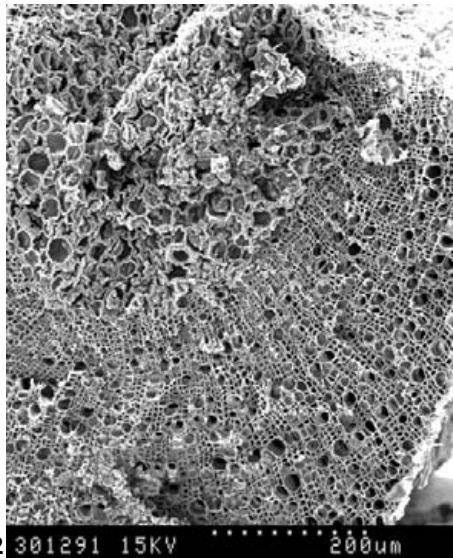


Fig. 3.22

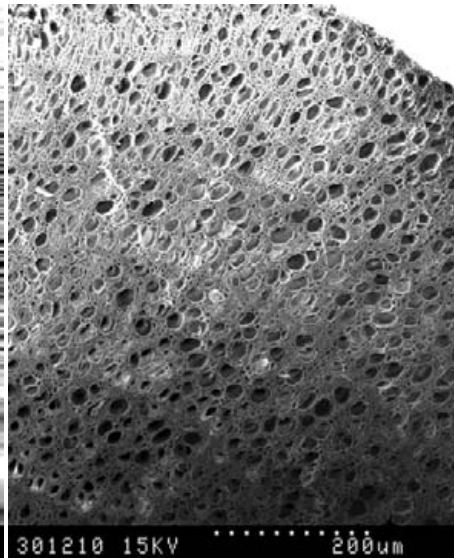


Fig. 3.23

- Figura 3.14. Secció transversal de *Pinus sylvestris/uncinata*
- Figura 3.15. Secció radial de *Pinus sylvestris/uncinata*
- Figura 3.16. Secció radial de *Betula sp.*
- Figura 3.17. Fragment vitrificat
- Figura 3.18. Secció transversal de *Genista balansae*
- Figura 3.19. Secció longitudinal de *Genista balansae*
- Figura 3.20. Secció transversal de *Rhododendron ferrugineum*
- Figura 3.21. Secció radial de *Rhododendron ferrugineum*
- Figura 3.22. Secció transversal de *Calluna vulgaris*
- Figura 3.23. Secció transversal de *Vaccinium myrtillus*

Udes 1	<i>Pinus silvestrys/uncinata</i>	<i>Betula sp</i>	<i>Genista balansae</i>	Ericacea	Vitrificats	No identificats	ASN	ASG
V	132,06	-	1,13	2,27	-	13,04	148,50	
IV	30,57	-	40,76	3,28	18,93	8,73	102,27	
III	23,54	0,38	20,13	11,39	6,84	12,15	74,43	
II	16,51	-	5,50	-	14,93	7,86	45,59	
I	12,77	1,28	43,41	1,28	7,66	19,15	85,55	106,12

Taula 3.2. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Udes 1

Plaus 1	<i>Pinus silvestrys/uncinata</i>	<i>Betula sp</i>	<i>Genista balansae</i>	Ericacea	Vitrificats	No identificats	ASN	ASG
VI	59,86	3,66	113,32	19,19	0,91	72,66	269,70	
V	233,76	-	11,16	6,14	89,27	83,69	424,01	
IV	368,36	-	-	-	11,20	12,88	392,43	
III	276,28	-	24,31	56,00	7,92	8,45	372,95	
II	194,93	-	5,03	3,87	11,60	12,38	227,80	
I	3,57	-	16,43	-	23,58	5,00	48,59	293,17

Taula 3.3. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 1

Plaus 4	<i>Pinus silvestrys/uncinata</i>	<i>Betula sp</i>	<i>Genista balansae</i>	Ericacea	Vitrificats	No identificats	ASN	ASG
VII	58,87	-	2,64	18,01	10,10	21,53	111,15	
VI	141,47	-	1,21	36,97	3,22	6,43	189,30	
V	10,51	0,40	36,79	19,00	22,24	44,48	133,43	
IV	360,91	-	-	-	97,48	57,99	516,38	
III	39,95	-	-	0,62	-	1,87	42,44	
II	0,58	-	-	0,58	-	-	1,16	
I	0,59	-	-	-	-	-	0,59	140,95

Taula 3.4. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 4

Plaus 6	<i>Pinus silvestrys/uncinata</i>	Ericacea	Vitrificats	No identificats	ASN	ASG
V	21,47	2,86	17,89	2,86	45,08	
IV	5,51	-	2,00	5,01	12,52	
III	2,00	-	-	0,67	2,67	
II	7,42	-	-	0,74	8,16	
I	5,15	-	-	0,74	5,89	14,60

Taula 3.5. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 6

Plaus 8	<i>Pinus silvestrys/uncinata</i>	Ericacea	Vitrificats	No identificats	ASN	ASG
VI	2,82	1,88	2,82	20,66	28,18	
V	10,69	-	5,63	19,69	36,01	
IV	-	-	-	2,70	2,70	
III	-	-	-	0,84	0,85	
II	-	-	-	-	-	
I	-	-	-	-	-	16,17

Taula 3.6. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Plaus 8

Mont 2	<i>Pinus silvestrys/uncinata</i>	Vitrificats	No identificats	ASN	ASG
IV	0,98	1,96	12,71	15,64	
III	-	4,04	-	4,04	
II	-	7,33	-	7,33	
I	-	-	-	-	8,70

Taula 3.7. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Mont 2

Mont 4	No identificats		
	No identificats	ASN	ASG
VI	-	-	-
V	-	-	-
IV	2,18	2,18	-
III	-	-	-
II	-	-	-
I	-	-	0,0012

Taula 3.8. Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Mont 4

Mont 5	Ericacea	No identificats		
		No identificats	ASN	ASG
IV	0,52	-	0,52	
III	0,74	-	0,74	
II	1,08	1,08	2,16	
I	-	-	-	0,95

Taula.3.9.Antracomassa específica taxonòmica (AET) del punt de mostreig Mont 5

El resultat de les identifikacions ens mostren com el tàxon arboris són presents en tots els punts de mostreig menys en Mont 4 i Mont 5. El *Pinus* és el tàxon protagonista sobre tot el conjunt d'espècies arbòries i sobre el total de carbons identificats. En tots els punts de mostreig on apareix suposa més del 50% del total dels carbons identificats.

Betula sp. és l'altre tàxon arbori que ens apareix en el si del transecte. La seva presència queda reduïda als tres punts de mostreig de menor altitud i la seva antracomassa no supera en cap cas el 2% del total d'antracomassa per nivell mostrejat.

Pel que fa als arbustos veiem que, si bé les ericàcies s'estenen pel total del transecte, la *Genista balansae* la trobem acotada en els tres punts de mostreig de menor altitud (1.996 -2.200 m). Tot i que en el punt Plaus 4 la seva presència queda un xic més minvada, en els dos primers punts de mostreig la troben representada en quasi tots els nivells. En tres d'aquests la seva presència és alta i ronda el 50% dels carbons identificats.

Els carbons no identificats, incloent també els vitrificats, són presents en tots els punts de mostreig i el seu pes augmenta amb l'altitud. Si bé en els punts de mostreig Udes 1 i Plaus 1 suposen el 23% i el 17% respectivament del total de carbons del perfil, aquest percentatge s'eleva fins a arribar al 96% en el punt Mont 2 o fins i tot al 100% en el cas del punt Mont 4. De forma específica, els carbons vitrificats també són presents en quasi tot el transecte exceptuant els dos punts de mostreig de major altitud.

A tall de resum d'aquesta breu descripció dels resultats de les identifications taxonòmiques podem dir que els punts de mostreig presenten característiques ben diferenciades i que aquests es produeixen de forma gradual a mesura que varia l'altitud.

3.1.4.4. Datació

En la taula 3.10 es pot veure els resultats de les datacions realitzades. S'han datat un total de 13 fragments de carbó a partir del ^{14}C mitjançant AMS (Accelerator Mass Spectrometry) en els laboratoris de *Beta Analytic* (Miami, USA). Les dates han estat calibrades amb el programa Calib versió 6.0.1 realitzat a partir de la base de dades Intcal09.14c (Reimer *et al.* 2009) i amb desviació estàndard de 2σ (95% de probabilitat). En el quadre els resultats apareixen organitzats per altitud (de menor a major) i dins de cada punt per nivell de profunditat (de més profund a més superficial).

La quantitat de massa dels fragments de carbó ha estat el primer dels factors limitant a l'hora de datar els carbons, donat que el pes mínim que exigia el laboratori per garantir la precisió de la datació era de 10 mg.

Codi	dades	Profunditat	Identificació	Altitud	Edat BP	Edat calibrada Calib 6.0.1 (2 σ) (Intcal09.14c) P: probabilitat
UDES1N1PINUS	Udes1, NI	40-50	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	1.996	9210 \pm 50	10248-10505 cal. BP P=1
UDES1N1PINU2	Udes1, NI	40-50	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	1.996	8730 \pm 40	9555-9831 cal. BP P=0.93
UDES1N2GENIS	Udes1, NII	30-40	<i>Genista balansae</i>	1.996	840 \pm 40	679-799 cal. BP P=0.90
PLAU1N2PINUS	Plaus1, NII	40-50	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.050	2350 \pm 40	2310-2491 cal. BP P=0.95
PLAU1N4PINUS	Plaus1, NIV	20-30	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.050	2370 \pm 40	2331- 2494 cal. BP P=0,92
PLAU1N5PINUS	Plaus1, NV	10-20	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.050	1170 \pm 40	975- 1179 cal. BP P=0,99
PLAU1N6PINUS	Plaus1, NVI	0-10	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.050	2440 \pm 40	2355- 2547 cal. BP P=0,64
PLAU4N4PINUS	Plaus4, NIV	30-40	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.200	9450 \pm 50	10557-10796 cal. BP P=0,91
PLAU4N4PINU2	Plaus4, NIV	30-40	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.200	9320 \pm 40	10403-10608 cal. BP P=0,92
PLAU4N5GENIS	Plaus4, NV	20-30	<i>Genista balansae</i>	2.200	2020 \pm 40	1883-2065 cal. BP P=0,96
PLAU4N5PINUS	Plaus4, NV	20-30	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.200	1960 \pm 40	1856-1992 cal. BP P=0,91
PLAU4N6PINUS	Plaus4, NVI	10-20	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.200	2230 \pm 40	2152-2336 cal. BP P=1
PLAU6N1PINUS	Plaus6, NI	40-60	<i>Pinus sylvestris/uncinata</i>	2.300	1150 \pm 40	970-1172 cal. BP P=1

Taula 3.10. Datacions radiocarbòniques dels carbons del sòl, classificades per punt de mostreig i profunditat.

Després d'aquesta limitació tècnica, la identificació taxonòmica ha sigut el criteri principal per escollir els carbons a datar. En un primer moment es va escollir datar carbons de *Pinus* ja que, en ser l'espècie arbòria majoritària i que arriba a major altitud al Pirineu ens seria imprescindible per poder observar l'evolució del límit superior del bosc. Altrament també es van datar carbons de *Genista balansae* per tal d'indagar en la gestió

de l'espai. El bàlec juga un paper clau en la cadena successòria després de la crema de les pinedes en aquestes àrees de muntanya. La gestió tradicional d'aquests espais implica la crema d'aquest arbust per tal de conservar les zones de pastura que colonitza.

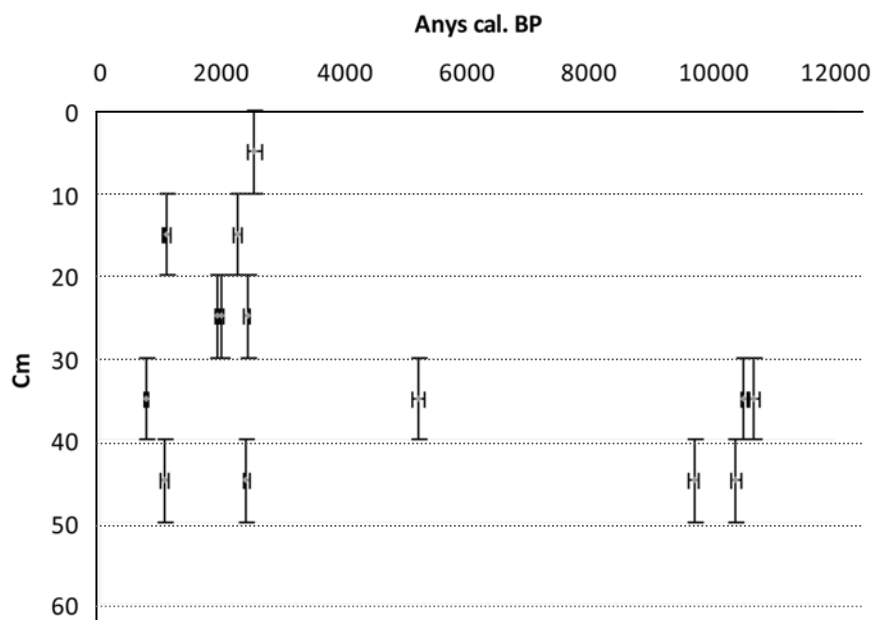


Figura 3.24. Relació entre la profunditat i l'edat del carbons del sòl datats.

3.1.4.5. Síntesi dels resultats

En aquest apartat es troben les gràfiques de síntesi de les dades obtinguts mitjançant l'anàlisi pedoantracològica. En les gràfiques apareixen el resultat de l'aïllament, identificació i datació dels carbons del sòl.

Llegenda:

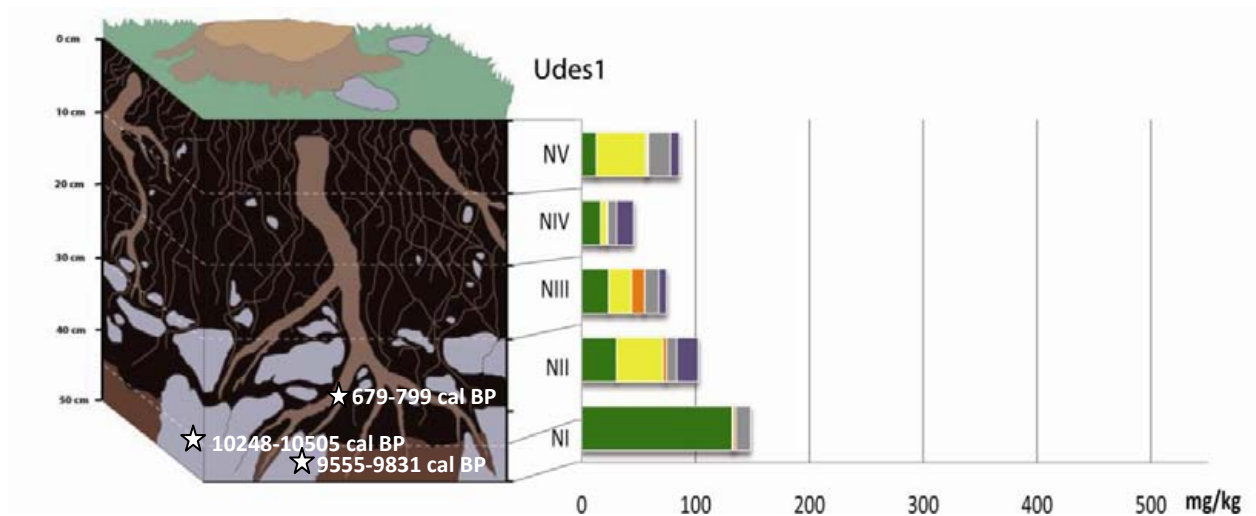


Figura 3.25. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Udes 1

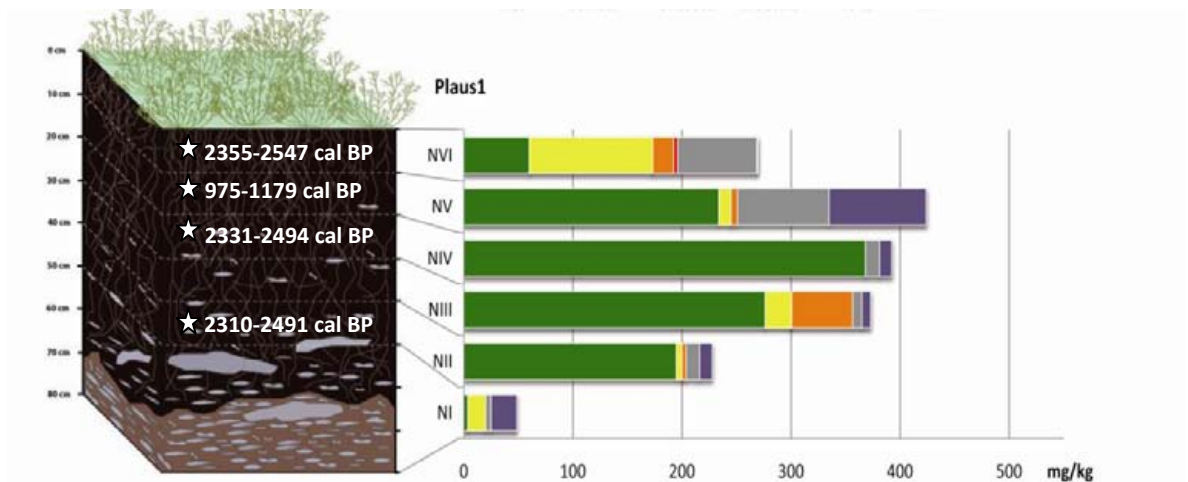


Figura 3.26. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 1

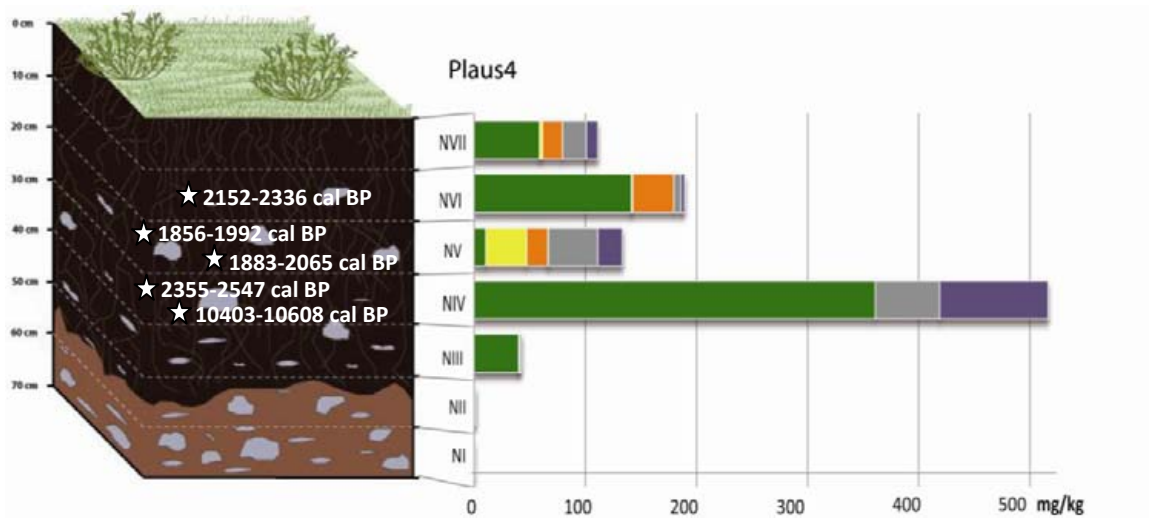


Figura 3.27. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 4

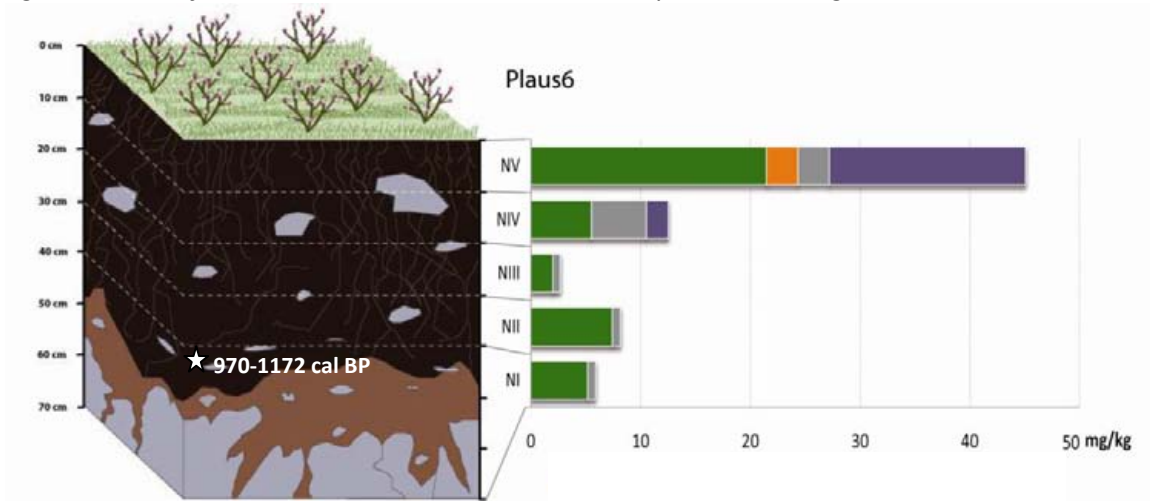


Figura 3.28. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 6

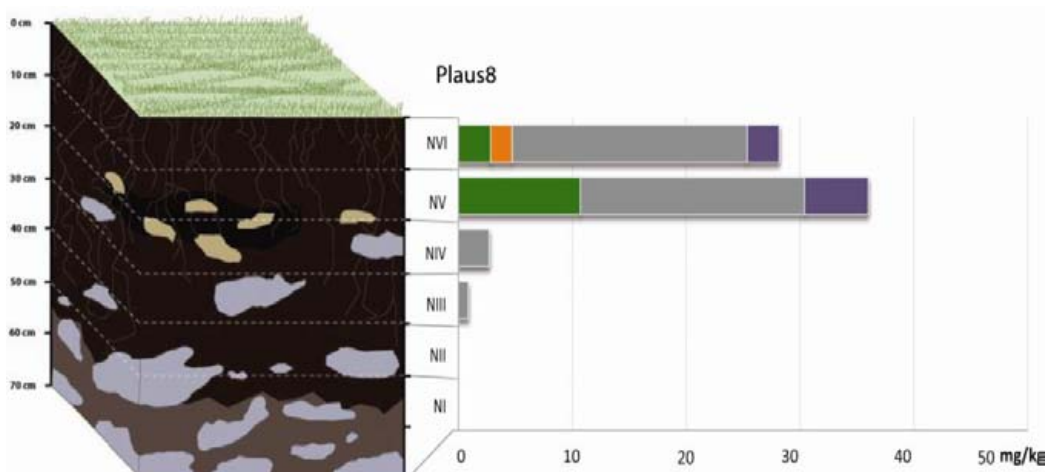


Figura 3.29. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Plaus 8

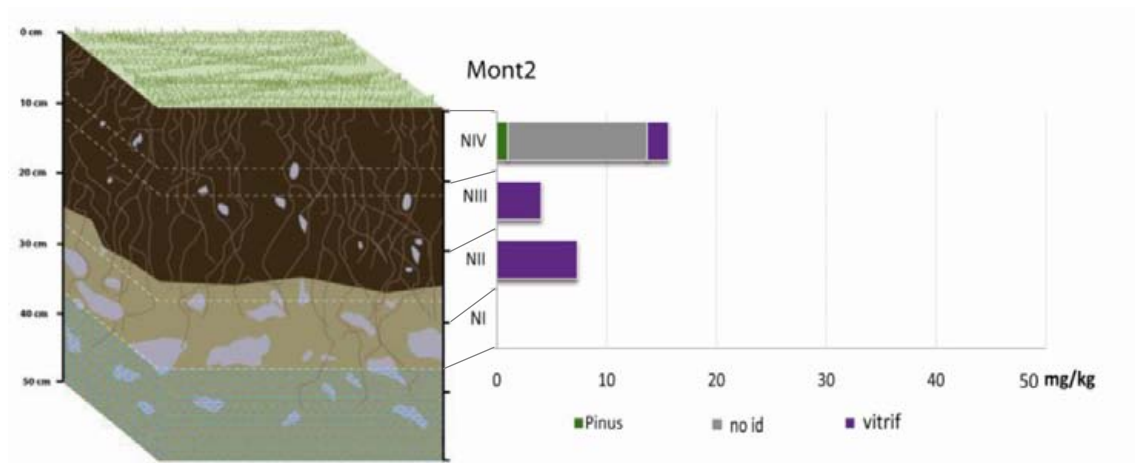


Figura 3.30. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Mont 2

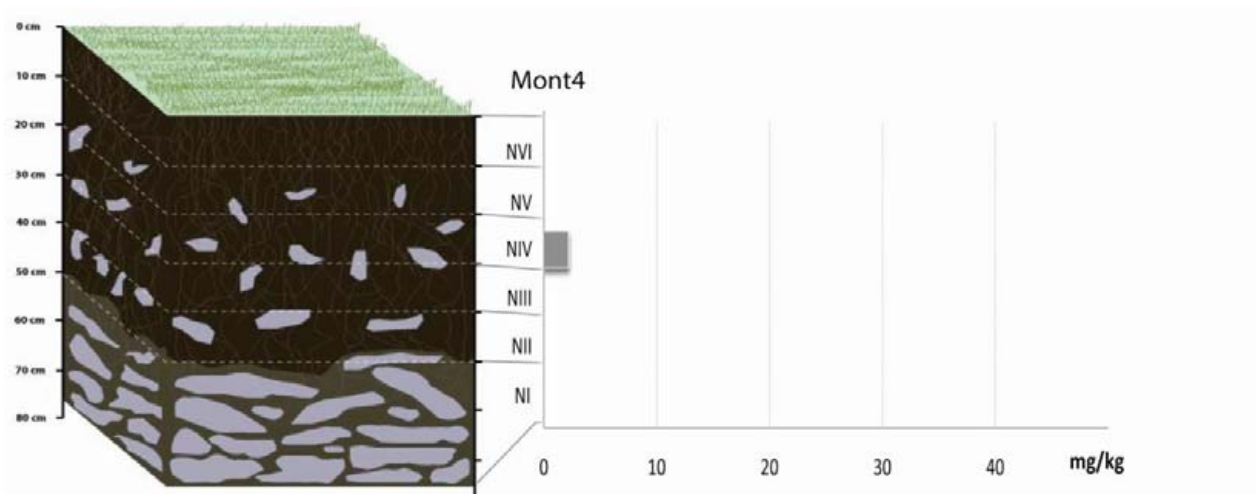


Figura 3.31. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Mont 4

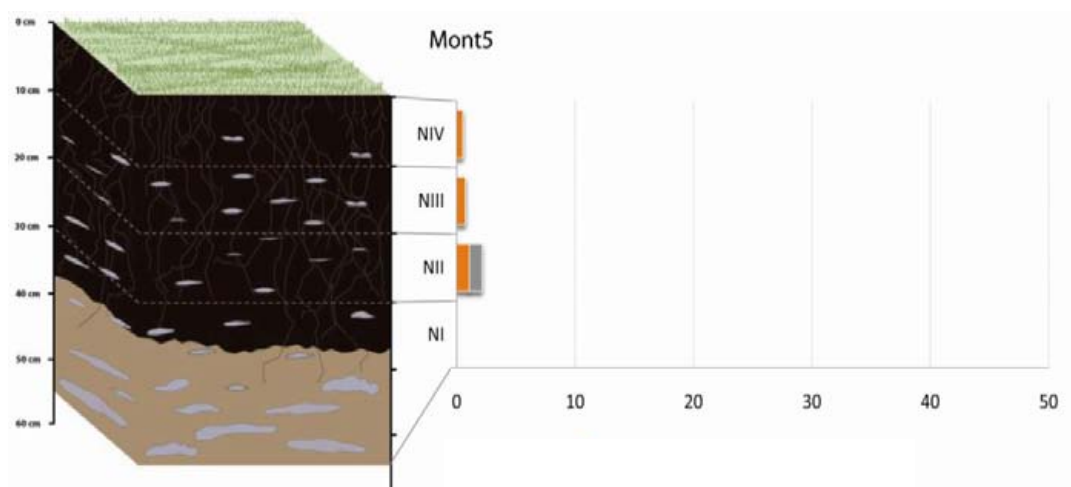


Figura 3.32. Gràfica de síntesi dels resultats de l'anàlisi pedoantracològica, Mont 5

3.2. Testimonis sedimentaris: anàlisi pol·línica i dels carbons

En les següents pàgines es presenten les anàlisis paleobotàniques realitzades a dos testimonis sedimentaris recollits en dos punts de l'àrea d'estudi: la torbera d'Estanilles (antic llac reblert) i la torbera ombrotrofica de Montarenyo.

El dipòsits sedimentaris ens ofereixen una seqüència que, si és ben conservada, ens aporta una informació temporal contínua i detallada. Juntament amb els sediments, que per si sols ja són una font d'informació, les conques recullen d'altres elements, com pol·len i carbons, que arriben als dipòsits a través de la circulació superficial de l'aigua o per transport aeri o que simplement es generen in situ. Aquestes partícules es dipositen en les capes i ens aporten informació ambiental de cada moment convertint així els dipòsits sedimentaris en autèntics arxius ambientals, donada la capacitat de conservació dels medis anòxics

En aquesta recerca s'han dut a terme dos tipus d'anàlisi en dues conques sedimentaries de l'àrea d'estudi: anàlisi pol·línica i anàlisi dels carbons. La seva informació ha de completar i contextualitzar aquella informació aportada per la pedoantracologia, la metodologia central d'aquesta recerca.

3.2.1. Descripció, sondeig i mostreig dels testimonis sedimentaris

El mostreig s'ha realitzat en dos medis torbosos del petit sistema glaciolacustre que trobem a la vessant sud de la superfície d'aplanament de Montarenyo. Aquesta zona presenta un relleu esglaonat característic fruit de l'erosió glacial i format per diferents circs i petites cubetes de sobreexcavació glacial. En tota la zona trobem un substrat àcid format per esquistos quarsítics i fil·lites. Les seves aigües són tributàries del riu de Sant Miquel i posteriorment de la Noguera de Cardós. Les dues cubetes mostrejades són

l'estany d'Estanilles i l'estany de Montarenyo (vegeu les figures 3.33 i 3.34). Ambdues cubetes són properes i fins i tot la població local els anomena de forma conjunta com els "estanyets d'Estanilles" (Sudrià i Andreu 2003).

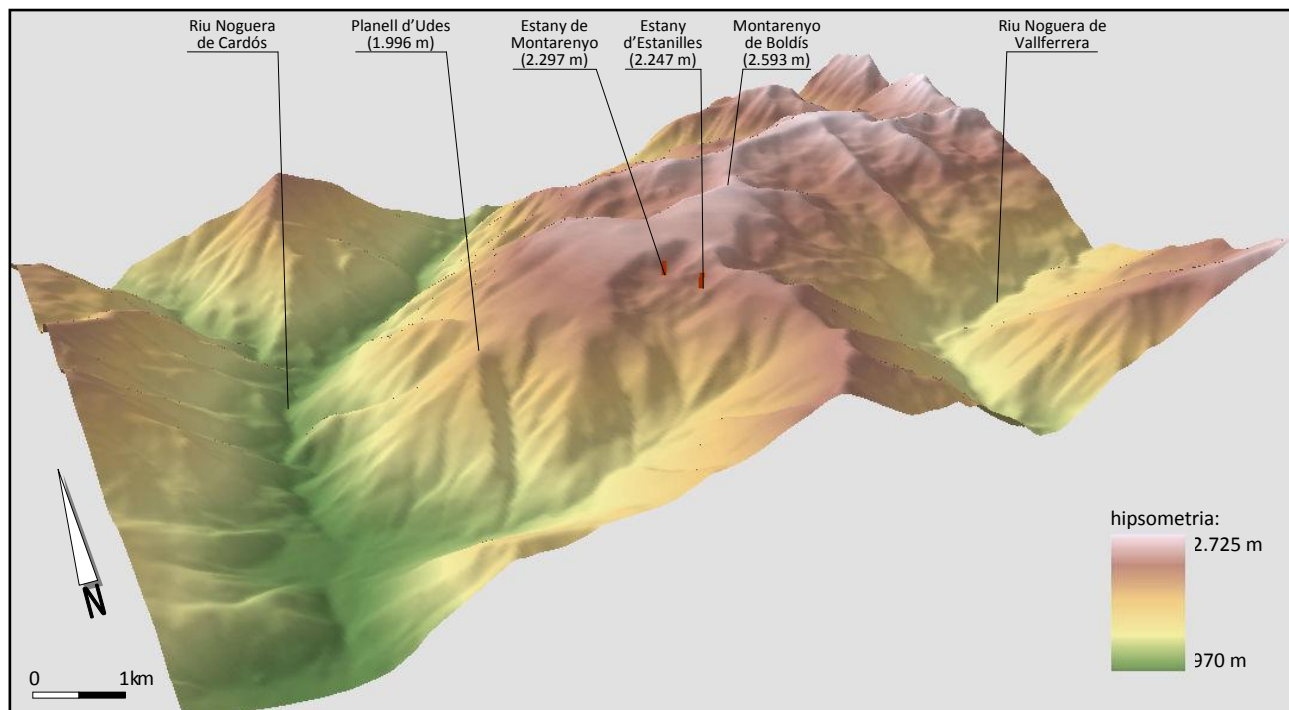


Figura 3.33. Imatge 3D amb el punts de mostreig dels testimonis sedimentaris

3.2.1.1. Estany d'Estanilles

L'estany d'Estanilles és un llac, actualment reblert, fruit de l'erosió glacial a la vessant sud de la superfície d'aplanament de Montarenyo. En el present funciona com una torbera coberta parcialment per una prima làmina d'aigua només de forma estacional (figura 3.34). Es troba a 2.247 m d'altitud en una cubeta de sobreexcavació glacial relativament circular de 2.328 m², coronat pel turó de Racó Roi (2.477 m). No rep aportacions hídriques d'estanys o torberes superiors en altitud i funciona, bàsicament, com a conca de recepció torrencial i de desgel.

Les coordenades de localització són E 360298,87, N 4720807,34 (ED50 UTM 31N); Longitud: 01° 17' 42,9" Latitud: 42° 37' 30,7" (ETRS89 Geodèsiques).

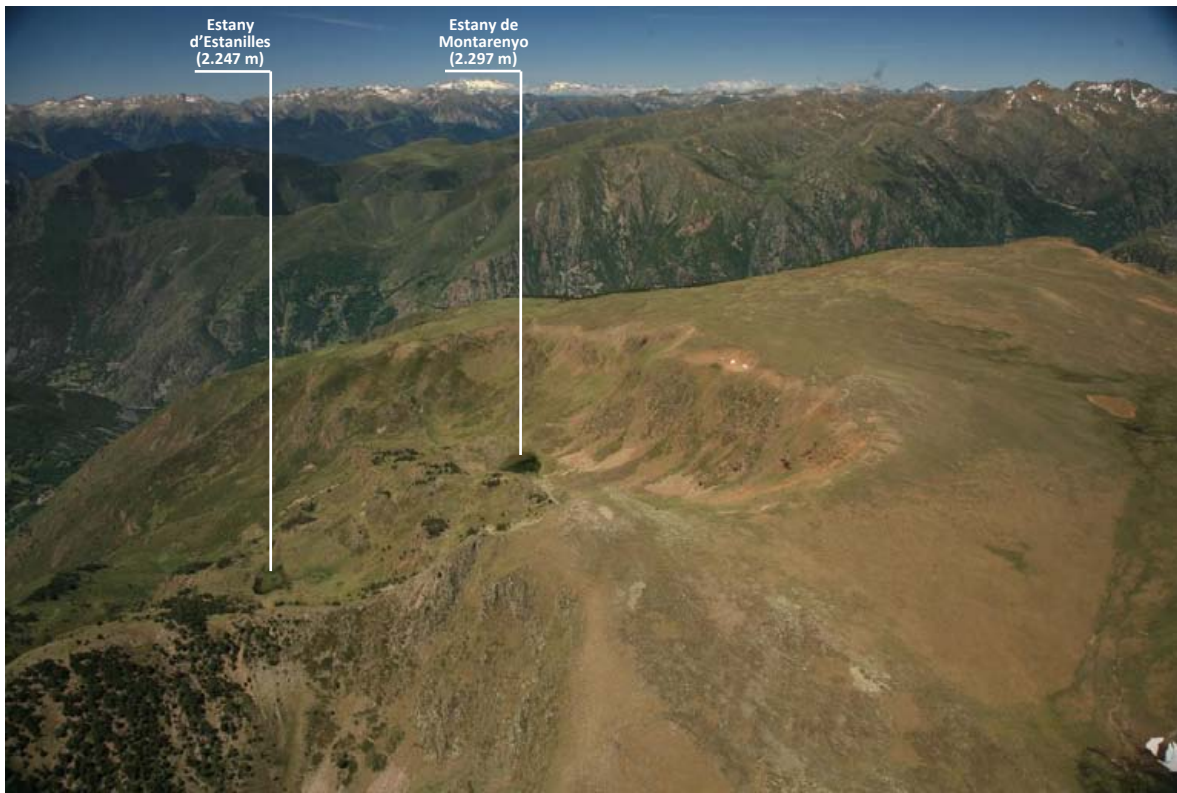


Figura 3.34. Estanys de mostreig dels testimonis sedimentaris. Estanilles i Montarenyo.

En la vessant més meridional i oberta de la cubeta trobem una vegetació herbàcia bàsicament formada per *Festuca* sp. i algunes plantes de neret (*Rhododendron ferrugineum*) a l'obaga i bàlec (*Genista balansae*) a solana. Els pins negres (*Pinus uncinata*) apareixen formant petites illes en les àrees de carena i en afloraments rocosos o com a individus aïllats en la resta de la cubeta. En la vessant nord de la cubeta el relleu escarpat i les tarteres que l'envolten només deixen pas una vegetació rupícola i algun individu aïllat de pi negre.

A la vessant nord-oest de la cubeta trobem una construcció formada per una cabana de pastor i una pleta, ambdues actualment en ruïnes.

El sondeig es va realitzar el dia set de juliol de 2009 mitjançant la sonda mecànica *Eijkelkamp* amb martell percussor. En total es van realitzar 5 extraccions de les qual es va

analitzar un registre sedimentari de 277 cm de longitud. En la figura 3.35 es pot veure el punt concret d'extracció en el si de la torbera.

El mostreig de la columna sedimentària, així com la descripció sedimentològica, es va dur a terme al Laboratori de Geografia Física del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Es van mostrejar els primers 146 cm cada 1 cm, dels quals es van analitzar un total de 73 mostres amb un interval de 2 cm.



Figura 3.35. Estany d'Estanilles amb el punt de mostreig indicat

3.2.1.2. Torbera ombrotròfica de Montarenyo

L'estany de Montarenyo es troba situat a 2.292 m d'altitud en una cubeta allargassada de 3.690 m², abocada cap a l'oest. Aquesta àrea es coneguda com a Clot Roi. L'estany és poc profund però permanentment cobert d'aigua (figura 3.36).

Les coordenades de localització de l'estany són E 360084,87, N 472112,34 (ED50 UTM 31N); Longitud: 01° 17' 33,2" Latitud: 42° 37' 40,9" (ETRS89 Geodèsiques). Les

mostres d'esfagne es van extreure de la mollera ombrotòfica formada en la zona d'evacuació de l'estany.



Figura 3.36. Estany de Montarenyo amb el punt de mostreig indicat

A diferència de les torberes sedimentàries, una torbera ombrotòfica es forma pel creixement d'una molsa (en aquest cas *Sphagnum capillifolium*) amb un règim hidrològic i un subministre nutricional aportats exclusivament de la precipitació atmosfèrica i el pol·len que s'hi captura hi arriba únicament per transport eòlic.

La vegetació herbàcia, *Festuca eskia*, és la dominant al voltant de l'estany. Altrament també trobem zones cobertes de bàlec (*Genista balansae*) al vessant de solana i de ginebró (*Juniperus communis*) a les parts més altes de la cubeta. El pins són quasi inexistent en la cubeta i només se n'observen a la carena meridional.

El sondeig es va realitzar en primera instància el dia 3 d'agost de 2009, tot extraient 9 registres mitjançant l'enfonsament manual de tubs de PVC de 5 cm de diàmetre i 50 cm longitud. Havent constatat la necessitat de comptar amb un diàmetre superior amb la

finalitat de poder fer-ne diferents anàlisis, el dia 10 d'octubre de 2009 es va procedir a l'extracció de dos registres més, aquest cop amb un diàmetre de 10 cm, dels qual es va analitzar un amb el codi MONT-B, de 48,5 cm de longitud.

El testimoni va ser transportat al laboratori de Geografia Física del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma de Barcelona on es va conservar refrigerat. El mostreig es va realitzar el dia 18 de març de 2010 amb la col·laboració del Dr. Ramon Julià de l'Institut Jaume Almera de Barcelona (CSIC). Es va procedir a la descripció de la columna i el mostreig de cada 1 cm mitjançant el *Grampeat* (vegeu la figura 3.37). El resultat va ser la generació de 45 mostres destinades a l'anàlisi pol·línica i l'anàlisi dels carbons, reservant una part de cada mostra per a les possibles datacions, així com per a una futura anàlisi de metalls i una posterior datació de tot el registre mitjançant ^{210}Pb



Figura 3.37. Mostreig de laboratori mitjançant el Grampeat

3.2.2. Datacions

Per a la definició de la cronologia de les seqüències sedimentàries analitzades, van realitzar-se un total de 15 datacions radiocarbòniques obtingudes a partir de material torbós

o macrorestes vegetals. Aquestes van ser datades a partir de ^{14}C mitjançant AMS (Accelerator Mass Spectrometry) en els laboratoris de *Beta Analytic (Miami, USA)*. Les dates han estat calibrades amb el programa Calib versió 6.0.1 basat en la base de dades Intcal09.14c (Reimer et al. 2009) i una desviació estàndard del 2σ (95% de probabilitat).

Els models cronològics a partir de les datacions van ser generats mitjançant la interpolació lineal de les datacions en el si del perfils.

3.2.3. Metodologies emprades

3.2.3.1. Anàlisi pol·línica

La palinologia té com a objecte d'estudi el grans del pol·len i les espores. Ambdós formen part del procés reproductiu de les plantes i per dur terme la seva funció han de desplaçar-se a través de l'aire o bé transportats per animals, sobretot insectes. Un cop dipositats sobre qualsevol superfície poden ser arrossegats, ja sigui per trascol, per escolament cortical o per escolament superficial i d'aquesta forma anar a parar a un dipòsit sedimentari amb condicions anòxiques que els pot conservar en les seves capes durant milers d'anys. Aquest fet és degut a l'exina, una paret que protegeix els grans de les agressions físiques i químiques a excepció de l'oxidació (Esteban et al. 2003). La posterior determinació taxonòmica i el comptatge en clau estratigràfica dels grans de pol·len i les espores retinguts en aquests sistemes sedimentaris ens ofereix una informació bàsica de la dinàmica diacrònica del paisatge vegetal.

En aquesta recerca la palinologia ens aporta una informació contínua i de llarg recorregut de les dinàmiques del paisatge vegetal de l'alta muntanya. L'abast temporal és el mateix que en el cas de la pedoantracologia i aquest fet ens permet completar i comparar informacions. Altrament, la continuïtat espacial dels testimonis sedimentaris ens permet tenir dades amb una gran resolució temporal. D'aquesta manera és complementa la informació temporalment intermitent oferta pels carbons del sòl. Per últim, el pol·len ens ofereix una informació regional que va més enllà de les dinàmiques

dels tàxons llenyosos i ens acosta al coneixement del conjunt de la vegetació de la zona. Aquestes informacions ens ajuden a interpretar i dóna context a aquells canvis que succeeixen en el límit superior del bosc.

a) Anàlisi físico-química

El tractament físico-químic de les mostres va ser realitzar per Isabel Expósito al laboratori de Palinologia de l'Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES) de Tarragona, seguint de forma general el protocol establert per Burjachs (1990), el qual es basa en els procediments de Goeury i Beaulieu (1979)

Per dur a terme l'aïllament del pol·len (vegeu l'annex 2), en un primer moment la quantitat de mostra escollida (5-10 g) s'ha filtrat i tot seguit el material és centrifugat i decantat amb diferents reactius per tal d'atacar els carbonats (amb HCl), els àcids húmics (amb KOH) i els silicats (amb HF). Com a marcador exòtic s'han inserit espores de *Lycopodium clavatum* contingudes en pastilles calibrades de bicarbonat sòdic. Els resultats d'aquests processos ens ha servit per obtenir un sediment prou reduït per passar a la flotació en licor de Thoulet. Aquest utilitza la densitat dels materials per actuar com a filtre de la mostra i separa les partícules orgàniques de les inorgàniques. Per acabar, a la mostra se li afegeix glicerina pura per conservar i muntar els portaobjectes. Per tal de segellar la mostra s'utilitza DPX en dues capes assegurant així la impermeabilitat de la mostra.

b) Identificació i quantificació

El comptatge del contingut esporo-pol·línic va ser dut a terme pels doctors Ramon Pérez-Obiol, Joan Manuel Soriano i Albert Pèlach amb els microscopis Olympus BX40 i BH2 amb 40x10 augments. Es va utilitzar col·leccions de referència pròpies, les claus de determinació estàndard (Moore et al. 1991b, Moore et al. 1991a) i atles fotogràfics (Reille 1992, 1998).

c) Càlculs i representació dels resultats

Dades percentuals:

La manera més usual d'aparèixer representats els resultats de les anàlisis pol·líniques és aquella que estableix una relació percentual entre els diferents tàxons que componen l'espectre. Al mateix temps, aquesta mena de representació relativa és normalment matisada mitjançant l'exclusió de la suma base utilitzada de certs tàxons considerats locals del medi sedimentari. En aquesta recerca s'han inclòs en la suma base tots els tàxons arboris i no arboris excloent el tàxons locals, hidròfits i higròfits.

Dades de concentració pol·línica:

La taxa de concentració pol·línica ens mostra el nombre de grans de pol·len existents per unitat de massa o volum de sediment (Birks *et al.* 1980). Aquest fet fa possible l'observació independent de l'evolució dels diferents tàxons i de la seva abundància en el sediment. Alhora, aquestes dades absolutes ens permeten observar tendències i concentracions puntuals de certs tàxons que podrien quedar encoberts en el diagrama pol·línic. De la comparació entre dades percentuals i relatives es deriva una aproximació més precisa als canvis en la coberta vegetal i en la paleoecologia de les poblacions (Follieri *et al.* 1989)

La concentració pol·línica ha estat calculada a partir de l'addició d'un marcador exòtic (*Lycopodium clavatum*) a les mostres analitzades (Benninghoff 1962). El càlcul utilitzat per obtenir la freqüència pol·línica absoluta(Q) és aquest:

$$Q = \frac{M \cdot X}{x_M \cdot P}$$

on: **M** = nombre total de marcadors afegits
X = nombre de grans de pol·len comptats
x_M = grans de marcador comptats
P = pes, en grams, de la mostra analitzada

d) Representació de les dades

L'elaboració del diagrama pol·línic s'ha realitzat amb el programa Tilia, versió 1.6.2, i TILIAGRAPH (Grimm 1991). Els tàxons s'han agrupat en arboris, no arboris i exclosos de la suma base.

La zonificació a partir de l'anàlisi de *clusters* s'ha realitzat mitjançant el programa CONISS (Constrained Incremental Sum of Square cluster analysis) (Grimm 1987)

3.2.3.2. Anàlisi dels carbons sedimentaris

L'anàlisi dels macrocarbons i microcarbons en testimonis sedimentaris és una altra *proxi* que ens permet obtenir dades directes de la història del foc a partir de les partícules carbonitzades de biomassa dipositades en un medi sedimentari. Ara bé, el seu desigual dipòsit i la diversa mida de les partícules ens ofereix informacions diferenciades i complementàries d'aquella obtinguda mitjançant la pedoantracologia.

La deposició estratificada del carbons ens ofereix un registre cronològic d'incendis de gran precisió i continuïtat temporal. I aquesta és una de les raons principal per les quals la informació que ens aporta aquesta anàlisi complementa les dades de l'anàlisi pedoantracològica. Com ja s'ha dit anteriorment, en el sòl es produeixen tot un seguit accions que l'allunyen d'ésser un dipòsit estratificat per fases cronològiques. Per tant, per obtenir una informació detallada del marc temporal caldrien un gran nombre de datacions que, per altra banda, tampoc no asseguruen un registre cronològic continu. Paral·lelament, les escales temporals d'ambdues metodologies ens ofereixen una perspectiva de llarga durada que abasta tot el període holocè. Aquest fet ens permet contrastar les mateixes dinàmiques temporals i els episodis claus des d'ambdues *proxis*.

Per altra banda, la quantificació dels carbons ens aproximen al coneixement de la intensitat dels diferents incendis de l'àrea d'influència del dipòsit sedimentari. Per tant, aquests tipus d'anàlisi ens ajuden a caracteritzar els episodis d'incendis registrats per la pedoantracologia.

Hom distingeix entre dues tipologies de carbons, macro i microcarbons, depenent de si la seva mida és superior o inferior a 100 µm (Carcaillet *et al.* 2007, Carcaillet *et al.* 2001a), tot i que aquest llindar varia segons l'autor, per exemple 180 µm (Turner *et al.* 2008) o 200 µm (Ejarque *et al.* 2009). Segons Carcaillet (Carcaillet *et al.* 2001b) els macrocarbons ens ofereixen una informació local lligada a l'àrea d'influència del dipòsit sedimentari. En canvi, el microcarbons, en ser de dimensió més reduïda i, per tant, més fàcils de transportar, en ofereixen una informació de caire regional. En aquesta recerca hem prioritzat l'anàlisi local, i per tant l'anàlisi dels macrocarbons, per tal d'aportar més informació d'aquells incendis enregistrats a partir de la pedoantracologia.

Trobem nombroses metodologies per a l'anàlisi dels carbons sedimentaris (Rhodes 1998, Patterson *et al.* 1987, Vannièrè 2001). Aquí s'ha utilitzat l'emprada per Carcaillet (Carcaillet *et al.* 2001b; Carcaillet *et al.* 2007) (vegeu l'annex 3). Cada 1 cm³ de la mostra ha estat dissolt amb 15% de sodi hipoclorit (NaOCl) i potassi hidròxid (KOH) durant 3 hores sobre un placa calefactora que proporcionés una temperatura de 70°C a la dissolució per tal blanquejar la resta de matèria orgànica. Després de filtrar la mostra amb una malla de 150µm els carbons són comptats mitjançant una lupa binocular (40x). El resultat final és expressat és concentració de carbó (mm²/cm³), que és traduïda a influx de carbó a partir del programa CharAnalysis (Higuera *et al.* 2008) per tal de conèixer la recurrència d'episodis d'incendis. L'anàlisi dels macrocarbons ha estat realitzada per la doctora Marie-Claude Bal al laboratori del Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge (GRAMP).

3.2.4. Resultats

3.2.4.1. Torbera d'Estanilles

a) Descripció litològica

Un total de 6 nivells, que s'han identificat amb xifres romanes de més profund a més superficial, van ser diferenciats en la seqüència sedimentària d'Estanilles.

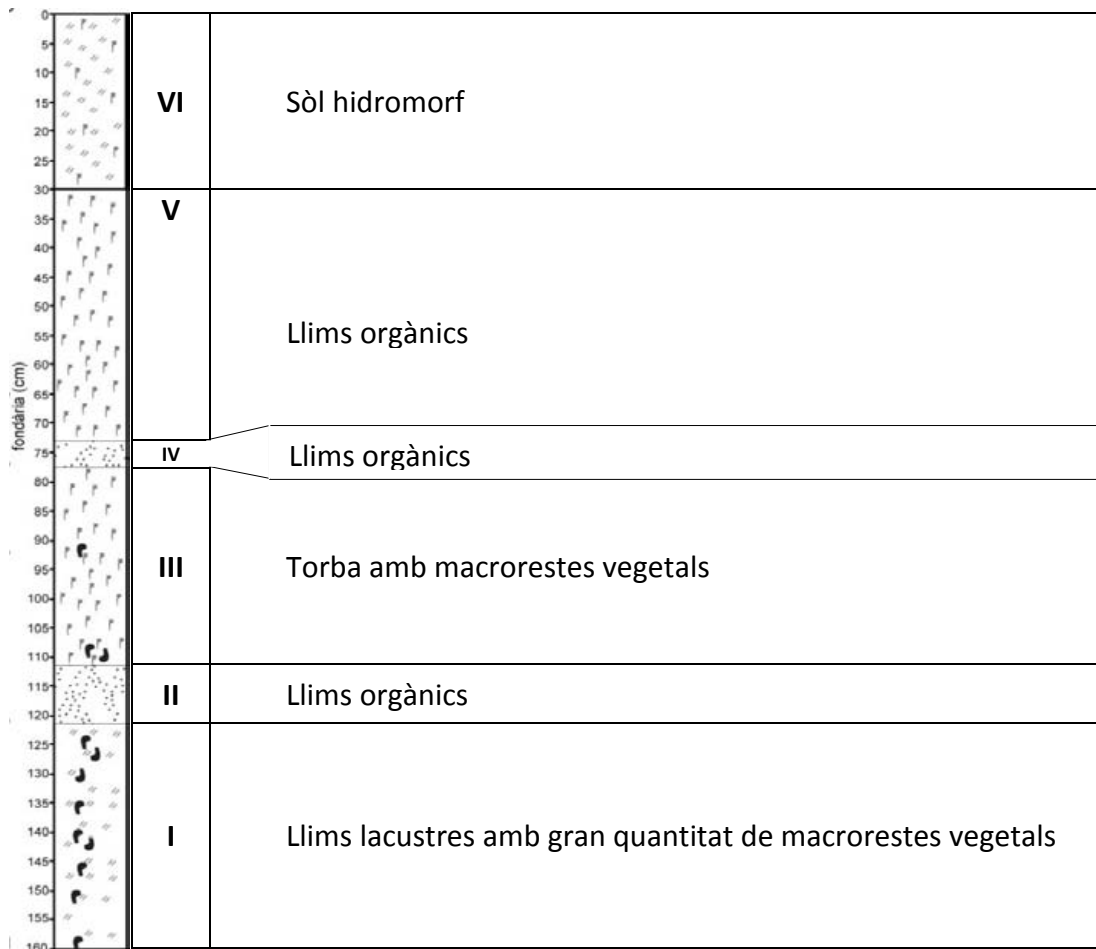


Figura. 3.38. Descripció litològica del perfil del testimoni sedimentari d'Estanilles (EST)

b) Model cronològic

A partir de les onze datacions realitzades en diferents fàcies s'ha generat el model cronològic del registre sedimentari (vegeu la taula 3.11 i la figura 3.39). La seva

interpretació ens permet observar les diferents taxes de sedimentació durant la vida del registre. D'aquesta taxa en derivarà, de forma directa, la resolució temporal de les mostres analitzades.

Codi laboratori	Profunditat de la mostra (cm)	Material datat	edat ¹⁴ C	Edat calibrada Calib 6.0.1 (2σ) (Intcal09.14c) P: probabilitat	Probabilitat mitjana Calib 6.0.1	Edat calibrada CalPal2007 (Hulu)	¹³ C/ ¹² C (‰)
Beta-273254	25	torba	100.7±0.5 pMC	33-253 cal. BP P=1	126	152±90 cal. BP [1798±90 cal. AD]	-28.0
Beta-273255	53	torba	570±40	521-651 cal. BP P=1	598	590±42 cal. BP [1360±42 cal. AD]	-28.1
Beta - 275409	65	torba	1030±40	903-1012 cal. BP P=0.83	948	954 ± 27 cal. BP [996 ± 27 cal. AD]	-27.5
Beta - 275410	77	torba	1950±40	1822-1989 cal. BP P=1	1902	1907 ± 44 cal. BP [43 ± 44 cal. AD]	-26.9
Beta - 278429	87	torba	2900±40	2925-3164 cal. BP P=0.96	3041	3053 ± 69 cal. BP [1103±69 cal. BC]	-26.6
Beta - 278169	87	sediment orgànic	2950±40	2975-3247 cal. BP P=1	3120	3123 ± 71 cal. BP [1173±71 cal. BC]	-26.9
Beta-264256	92	fusta	4500±40	5038-5305 cal. BP P=0.97	5163	5170±92 cal. BP [3220±92 cal. BC]	-25.6
Beta-273256	121	sediment orgànic	6510±40	7322-7494 cal. BP P=1	7429	cal. 7415±47 BP [5465±47 cal. BC]	-26.5
Beta-273257	160	fusta	6870±40	7619-7790 cal. BP P= 1	7702	cal. 7713±40 BP [5763±40 cal. BC]	-25.3
Beta-264257	198	fusta	8320±50	9232-9467 cal. BP P=0.91	9343	cal. 9346±68 BP [7396±68 cal. BC]	-25.3
Beta-264258	247	torba	8780±50	9581-9941 cal. BP P=0.91	9798	cal. 9803±97 BP [7853±97 cal. BC]	-26.0
Beta-264259	266	sediment orgànic	10120±50	11594-11986 P=0.88	11753	cal. 11726±196 BP [9796±196 cal. BC]	-20.2

Taula 3.11. datacions radiocarbòniques de la torbera sedimentària d'Estanilles

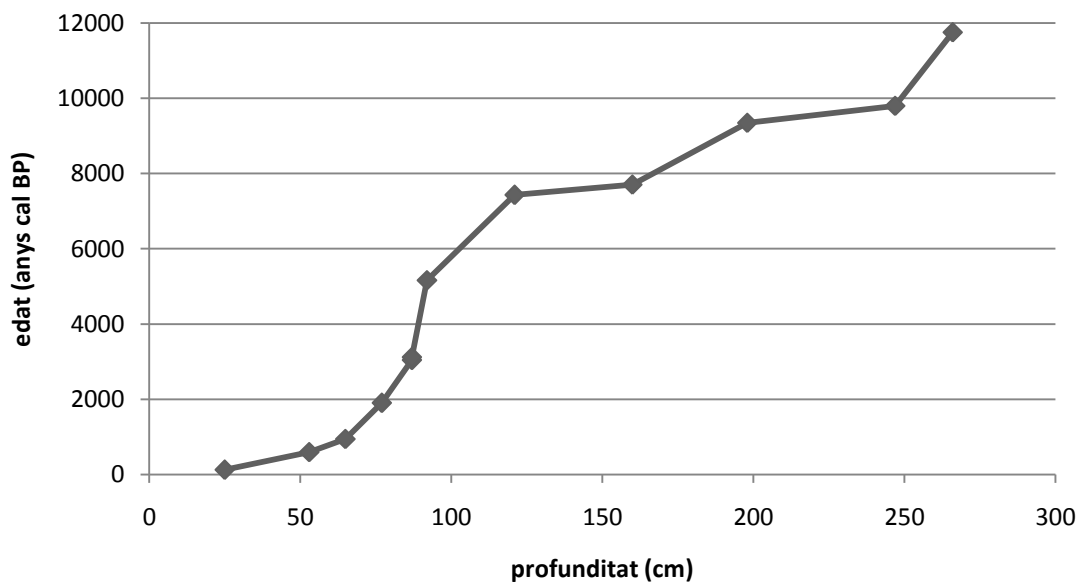


Figura 3.39. Model cronològic del testimoni sedimentari d'Estanilles

c) Diagrama i zonació pol·línica

Pel que fa als resultats pol·línics del testimoni sedimentari extret de la torbera d'Estanilles, a continuació es presenta la interpretació del diagrama pol·línic (figura 3.40) i la descripció de la zonació resultant.

Zona 1 (7600-7430 cal BP)

Aquesta zona es caracteritza per tenir un valor de percentatge pol·línic pròxim al 100% de pol·len arbori (AP). Els tàxons arboris principals són *Pinus* (80%) i *Betula* (5-15%). Aquest fet contrasta amb una presència mínima d'herbàcies, que estan representades feblement per les Poaceae (<5%), i de forma esporàdica per les artemísies i els rumex.

L'estany presenta una gran quantitat d'algues com el *Pediastrum*, l'*Spyrogira* o els *Botryococcus*. Per altra banda, les ciperàcies i el *Sparganium* tenen una presència mínima i hi són poc representats.

Zona 2 (7430-3900 cal BP)

Aquesta zona es caracteritza per la identificació de diferents variables indicadores de perturbacions del sistema forestal i la presència dels primers apophytes. S'ha dividit en dues parts:

Subzona 2a (7430-6563 cal BP)

En aquest subzona s'observa un descens sobtat de *Pinus* (passa d'un 80% a un 60%), una caiguda que va acompanyada de l'ascens d'*Abies* i *Quercus* caducifolis (passen de valors iguals o inferiors al 5 a un 15%), tot i que al final d'aquesta etapa *Pinus* es recupera (passa d'un 60% a un 85%).

Aquestes caigudes de tàxons arboris contrasten amb l'augment de les poàcies (de <5% a 10%). I a més, hi ha l'aparició en el diagrama d'Asteraceae, Chenopodeae i *Plantago*, juntament amb els primers pics significatius d'*Artemisia* a l'inici de la zona.

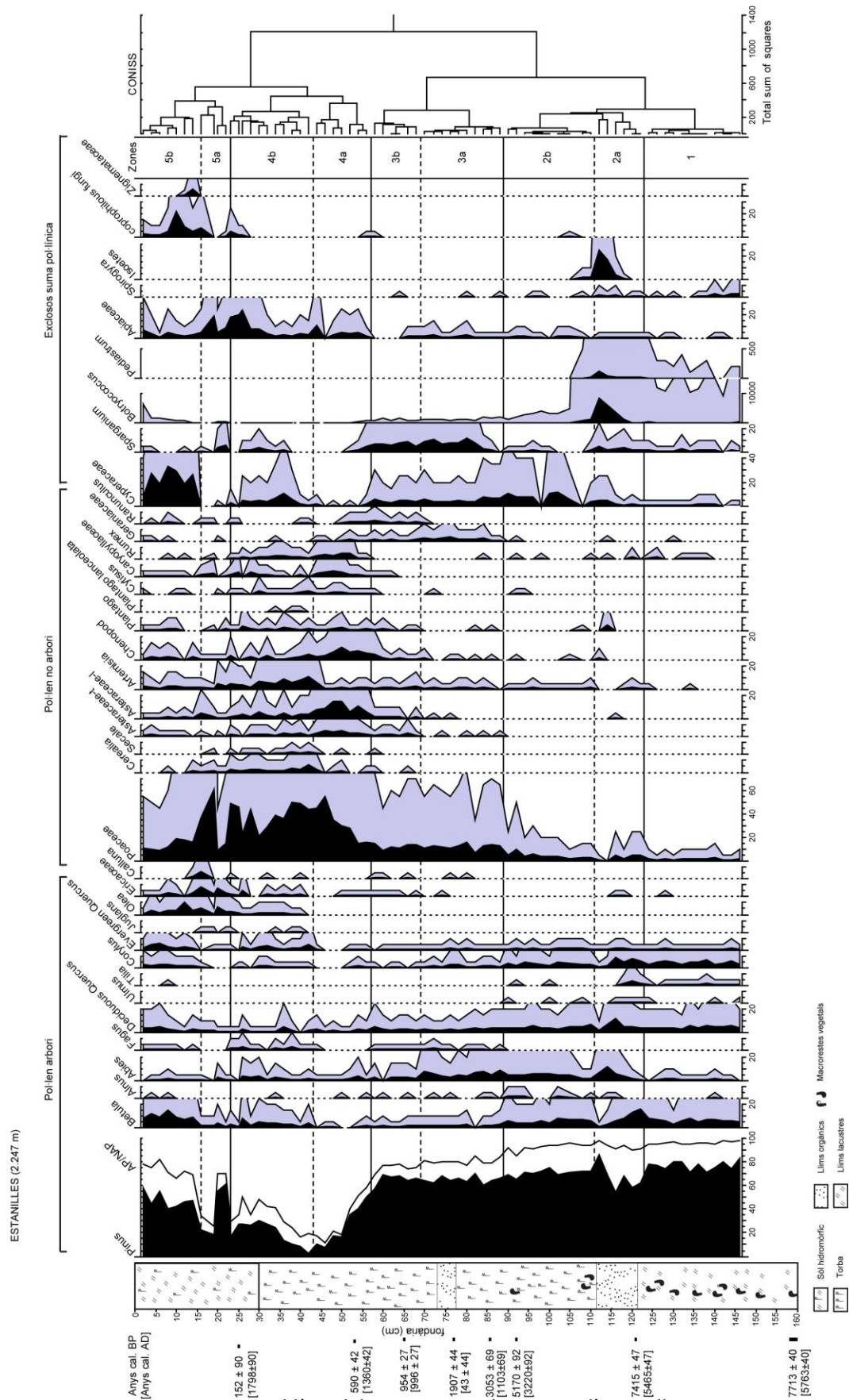


Figura 3.40. Diagrama pol·línic del testimoni sedimentari d'Estanilles

En tota aquesta subzona augmenten significativament el valors d'alguns tàxons exclosos de la suma pol·línica: *Sparganium*, *Botryococcus* i s'ha d'esmentar l'aparició d'isoetes.

Subzona 2b (6563-3900 cal BP)

A la segona subzona el percentatge de *Pinus* passa d'un 85% a un 70%, tot i que des d'un punt de vista de la biomassa, s'ha de tenir en compte que la concentració del pol·len arbori cau des dels 4600 als 1600 pol/g.

En canvi, el creixement les poàcees (d'un 5 a un 10%) és continu. De la mateixa manera que augmenten les ciperàcies (fins a un 15%), hi ha un descens sobtat de les algues i apareixen els fongs copròfils.

Val a dir que el tram final d'aquest zonació, entre el centímetre 92 (5170 cal BP) i el centímetre 87 (3053 cal BP) s'ha identificat una sedimentació palimpsèstica la qual cosa podria estar "emascarant" els resultats del diagrama pol·línic entre aquestes dues datacions, fenomen gens estrany i característic d'aquest tipus d'ambients sedimentaris. Tot i això, la zonació s'ha mantingut respectant les fondàries per la pròpia coherència de la interpretació.

Zona 3 (3900-711 cal BP)

Aquesta zonació es caracteritza per la identificació de diferents bioindicadors clarament relacionables amb les activitats humanes:

Subzona 3a (3900-1.272 cal BP)

En aquesta subzona la caiguda de la concentració pol·línica arbòria és molt acusada i toca mínims (<1.000 pol/g) al mig del període (2300 cal BP), moment que s'inicia una recuperació que s'estabilitzarà amb valors al voltant de 2.000 pol/g. La zona s'acaba amb la fi de l'estabilitat, tal i com demostra la caiguda percentual d'AP (descens d'un 28%). Igualment, la concentració pol·línica d'*Abies* també cau al final d'aquesta subzona (1.200 a 150 pol/g).

Durant aquesta subzona s'han identificat diferents pics d'ericàcies, l'aparició discontinua d'asteràcies i pics intermitents de quenopodiàcies i presències de *Cytisus*, mentre que les Cyperaceae (10%) y *Sparganium* (10%) són força importants i contrasten amb la feble presència dels *Botryococcus*.

Subzona 3b (1272-711 cal BP)

En aquest subzona continua el descens de la concentració d'AP i de *Pinus*, valors que es mantindran baixos durant tota la subzonació. Les ericàcies es consoliden i mostren una corba contínua.

Apareixen els primers pics de Cerealía i *Secale* i les corbes d'Asteraceae, quenopodiàcies i *Plantago* esdevenen contínues. A més, també destaquen per primera vegada les ranunculàcies, que es mantindran de forma contínua. Les ciperàcies i el esparganiums mantenen una presència elevada. Nova presència de fongs copròfils.

Zona 4 (711-140 cal BP)

En aquesta zona destaca la forta consolidació dels apophytes i la presència d'espècies pròpies d'ambients oberts i rasos. També s'ha subdividit en dues subzones:

Subzona 4a (711-434 cal BP)

A l'inici d'aquesta subzona hi ha una descens exponencial del tant per cent d'AP i *Pinus* (aprox. d'un 70 a un 20%), fet inversament proporcional a l'augment del percentatge de les herbàcies (d'un 15 a un 55%). L'afectació de l'estrat arbori és general. Desaparició momentània de *Corylus* i *Quercus perennifoli*.

D'entre les herbàcies, les poàcies augmenten significativament (d'un 20 a un 65%), però també ho fan les Asteraceae, Chenopodiaceae, *Plantago* i Caryophyllaceae. Apareix els *Rumex* per primera vegada. I Cerealía i *Secale* tenen pics aïllats. En aquesta subzona desapareixen les ciperàcies, *Sparganium*, i els *Botryococcus*.

Subzona 4b (434-140 cal BP)

Aquesta subzona es caracteritza per la recuperació del pol·len arbori (arribarà al 45%), degut a l'increment dels *Quercus*, *Abies* i *Fagus*, tot i que *Pinus* es manté amb valors molt baixos (25-30%). Aparició d'*Olea* i *Juglans*.

Descens de les concentracions pol·líniques de Chenopodiaceae, poàcies i *Rumex* i manteniment de valors elevats de les artemísies i *Plantago*. Cerealia aconsegueix els valors més alts de tot el diagrama. En aquesta zona hi ha una recuperació de les ciperàcies (10%) i *Sparganium* (5%) i una nova aparició significativa dels fongs copròfils.

Zona 5 (140 cal BP a l'actualitat)

La recuperació dels tàxons arboris a la part alta del diagrama es dona després de la identificació d'un episodi fortament energètic que ha aconsellat dividir en dos la zona:

Subzona 5a (140-97 cal BP)

En aquesta subzona hi ha un descens generalitzat del pol·len arbori, el qual arriba a una concentració pol·línica mínima (<100 pol/g) de diversos tàxons (*Quercus*, *Corylus*, *Abies* i *Fagus*), fet que contrasta amb un pic de *Pinus* totalment anòmal al centre de la zona i la identificació de diferents episodis energètics en el comptatge pol·línic.

Aquest fet contrasta amb un lleu augment dels tàxons herbàcies. Les ericàcies s'incrementen i aconsegueixen el percentatge més elevats de tota la seqüència pol·línica. En canvi, ens trobem amb valors molt baixos de corba de Cerealia i desaparició de les ciperàcies i les algues.

Subzona 5b (97 cal BP- actualitat)

Etapa marcada per l'augment generalitzat del pol·len arbori (d'un 70 a un 90%). El *Fagus* i l'*Abies* són els tàxons que presenten una recuperació més feble.

Increment d'algunes herbàcies com el *Plantago*, l'artemísia o les quenopodiàcies, i descens de les ericàcies. En el diagrama Cerealia minva fins a desaparèixer.

Ambient higròfil. Màxima concentració de ciperàcies. Reparició de *Botryococcus* i per primer cop aparició de Zignemataceae, amb valors molt elevats de fongs copròfils.

d) Corba de carbons sedimentaris

La figura 3.41 mostra les diferents concentracions de carbons sedimentaris de mida superior a 150 µm i les diverses profunditats a què s'han localitzat.

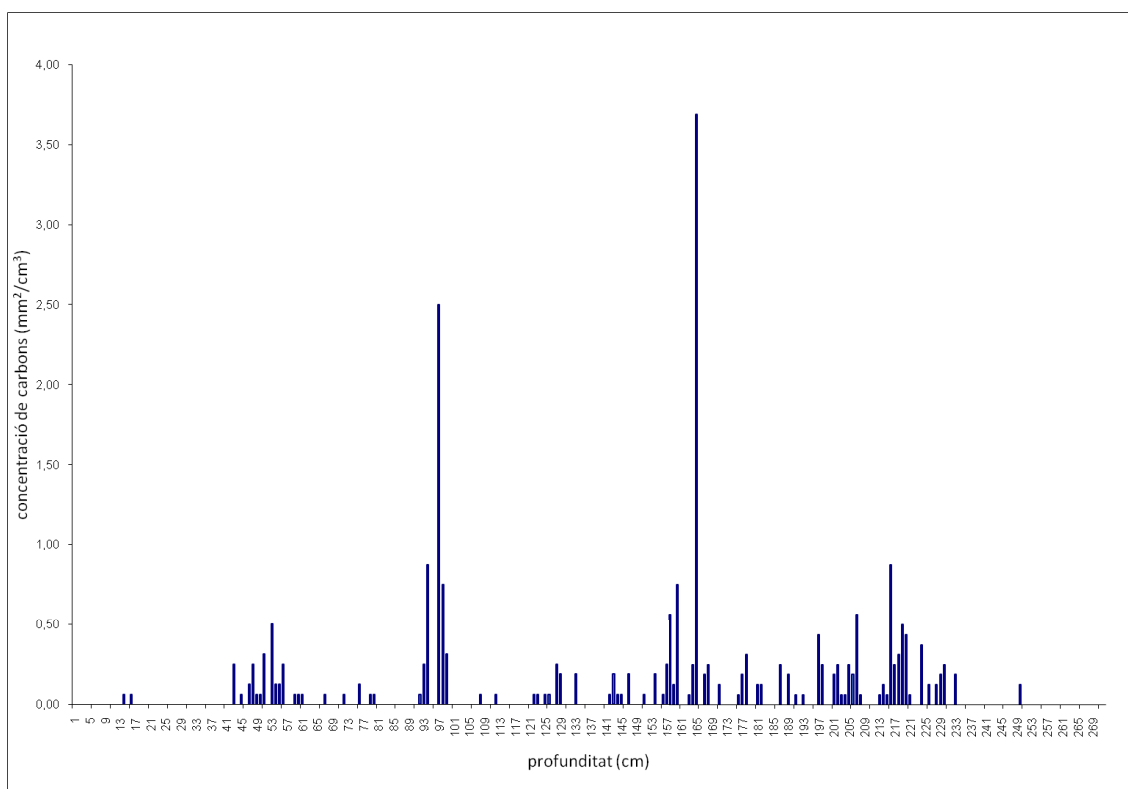


Figura 3.41. Concentració de carbons sedimentaris de la torbera d'Estanilles

El primer senyal d'incendi apareix bastant a prop de la base del testimoni (249 cm), que correspon a una edat de 10005 anys cal BP. El pic màxim és dóna a una profunditat de 165 cm (7928 cal BP) i entre aquests dos punts hi ha un seguit de nivells que recullen senyals de magnitud variable, però amb una constància destacable. Després del punt àlgid hi ha una dràstica disminució de la concentració i es troben de forma menys freqüent. A 97 cm (5557 cal BP) hi ha un màxim secundari i posteriorment ja només hi ha concentracions relativament discretes. La darrera presència, amb un valor mínim, es dóna

a 12 cm (73 cal BP). Avançant-nos a la discussió dels resultats, val la pena fer palesa la interpretació d'aquestes diferents magnituds de concentració, que es concreten a relacionar els pics màxims en moments d'incendis destinats a l'obertura del bosc, mentre que els senyals més discrets segurament es poden relacionar amb una gestió de manteniment de l'espai obert.

3.2.4.2. Torbera ombrotròfica de Montarenyo

a) Model cronològic

Amb una profunditat de 43 cm el model cronològic es basa tan sols en dues datacions, una de la base i una altra a 24 cm (taula 3.12). L'altra datació, que es pot veure a la parta superior de la taula, correspon a un fragment de carbó trobat a l'interior de la torbera i que dóna una datació anterior a la mateixa base, la qual cosa impedeix prendre-la en consideració. En canvi, sí que es pot assumir una tercera referència cronològica si considerem que la part superficial de la torbera correspon al moment actual.

Codi laboratori	Profunditat de la mostra (cm)	Material datat	edat ¹⁴ C	Edat calibrada Calib 6.0.1 (2σ) (Intcal09.14c) P: probabilitat	Probabilitat mitjana Calib 6.0.1	Edat calibrada CalPal2007 (Hulu)	¹³ C/ ¹² C (‰)
Beta - 278171	24	carbó (pi)	620±40	545-662 cal. BP P=1	602	608±39 cal. BP [1342±39 cal. AD]	-26.1
Beta - 278170	24	torba	100.9±0.5 pMC	99-253 cal. BP P=0.67	126	152±90 cal. BP [1798 ± 90 cal. AD]	-25.2
Beta -277751	43	torba	410±40	426-523 cal. BP P=0.75	471	434±71 cal. BP [1516±71 cal. AD]	-27.1

Taula 3.12. datacions radiocarbòniques de la torbera ombrotròfica de Montarenyo

b) Diagrama i zonació pol·línica

Com a complement al diagrama pol·línic d'Estanilles i amb un recorregut temporal molt més curt i, per tant, amb major resolució, es descriu la zonació del diagrama de Montarenyo (figura 3.42).

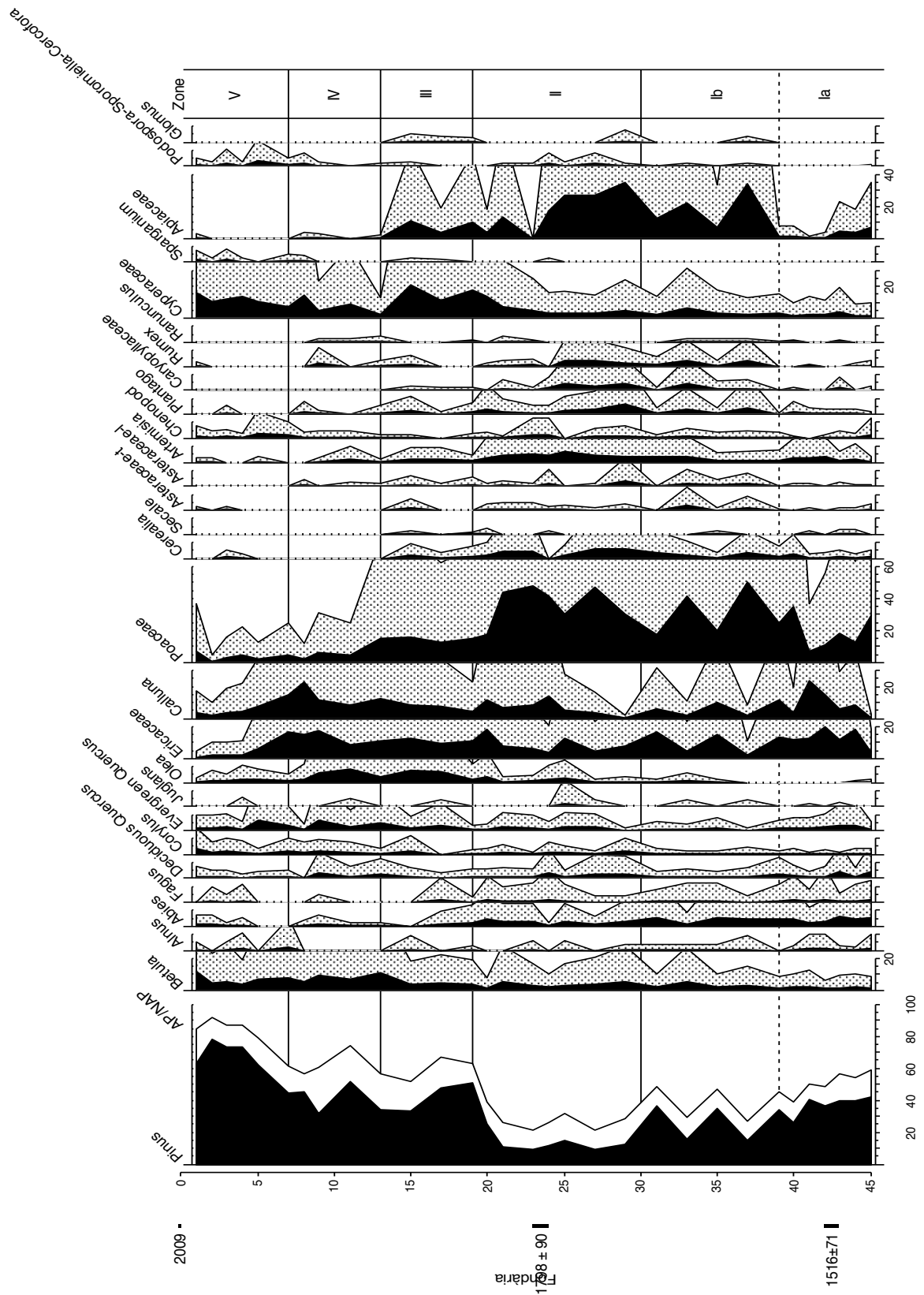


Figura 3.42. Diagrama pol·línic del testimoni sedimentari de Montarenyo

Anys cal. AD

Zona I (1469-1622 cal dC)

Aquesta zona es caracteritza pel descens continuat del percentatge d'AP (d'un 60% passa a un 40%). *Pinus* també disminueixi fortament, així com els *Quercus perennifolis*.

Augmenten les ericàcies en la primera part de la zona mentre que les herbàcies com les Poaceae ho faran al final de la zona. Els cereals també seguiran una tendència a l'alça, incrementant significativament la seva presència al final de la zona i es pot apreciar la presència continua de ciperàcies i la caiguda d'Apiaceae.

Zona II (1622 – 1838 cal dC)

Aquesta zona es caracteritza per una presència significativa de diferents apophytes. S'ha subdividit en dues subzones:

Subzona IIa (1622-1716 dC)

La corba d'AP dibuixa diferents dents de serra amb valors d'entre un 50 i un 30%. El descens puntual del *Pinus* i l'*Abies* és compensat pel creixement del *Betula* i, en més petita proporció, del *Fagus*. Inici de la corba contínua d'*Olea*.

Valors elevats de les herbàcies. Les poàceas arriben al 50%. Valors significatius de diferents espècies nitròfiles: *Chenopodiaceae*, *Plantago* i *Rumex*.

Fort increment d'Apiaceae (d'un 5% a un 30%), acompanyat per l'augment de les ciperàcies. Aparició de *Glomus* i de la corba contínua de fongs copròfils.

Subzona IIb (1716-1838 dC)

Aquesta subzona es caracteritza pel descens clar i sostingut dels valors d'AP que se situen al voltant del 30%, amb els *Pinus* en valors molt baixos (inferiors al 20%). Tot i això, *Quercus*, *Betula* i *Olea* augmenten la seva presència però sempre amb valors molt baixos.

En aquesta subzona les plantes herbàcies, com per exemple les Poaceae, tindran un creixement exponencial tot assolint valors propers al 40% de percentatge pol·línic. També

s'incrementen diferents espècies indicadores d'ambients oberts, com per exemple les Asteraceae. En aquesta etapa les espècies nitròfiles (*Chenopodiaceae*, *Plantago* i *Rumex*) també consoliden la seva presència. Els cereals tenen en aquesta subzona els valors més elevats de tot el diagrama (arriben al 6,3%).

Les plantes higròfiles continuaran mantenint o augmentat la seva presència, com també ho fan els fongs copròfils.

Zona III (1838-1884 dC)

La corba d'AP inicia la seva recuperació en aquesta zona amb *Pinus* al capdavant. D'aquesta manera s'aconsegueixen valors del 50% d'aquest tàxon i del 60% per al conjunt de l'AP. Tot i això, *Abies* i *Fagus* patiran una forta regressió al final d'aquesta zona.

Les ericàcies es mantenen en valors elevats, mentre que, en canvi, el conjunt de les herbàcies i els cereals disminuiran el seus percentatges.

Ciperàcies i *Apiaceae* augmenten els seus valors i hi ha presència de *Glomus*. Els fongs copròfils, després d'una desaparició al començament de la zona es recuperaran a la part final.

Zona IV (1884 – 1950 dC)

Manteniment dels valors percentuals de pol·len arbori per damunt del 60% amb caigudes puntuals de l'ordre d'un 10%. *Betula* i *Quercus* incrementen la seva presència mentre *Abies* disminueix significativament respecte la zona anterior. *Fagus* pràcticament desapareix durant bona part de la zona i *Alnus*, després de desaparèixer, repunta sobtadament al final del zona.

Les herbàcies, com passava en la zona anterior, continuen perdent pes, fet que contrasta amb les plantes més nitròfiles (*Chenopodiaceae*, *Rumex* i *Plantago*) que experimentaràn un creixement durant la segona meitat d'aquesta zona. Aquesta zona es caracteritza per la desaparició de la corba de Cerealia.

Disminució de les Cyperaceae i forta caiguda d'Apiaceae respecte la zona anterior. Durant aquest període s'incrementen els valors percentuals dels fongs copròfils.

Zona V (1950 dC- actualitat)

Zona caracteritzada per un ascens generalitzat de tots el tàxons arboris a excepció del *Quercus* *perennifoli* i l'*Olea*. *Fagus* i *Abies* es recuperen percentualment respecte el període anterior.

En aquesta zona les ericàcies perden pes de forma important (passen de més d'un 15% al 2%) i la majoria d'herbàcies també, a excepció de les Poaceae al final de zona. Es torna a registrar Cerealia però en forma de pic aïllat al centre de la zona.

La torbera recupera les ciperàcies, tot i que Apiaceae desapareix durant la major part del període i només de forma recent té una presència testimonial. Els fongs copròfils aconseguixen els valors més elevats de tot el diagrama pol·línic.