

EL PAISATGE VEGETAL DE LES PLANES DE SON I LA MATA DE VALÈNCIA: UNA APROXIMACIÓ ALS DARRERS MILLENNIS DE GEOHISTÒRIA AMBIENTAL

**ALBERT PÈLACHS MAÑOSA,* RAMON
PÉREZ-OBÍOL,** JOAN MANUEL SORIANO LÓPEZ*
I MARIE-CLAUDE BAL***

* Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge. Departament de Geografia. Universitat Autònoma de Barcelona. E-08193 Bellaterra. *albert.pelachs@uab.cat, joanmanuel.soriano@uab.cat, marieclaude.bal@uab.cat*.

** Unitat de Botànica. Facultat de Biociències. Universitat Autònoma de Barcelona. E-08193 Bellaterra. *ramon.perez@uab.cat*.

PÉLACHS MAÑOSA, A.; PÉREZ-OBÍOL, R.; SORIANO LÓPEZ, J. M.; BAL, M.-C. (2010). «El paisatge vegetal de les Planes de Son i la mata de València: una aproximació als darrers mil·lennis de geohistòria ambiental». A: GERMAIN, J. [cur.]. *Els sistemes naturals de les Planes de Son i la mata de València*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 16), p. 751-783. ISBN: 978-84-9965-008-1.

Resum

La dinàmica del paisatge vegetal s'aborda des de la relació establerta entre la societat i l'entorn al llarg del temps. L'objectiu principal d'aquest estudi és conèixer fins a quin punt l'empremta humana ha condicionat el paisatge vegetal actual.

L'estudi pol·línic d'un sondeig fet en una torbera de València d'Àneu ha permès contrastar els resultats obtinguts amb les informacions paleobotàniques disponibles als Pirineus. El treball de camp també ha servit per identificar carboneres a la mata de València que s'han pogut relacionar amb la utilització intensiva del bosc.

El diagrama pol·línic ha permès explicar les pertorbacions naturals i humanes dels darrers 2.000 anys, considerant que, en l'estat actual de coneixements, les traces de presència humana postpaleolítica de la zona es remunten uns 6.500 anys enrere. A partir d'aquests resultats es discuteix sobre la dinàmica de l'abet (*Abies alba*) des del seu origen fins a la construcció del paisatge vegetal actual.

PARAULES CLAU: Pirineus, Holocè, geohistòria ambiental, paisatge vegetal, biogeografia, palinologia, antracologia, *Abies alba*.

Resumen

La dinámica del paisaje vegetal se aborda desde la relación establecida entre la sociedad y su entorno a lo largo del tiempo. El objetivo principal de este estudio es conocer hasta qué punto la huella humana ha condicionado el paisaje vegetal actual.

El estudio polínico realizado en una turbera de València d'Àneu ha permitido contrastar los resultados obtenidos con las informaciones paleobotánicas disponibles en los Pirineos. El trabajo de campo también ha servido para identificar carboneras en la mata de València que se han podido relacionar con la utilización intensiva del bosque.

El diagrama polínico ha permitido explicar las perturbaciones naturales y humanas de los últimos 2.000 años, considerando que, en el estado actual de conocimientos, las trazas de presencia humana postpaleolítica de la zona se remontan a hace unos 6.500 años. A partir de estos resultados se discute sobre la dinámica del abeto (*Abies alba*) desde su origen hasta la construcción del paisaje vegetal actual.

PALABRAS CLAVE: Pirineos, Holoceno, geohistoria ambiental, paisaje vegetal, biogeografía, palinología, antracología, *Abies alba*.

Abstract

The dynamics of plant landscape is analyzed from the relationship established between society and its environment over time. The main goal of this study is

to know to what extent the human imprint has conditioned the current plant landscape.

The pollen study of a survey made in a peat bog of València d'Àneu has allowed to contrast the results with the available paleobotanical information in the Pyrenees. The fieldwork has also been useful in order to identify charcoal piles in the Mata de València. They have been related to the intensive utilization of the forest.

The pollen diagram has allowed to explain the natural and human disturbances from the last 2.000 years, taking into account that, in the current state of knowledge, the traces of postpaleolithic human presence in the area date from about 6.500 years ago. From these results, the dynamics of fir (*Abies alba*) is argued as well as its origin until the current plant landscape is made up.

KEYWORDS: Pyrenees, Holocene, environmental geohistory, landscape, biogeography, palynology, anthracology, *Abies alba*.

1. INTRODUCCIÓ

En aquesta recerca s'entén que el tractament del paisatge ha de ser transdisciplinari, ja que, d'una banda, cal usar diferents tècniques i mètodes per aproximar-se a l'estudi del paisatge vegetal i, d'una altra, s'ha d'entendre el context social i tecnològic de cada moment de la història. Per aquest motiu, aquest estudi s'ha dissenyat a partir de la combinació de dades pol·líniques i macrorestes vegetals extretes d'una torbera a València d'Àneu, del treball de camp efectuat a la mata de València i a les Planes de Son i de les informacions documentals publicades disponibles per a l'àmbit d'estudi.

L'estudi del paisatge vegetal s'aborda des de la relació establerta entre la societat i l'entorn al llarg del temps. Per tant, si es té en compte que la geohistòria ambiental és aquella part de la geografia històrica que s'ocupa de les qüestions ambientals, s'entendrà que l'èmfasi d'aquest estudi es posi en l'escala temporal i la seva localització espacial, atenent a les característiques ambientals i humanes del passat que expliquin la biogeografia de les espècies forestals al llarg de l'Holocè (Pèlachs, 2005 i 2006).

L'objectiu principal és conèixer fins a quin punt l'empremta humana ha condicionat l'actual paisatge vegetal, ja que si bé és cert que en el desenvolupament de la vegetació els factors climàtics tenen un paper molt important, els treballs paleobotànics han posat de manifest la importància de tenir en compte el rol que la societat humana hi ha desenvolupat. Per això, actualment la discussió a l'hora d'explicar la dinàmica del paisatge vegetal rau en les raons d'aquest canvi i en la distinció del pes que els factors naturals i humans han tingut en la seva evolució (Esteban *et al.*, 2003; Riera *et al.*, 2004; Beaulieu *et al.*, 2005; Riera *et al.*, 2006; Pèlachs *et al.*, 2007).

En aquest sentit, al vessant sud dels Pirineus s'han obtingut alguns registres de temperatura amb un nivell de resolució mitjà per als darrers 15.000 anys, així com reconstruccions d'alta resolució per als darrers 900 anys a partir de l'anàlisi de crisòfits, diatomees, etc., que s'han combinat amb estudis palinològics (Catalan *et al.*, 2001 i 2002; Pla *et al.*, 2003; Pla & Catalan, 2005) i que contrasten amb les aportacions palinològiques més nombroses i detallades del vessant septentrional (Davasas & Galop, 1990; Reille, 1990; Aubert, 1993; Reille & Loewe, 1993; Galop & Jalut, 1994; Galop, 1998; Jalut, 1992; Jalut *et al.*, 2000; Bonhôte *et al.*, 2000).

Com que aquests estudis combinen la interpretació del paisatge vegetal amb les dades climàtiques, sovint també calen interpretacions complementàries, tant provinents d'altres fonts paleobotàniques com de fonts documentals, les quals permetran matisar les informacions paleobotàniques aportades per l'estudi del pol·len. Treballs recents demostren que els estudis antracològics basats en la distribució de carboneres i els estudis pedoantracològics a partir de les restes de carbó vegetal contingudes en el sòl són un bon registre paleoambiental per explicar les repercussions que l'acció humana ha tingut sobre l'espai forestal actual i la seva dinàmica recent (Davasas, 2000; Bonhôte *et al.*, 2002; Ludemann, 2003; Ludemann *et al.*, 2004; Bal, 2005 i 2006; Cunill, 2007). A l'ensem són un bon complement paleobotànic en estudis de caràcter pluridisciplinari sobre la geohistòria ambiental (Davasas & Galop, 1990; Pèlachs & Soriano, 2003; Galop *et al.*, 2002; Vernet, 2006). Així, el fet de treballar amb registres que relacionen l'activitat humana i l'explotació del bosc i les pastures redueix la incertesa de saber fins a quin punt els canvis en el paisatge vegetal són conseqüència de l'acció humana o del mateix sistema natural. L'estudi de les carboneres contribueix a resoldre aquest dilema i posa de manifest que la intensitat d'una activitat com el carboneig regeix l'explotació de l'espai forestal (Vernet, 1997; Davasas, 2000).

1.1. LA COLONITZACIÓ DE L'AVET ALS PIRINEUS: ESTAT DE LA QÜESTIÓ

Explicar la colonització vegetal dels Pirineus a partir de l'inici de l'Holocè és una feina que es pot fer a partir de les anàlisis pol·líniques disponibles per al conjunt de la seralada (Jalut *et al.*, 1998). No es pot interpretar quins són els factors que condicionen aquesta evolució sense tenir en compte com a mínim tres variables: la localització de les zones refugi, l'evolució dels factors climàtics i la dinàmica edàfica del sòl (Pèlachs, 2005).

Els darrers anys, l'estudi de la dinàmica de l'avet (*Abies alba*) a Europa (Terhürne-Berson *et al.*, 2004) ha estat associada a altres espècies com, per exemple, el faig (*Fagus sylvatica*) (Tinner & Lotter, 2006) a més de *Picea* i *Quercus* (Knaap *et al.*, 2005). Aquest conjunt d'estudis s'han fonamentat en un seguit d'interpretacions basades en l'estudi del canvi climàtic, els retards migratoris, el desigual creixement de les espècies i els efectes de les pertorbacions humanes i els incendis forestals (Tinner & Lotter, 2006).

En aquest sentit, els models europeus de migració de l'avet exposats per Huntley & Birks (1983) suggerien l'existència d'un mínim de tres àrees refugi durant els períodes freds: el sud dels Balcans, Itàlia i, probablement, la península Ibèrica (Pérez & Roure, 1990; Bennet *et al.*, 1991). Així, inicialment es van desenvolupar algunes idees que explicaven que l'avet podria haver arribat als Pirineus procedent d'altres refugis europeus, sobretot els del nord d'Itàlia (Taberlet *et al.*, 1998). L'evolució en els estudis de filogènia ha anat matisant aquesta visió i s'indica que les poblacions d'*Abies* dels Pirineus estaven isolades de la resta d'Europa (Konnert & Bergmann, 1995). Aquest argument ha estat definitiu per defensar, a partir de macrorestes vegetals i dades pol·líniques, la proximitat dels Pirineus a zones refugi d'*Abies alba* (Terhürne-Berson *et al.*, 2004).

Les hipòtesis de distribució des dels refugis glacials a partir d'estudis d'isoenzims i altres marcadors genètics (El Mousadik & Petit, 1996) sembla que posen de manifest l'existència de cinc àrees refugi i de recolonització de l'avet: Pirineus, centre i est de França, centre d'Itàlia i sud dels Balcans. Segons Vendramin *et al.* (1999), les poblacions autòctones d'*Abies alba* haurien de presentar patrons geogràfics d'elevada variació i diferenciació genètica als refugis glacials en diversos processos genètics de les poblacions com mutacions, deriva i selecció durant i després de la migració postglacial. Tanmateix, el nombre i diversitat d'haplotips varia considerablement entre les diferents poblacions, mentre que les poblacions dels Pirineus es caracteritzen per valors baixos (i contrasta amb les poblacions dels Balcans—Croàcia—, que presenten els valors més alts). En aquesta mateixa línia s'expressen els resultats de les anàlisis de DNA cloroplàstic, les quals també indiquen que les poblacions dels Pirineus tenen un nivell baix de diversitat genètica. Si bé alguns estudis sembla que indiquen la possibilitat que la dispersió a través del vent hagi desenvolupat un paper determinant entre refugis durant els períodes postglacials en algunes parts d'Europa (Liepelt *et al.*, 2002).

Les dades pol·líniques i antracològiques indiquen clarament que la població refugi d'avet dels Pirineus ha sofert el fenomen de «coll d'ampolla» durant la història i que la recolonització no s'ha produït exclusivament per la via de les poblacions refugi. Fins i tot es podria inferir que no han estat mai un focus d'expansió cap a la resta de poblacions més allunyades. A més, aquesta teoria queda ben recolzada per la baixa riquesa al·lèlica, que es pot relacionar amb la distribució actual d'avet als Pirineus, amb poblacions poc extenses en general (si les comparem amb la resta d'Europa).

Ara bé, on se situen aquestes zones refugi? Aquesta és una temàtica no resolta i força discutida per la manca d'informació definitiva. En l'estat actual de coneixements, ningú no

discuteix que la dinàmica de l'abet durant l'Holocè als Pirineus indica una primera colonització i posterior expansió des de l'est cap a l'oest (Jalut *et al.*, 1998; Esteban *et al.*, 2003; Pèlachs, 2005; Le Flao, 2005) i, per tant, es confirmaria l'existència de refugis situats a la conca mediterrània. Encara més, a partir de les informacions disponibles —i analitzant el límit occidental pirinenc actual de les avetoses que se situa a Irati, Pirineus navarresos—, s'observa un decalatge progressiu entre la meitat occidental pirinenca i l'oriental, la qual cosa es podria atribuir a l'allunyament progressiu d'aquesta conífera respecte de les àrees refugi des d'on es va expandir (Reille & Andrieu, 1991).

Així mateix, hi ha alguns autors que han posat de manifest que aquesta espècie es desenvolupa per primera vegada al vessant nord dels Pirineus mediterranis l'any 9800 BP, en concret a la localitat de Nohèdes (Jalut, 1974; Reille & Lowe, 1993), episodi que també es posa de manifest amb l'aparició primerenca de l'abet a la Garrotxa, també cap als 9000 anys BP (Pérez-Obiol, 1988). Aquest fet concorda amb altres registres de llarga durada temporal, com els de la zona del pla de l'Estany (Burjachs, 1994), Banyoles (Pérez-Obiol & Julià, 1994), l'abric Romani (Burjachs & Julià, 1994), entre d'altres del llevant mediterrani, i que sembla que confirmen la presència de refugis en zones costaneres i en valls intramuntanyoses de la península Ibèrica (Carrión *et al.*, 2000). La qüestió que cal resoldre és si al sud dels Pirineus i a la costa mediterrània del nord-est de la península Ibèrica hi havia refugis d'abet i com es van expandir a la resta de la serralada pirinenca.

Aprofitant la síntesi de Jalut *et al.* (1998) per al vessant septentrional i les dades conegudes per al vessant meridional de Ramon Pérez-Obiol (1988), J. M. Montserrat (1992), Catalan & Pla (1998), Catalan *et al.* (2001) i Miras *et al.* (2007), s'ha realitzat una comparació entre els dos àmbits. El procediment ha consistit a elaborar un model estimatiu per a les localitats del vessant sud amb la mateixa distribució geogràfica perquè fossin comparables. Malauradament, per a l'elaboració d'aquest model, les poques referències pol·líniques del vessant sud han impedit tenir dades més a l'oest de l'ivó de Tramacastilla i l'Ibón de las Ranas (Montserrat, 1992) i el Portalet (González-Sampériz *et al.*, 2006) (figura 1).

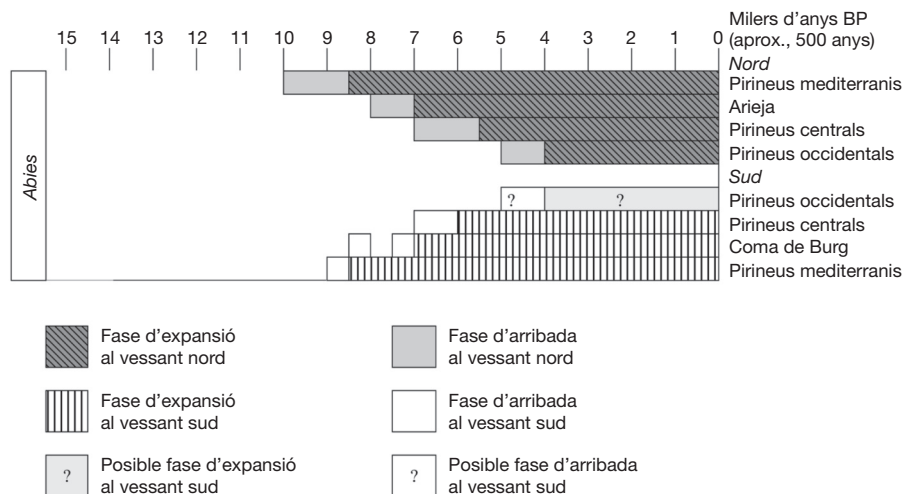


FIGURA 1. Comparació de la colonització de l'abet entre els vessants nord i sud dels Pirineus. FONT: Albert Pèlachs (2005).

Així, s'ha arribat a la conclusió que la colonització de l'abet al vessant meridional dels Pirineus podria ser deguda, en part, a zones refugi que estan situades al sud i a l'est dels Pirineus. Tot i que s'ha de considerar que de manera general l'expansió s'ha produït seguint diverses vies, és possible que en determinades parts, tal com podria passar a la Val d'Aran, la vessant nord dels Pirineus es colonitzés des del vessant meridional, ja que el retard de l'expansió és notablement més acusat al vessant nord que al vessant sud (Esteban *et al.*, 2003; Pèlach, 2005). Per tant, les seqüències disponibles per al nord-est de la península Ibèrica suggereixen que la recolonització primerenca de l'abet es donà a partir dels refugis situats al vessant sud dels Pirineus orientals i la zona prepirinenca (figura 2).

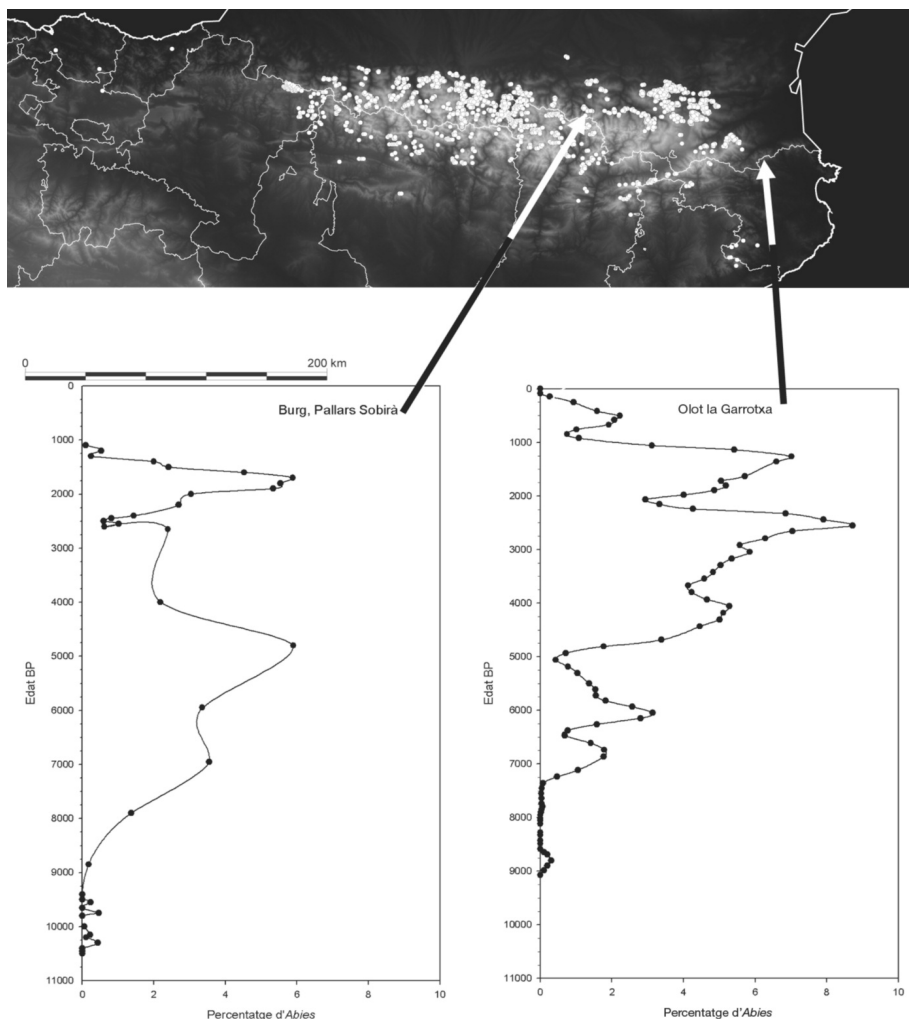


FIGURA 2. Distribució actual d'*Abies alba* als Pirineus i comparació de la colonització entre la Garrotxa i el Pallars Sobirà durant l'Holocè.

FONT: elaboració pròpia a partir de l'Institut National des Forêts Françaises i de l'Inventario Forestal Nacional de España per al mapa i Pèlach (2005) i Pérez-Obiol (1988) per als diagrames pol·línics.

Un altre factor que reforçaria aquesta idea és el fet que els diagrames pol·línics de la Garrotxa i de l'estany de Burg reben pluja pol·línica d'avet entre el final del Tardiglacial i l'arribada de l'Holocè (figura 2), la qual cosa es podria explicar per la presència de refugis propers, tot i que aquest fet també s'ha observat en altres tàxons mesòfils (*Fagus*, *Quercus*, *Corylus*) al llarg del Tardiglacial en determinades localitats paleobotàniques del País Basc francès (cas de Mouriscot a Biarritz) (Galop, com. personal). En aquest sentit, Joan Maria Montserrat indica que l'Ibón de las Ranas (2.092 metres), per l'altitud i localització, hauria pogut captar la pluja de procedència atlàntica, ja que, segons explica, durant el Tardiglacial l'oceà Atlàntic rebia les aigües de fusió de les glaceres, amb la qual cosa augmentava el gradient climàtic latitudinal a l'estiu, i com a conseqüència d'això s'intensificava la circulació de l'oest durant l'estació vegetativa (Montserrat, 1992).

No obstant això, juntament amb la proximitat a les zones refugi, hi ha almenys dues variables més que també s'han de tenir en compte: les condicions climàtiques i les edàfiques.

Pel que fa al clima, les dades pol·líniques demostren que el canvi climàtic desenvolupa un paper determinant en el procés d'expansió de l'avet. S'ha de tenir en compte que l'aparició de l'avet a la zona d'estudi no es produeix fins fa uns 6.000 anys i que abans *Pinus*, *Betula* i *Quercus* primer i posteriorment altres caducifolis (*Corylus*, *Acer*, *Ulmus*, *Tilia*) haurien pogut establir-se a l'àmbit d'estudi, per la qual cosa el clima explicaria per què en un determinat moment aquestes formacions són substituïdes per l'avet (Catalan *et al.*, 2001; Esteban *et al.*, 2003).

Tampoc no es pot descartar la hipòtesi que les condicions climàtiques fossin favorables i en canvi les edàfiques no permetessin la colonització de l'avet, i, per tant, aquest factor determinés la temporalitat de l'avenç i complicés la interpretació del clima. Per això cal pensar que l'avet es va desplaçar més ràpidament per aquelles valls que edàficament estaven preparades per permetre'n el creixement i que climàticament no en condicionaven l'expansió. Els indicis indiquen que això va ser des dels refugis situats al sud i d'est cap a oest.

1.2. LA DISTRIBUCIÓ ACTUAL D'*ABIES ALBA* ALS PIRINEUS: ALGUNES PARTICULARITATS

La distribució actual d'*Abies alba* als Pirineus és hereva de la dinàmica de la vegetació explicada al punt anterior. Només comprénent aquesta colonització d'est cap a oest i de sud cap a nord s'explica per què l'actual distribució d'*Abies alba* no arriba al vessant atlàntic. Ara bé, únicament la distància als refugis, les característiques climàtiques i les condicions edàfiques no expliquen la distribució actual.

Les àrees de distribució d'avet disminueixen en diferents moments de l'Holocè (Wick & Mohl, 2006). Les raons d'aquest descens són diverses: acció antròpica, canvis climàtics i altres factors biòtics i abiòtics. Tanmateix, els autors citats anteriorment parlen d'una combinació de factors ambientals amb una manca d'adaptabilitat causada per la baixa variabilitat genètica en regions específiques com els Pirineus o Prepirineus. L'increment de la temperatura, juntament amb una precipitació més baixa, és una causa demostrada de reducció o desaparició d'hàbitats d'*Abies*. Tampoc no s'ha d'oblidar que les malalties i les plagues són freqüents en poblacions d'avets. En aquest sentit, cal dir que sovint s'han plantat

prop d'avetoses antigues avets d'altres zones, amb un contingut genètic diferent, i la hibridació aporta un flux genètic que causa una inadaptació a l'hàbitat originari.

Finalment, al nostre país cal no oblidar que es produeix, almenys a partir de l'època medieval, un gran descens d'*Abies* a causa de l'explotació per proveir de fusta activitats ben diverses com per exemple les drassanes (Pérez & Roure, 1990; Pèlachs, 2005; Tantiñà, 2007). És un fet palès a la figura 2, on es pot observar el clar descens d'*Abies alba* a partir del període medieval, amb percentatges força baixos. Cal recordar que *Abies* és considerat, pol·línicament, un mal dispersor a causa del pes dels grans de pol·len i de la mida. Per aquesta raó, Huntley & Birks (1983) consideren que uns valors entre el 2 % i el 5 % fan que *Abies* pugui ser considerat un element important en el paisatge forestal de la rodalia. Segons Dyakowska i Zurzycki (1959), el pol·len d'*Abies alba* pesa molt, entre 3 i 4 vegades més que el d'altres coníferes amb sacs aeris; això fa ja pensar sempre en una subrepresentació. Hicks (2001) afirma contundentment que *Pinus sylvestris* predomina en totes les mostres de superfícies independentment de la seva abundància en la coberta vegetal.

Tot això podria explicar que la distribució actual potencial de l'avet (expressat en la seva àrea de distribució al nord-est de la península Ibèrica) ocuparia una regió molt més gran que l'actual i tindria una superfície d'idoneïtat força més elevada si considerem nombrosos factors biòtics i abiòtics existents en el present (Ninyerola, com. pers.). Resultats que coincideixen amb la interpretació de diferents resultats paleogeogràfics per a la zona del Pallars Sobirà que explicarien que actualment les pinedes de pi roig estan sobrerrepresentades i ocupen l'espai que en altres moments van ocupar l'avet i el roure (Pèlachs, 2005; Pèlachs *et al.*, 2007).

Aquest factor s'entén analitzant els valors de les bases de dades de pluja pol·línica per a tot Europa d'en J. Guiot i per als Pirineus de J. Catalan (com. pers.). Si s'analitza el rang de valors percentuals d'Europa de pluja pol·línica actual d'*Abies* en relació amb la temperatura i amb la precipitació mitjanes anuals, s'observa que la presència d'avet és possible en molts més indrets que els que ocupa actualment.

Així, a l'anàlisi de la distribució de l'avet a partir de l'Inventari Nacional Forestal es veu que les avetoses de la península Ibèrica actualment viuen amb una precipitació mitjana a l'entorn de 1.000 mm/any (± 200 mm/any) i una temperatura estimada entre 4,5 °C i 6,5 °C (Ninyerola, 2001). Aquestes mateixes dades coincideixen amb la pluja pol·línica recollida per Jordi Catalan (com. pers.). Les seves dades demostren que, malgrat que és una pluja pol·línica recollida en llacs i que té una cota altitudinal força elevada, la mitjana de les precipitacions se situa entre 1.000 i 1.100 mm/any i la temperatura entre 2 °C i 3,5 °C de mitjana; amb unes temperatures màximes d'entre 7 °C i 9 °C i unes temperatures mínimes entre -4 °C i -2 °C si es prenen com a referència les localitats on el pol·len d'avet se situa per damunt del 2 % de la pluja pol·línica rebuda i les dades de l'*Atlas climático digital de la península Ibèrica* (Ninyerola *et al.*, 2005) (tot i que cal tenir en compte que són valors als quals cal aplicar un factor de correcció per la diferència altitudinal). Fet al qual caldria sumar les apreciacions de Muller *et al.* (2005), els quals indiquen que la presència d'*Abies* requereix temperatures mitjanes d'hivern per sobre dels -4 °C. La producció pol·línica d'*Abies* mostra una relació positiva amb les temperatures d'hivern i primavera; en canvi, la producció pol·línica de *Fagus* és correlada negativament.

2. MATERIALS I MÈTODES

En les anàlisis de les mostres de pluja pol·línica actual (figura 3) s'ha utilitzat una de les bases de dades europees més completa que hi ha (J. Guiot, com. pers.), on la majoria dels espectres actuals provenen de l'anàlisi pol·línica de briòfits, ja que aquests representen bones trampes de captació pol·línica. Malauradament, no té una bona representació per al conjunt de la cadena pirinenca perquè hi ha pocs punts sondejats. No obstant això, aquesta mancança s'ha corregit amb la base de dades de Jordi Catalan (com. pers.), la qual disposa

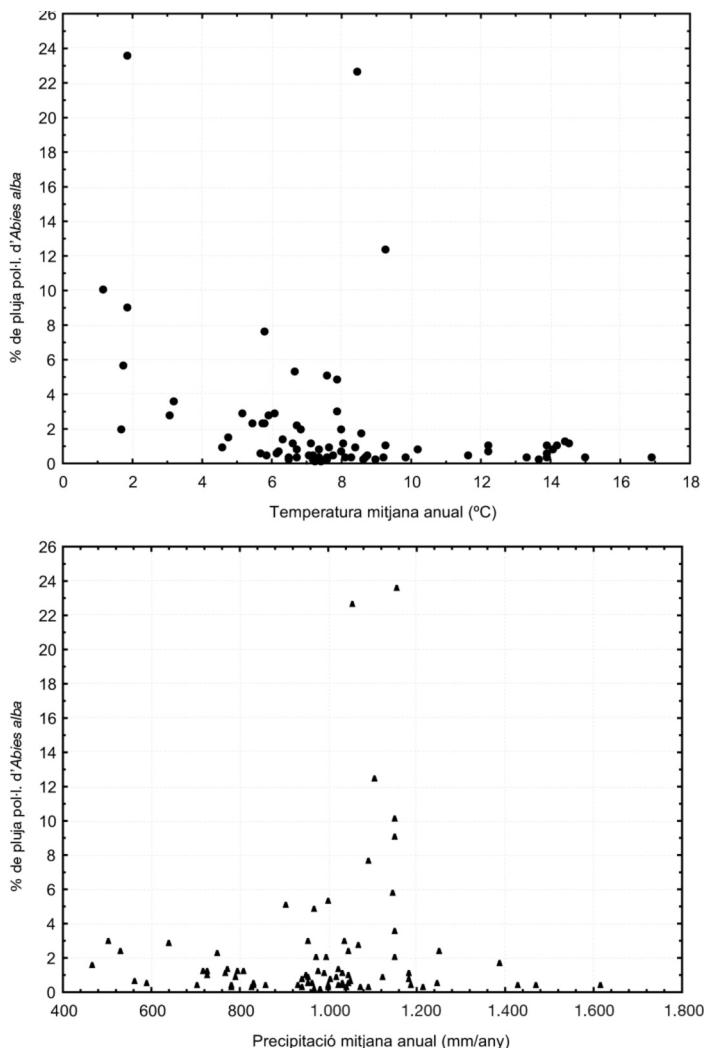


FIGURA 3. Pluja pol·línica actual d'*Abies* (%) en relació amb la temperatura mitjana anual i precipitació mitjana anual de diferents localitats europees on el valor percentual és superior a zero. FONT: elaboració pròpia a partir de Guiot (com. pers.).

de més de seixanta punts de captació de pluja pol·línica en llacs per als dos primers centímetres. A partir d'aquestes fonts d'informació s'han relacionat els valors percentuals de pluja pol·línica actual d'*Abies* amb la temperatura i la precipitació mitjançes anuals de les diferents localitats mostrejades, paràmetres que s'han utilitzat per tenir una pauta comparativa amb els valors al llarg de l'Holocè.

La metodologia usada s'ha basat en la combinació de dades pol·líniques i macrorestes vegetals extretes d'una torbera a València d'Àneu i del treball de camp efectuat a la mata de València i a les Planes de Son.

2.1. EL SONDEIG DE LA TORBERA DE VALÈNCIA D'ÀNEU

La torbera analitzada a València d'Àneu està situada al quilòmetre 63 de la carretera C-28, entre els indrets de Prats de la Vila i Campolado (longitud: 1° 6' 13" E i latitud: 42° 38' 17" N). La torbera està situada al marge dret del riu de la Bonaigua, a una altitud de 1.150 m i amb una extensió estimada de 2,8 ha. El substrat litològic es correspon amb les pissarres del Cambroordovicià, si bé durant el treball de camp es va constatar una important presència de restes glacials en forma de material granític. Els detalls d'aquesta geomorfologia glacial es poden consultar a Martí-Bono & García-Ruiz (1994), a partir dels quals s'observa un llinar rocallós que podria ser la raó de la concavitat on s'ha format la torbera.

La vegetació actual que envolta la torbera a l'obaga està representada per alguns *Quercus* caducifolis que es combinen amb *Corylus*, *Betula* i *Pinus*, i que en molts casos ocupen antics camps de conreu i que donen pas a l'avetosa més extensa dels Pirineus: la mata de València. Mentre que, en canvi, a la solana els *Quercus* caducifolis comparteixen protagonisme amb el *Q. ilex* ssp *rotundifolia*.

Els tres sondeigs efectuats (VAL-I, VAL-II i VAL-III) es van fer amb una sonda de percussió mecànica Eijelkamp (figura 4). Entre VAL-I i VAL-II hi va haver una distància d'uns 8 metres, i entre aquests dos i VAL-III, uns 100 metres (figura 5). En total, es van fer vuit maniobres per recuperar els diferents trams que es van guardar en tubs de PVC d'un metre.

Les columnes sedimentàries extretes de VAL-II i VAL-III van permetre recuperar dos registres de tres metres de profunditat cadascun. En canvi, de VAL-I només es van recuperar els dos primers metres.

La descripció sedimentària va posar en evidència que el tram de torba de VAL-III era la més llarga i que presentava una bona quantitat de macrorestes vegetals fàcilment datables per ¹⁴C, per la qual cosa les anàlisis s'han fet d'aquest testimoni. En aquest registre s'han descrit dues grans unitats sedimentàries clarament diferenciables: la unitat superior, que es caracteritza per l'abundància i continuïtat de torba, i la unitat inferior, que es caracteritza per un conglomerat granític amb graves molt compactades i amb alguns còdols a la transició entre les dues unitats. La descripció ha permès observar que a la part més superficial de la primera unitat hi ha un sòl higroturbós, en el qual abunden les arrels secundàries i una mica més avall una fase argil·lollimosa de pocs centímetres (146-150 cm), on la torba pràcticament desapareix. Al llarg d'aquests dos primers metres abunden les tiges i arrels tubulars i hi ha una important presència de macrorestes vegetals (fustes i carbons vegetals) (figura 6).

A partir d'aquesta descripció el testimoni es va mostrejar cada centímetre i es van seleccionar dues mostres per fer una datació absoluta mitjançant ¹⁴C - AMS (Beta Analytic Inc.) a partir d'una macroresta vegetal situada a 60 cm de profunditat i un fragment de torba a 166 cm (taula 1). La taxa de sedimentació resultant per al tram de torba ha estat de 0,72 mm/any per als primers 60 cm i de 0,83 mm/any per a la resta. Totes les edats han estat calibrades a edats calendari amb el programa INTCAL04 (Talma & Vogel, 1993).

TAULA 1. Datacions de ^{14}C de la torbera VAL-III.

<i>Mostra (cm)</i>	<i>Codi laboratori</i>	<i>Material</i>	<i>Datació convencional BP</i>	<i>Intercepció corba calibració</i>	<i>Datacions calibrades a 2σ (95 % probabilitat)</i>
59-60	Beta-240388	Fusta	780 ± 40	Cal. BP 690	Cal. BP (730-680)
165-166	Beta-240387	Torba	1990 ± 50	Cal. BP 1940	Cal. BP (1990-1880)



FIGURA 4. Sondeig de percussió a la torbera de València d'Àneu.
FOTOGRAFIA: Ramon Pérez-Obiol.

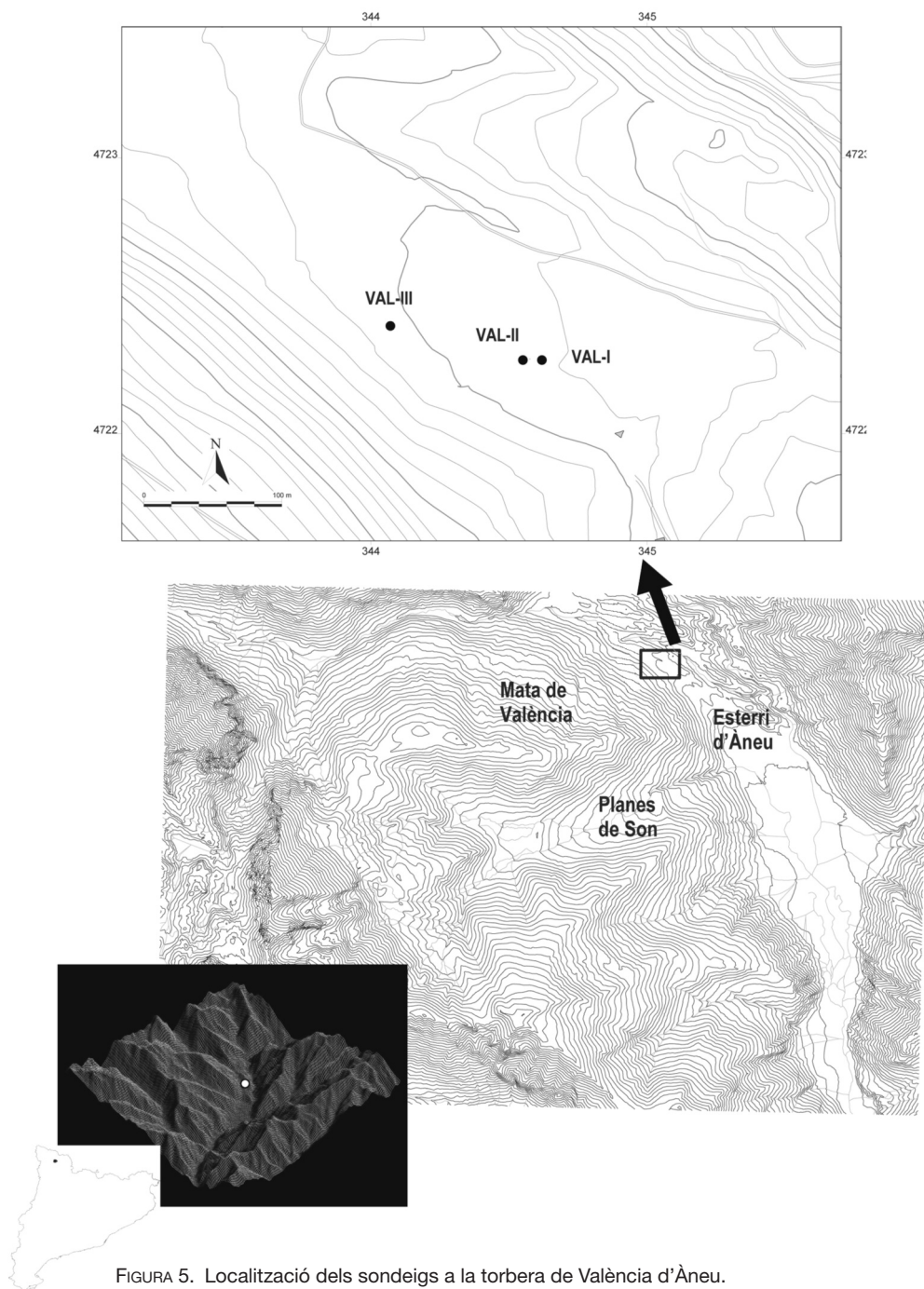


FIGURA 5. Localització dels sondeigs a la torbera de València d'Àneu.
FONT: Elaboració pròpia.

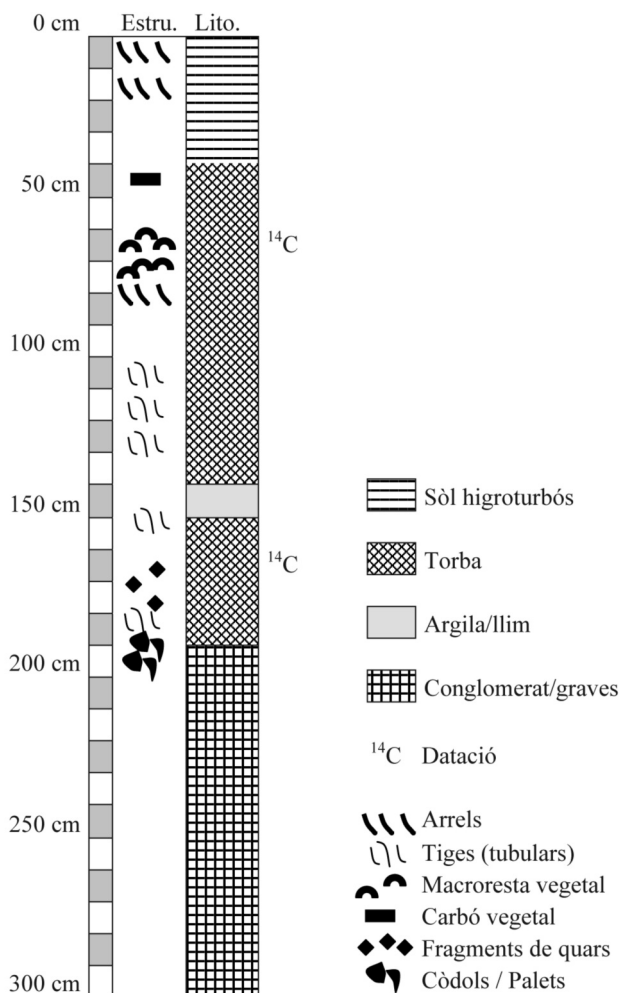


FIGURA 6. Descripció sedimentològica de VAL-III.
FONT: Elaboració pròpia.

Per a l'anàlisi pol·línica únicament es van seleccionar els dos primers metres, és a dir, el paquet de torba just fins a la transició amb el conglomerat de graves. D'aquesta manera, es garantia la riquesa de matèria orgànica i la presència pol·línica (figura 7).

El tractament químic de les mostres es va realitzar seguint el protocol descrit per Goery & Beaulieu (1979), si bé amb certes modificacions: la quantitat de mostra utilitzada és variable i depèn de la granulometria del sediment. El pes habitual se situa entorn dels 5-10 grams. S'afegeix HCl al 50 % per dissoldre els carbonats. Durant aquest pas es van afegir al sediment una o dues pastilles de *Lycopodium clavatum*, com a marcador, per tal de realitzar posteriorment el càlcul de les concentracions pol·líniques. Per a la dissolució dels àcids húmics s'afegeix NaOH al 10 %. Posteriorment, es fa una separació per densitats afegint licor de Thoulet (barreja de iodur potàssic i iodur de cadmi que permet obtenir una densitat de 2,1 g/cm³).

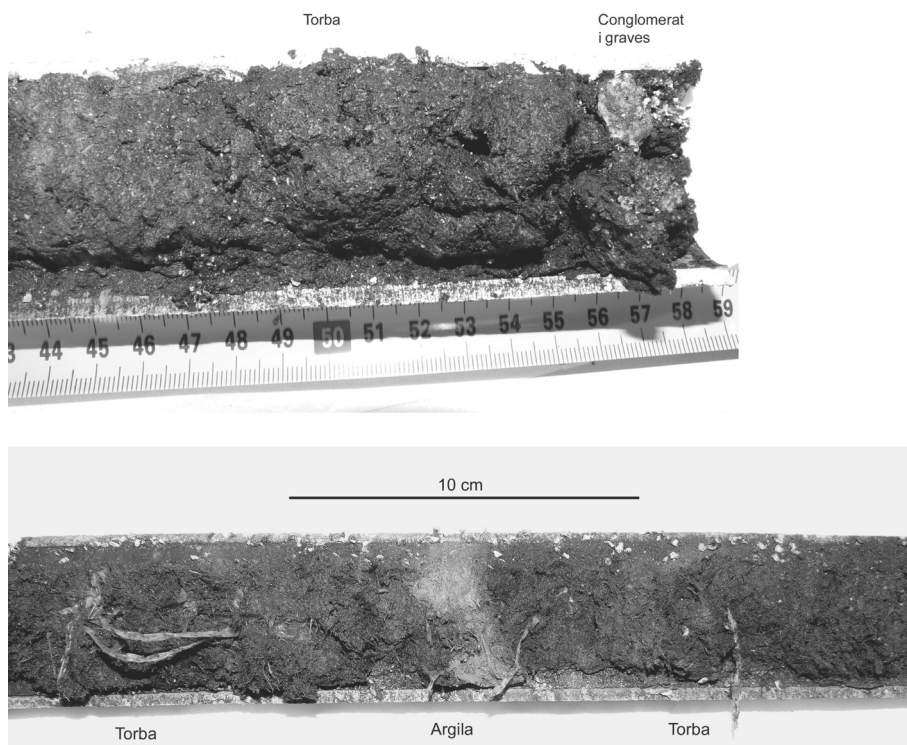


FIGURA 7. Vistes parcials del testimoni sedimentari VAL-III.
FOTOGRAFIA: Ramon Pérez-Obiol.

S'efectua un filtratge del sobrenedant i aquest filtre amb el residu esporopol·línic es posa en HF al 70 % per a la destrucció dels materials silícics. Al residu final, sec, obtingut a partir del tractament previ, s'hi afegeix una quantitat coneguda de glicerina pura i s'extreu a continuació del recipient contenidor amb una pipeta graduada de punta estèril.

En aquest procés també es van guardar totes les macrorestes vegetals (fustes) per a la seva identificació, extretes a partir del rebuig a l'inici de la preparació de la mostra. Per a la identificació de les fustes s'ha fet servir un microscopi de contrast amb una càmera digital connectada. La identificació de la fusta s'ha fet a partir de les descripcions anatòmiques i les fotografies superficials de diagnòstic disponibles en diferents obres de referència (Schweingruber, 1990). Per a la identificació del pol·len s'han fet servir les col·leccions de referència de la Universitat Autònoma de Barcelona. Els percentatges de pol·len s'han representat en forma de diagrama usant el programa Tilia (Tilia-Graph - TGview) (Grimm, 1992).

2.2. LES CARBONERES A LES PLANES DE SON I A LA MATA DE VALÈNCIA D'ÀNEU

Totes les recerques en antracologia de carboneres es basen en el mateix fonament, que no és cap altre que l'estudi de la distribució de les plaques carboneres en un espai determi-

nat. Habitualment, aquests espais en zones de muntanya coincideixen amb un vessant sençer o amb una part, sobre el qual hi ha una activitat silvícola i/o pastoral, i que pot tenir una extensió d'entre 10 i 50 ha i un desnivell de 200 a 300 metres. La idea és que la recerca sigui en un espai homogeni tant des d'un punt de vista biogeogràfic com topoclimàtic. Es tracta, per tant, d'una delimitació que no és neutra, sinó que està pensada perquè els resultats obtinguts puguin ser contrastats amb fonts documentals històriques, ja siguin gràfiques, escrites o orals, molt més fàcils de treballar i d'interpretar a partir de criteris administratius (Davasse, 2000; Pèlachs, 2005).

Seguint aquests criteris, es van seleccionar dues zones d'estudi: una a les Planes de Son i una altra a la mata de València (figura 8). L'objectiu no era tant fer un estudi antracològic com veure fins a quin punt es podia constatar la presència de carboneig a l'àmbit d'estudi. Per aquesta raó es va fer una selecció del bosc descartant-ne totes aquelles parts conreades actualment o en el passat a partir de la fotografia aèria de l'any 1956 (figura 11), encara que actualment poguessin estar repoblades, per evitar possibles espais carbonejats amb una forta

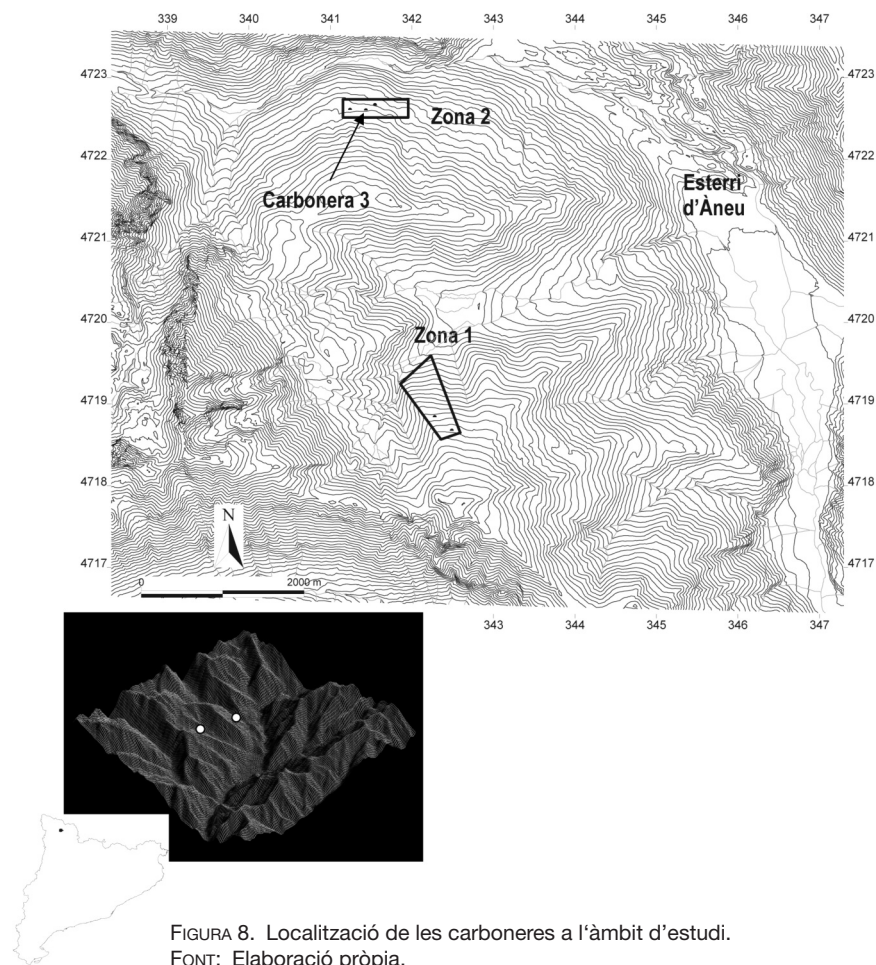


FIGURA 8. Localització de les carboneres a l'àmbit d'estudi.
FONT: Elaboració pròpia.



FIGURA 9. Carbonera de la mata de València.
FOTOGRAFIA: Albert Pèlachs.

alteració per altres activitats. Per fer-ho es va elaborar un ortofotomapa de l'any 1956 de l'àmbit d'estudi en el qual es va observar una important presència de zones conreades precedents. Per això, es van seleccionar dues obagues dins de l'àmbit d'estudi: la zona 1 (bosc Negre) i la zona 2 (mata de València, entre el planell de la Cabana Vella i la plana Redona), i s'hi va realitzar un mostreig d'identificació de restes de carbó vegetal a partir de la cerca de places carboneres (Pèlachs, 2005) (figura 9). A cadascuna de les places carboneres trobades es va fer un forat quadrat (50 cm de costat) del qual es va retirar el sediment cada 5 cm (Chabal, 1997; Bal, 2006). Al laboratori es van seleccionar tres carboneres, el sediment de les quals es va tamisar en sec a 5 mm i 2 mm i es van identificar 103 carbons de la carbonera més ben conservada, situada a l'interior de la mata de València (carbonera 3, o C3, zona 2).

3. RESULTATS I INTERPRETACIÓ

3.1. ESTUDI ANTRACOLÒGIC A LA MATA DE VALÈNCIA D'ÀNEU

La carbonera analitzada a la mata de València d'Àneu no ha estat datada per ^{14}C i, per tant, hi ha cert nivell d'incertesa sobre el moment d'explotació del carboneig. No obstant això, la identificació dels carbons vegetals de diferents nivells i la comparació amb altres àmbits de carboneig permeten formular diferents hipòtesis interessants que recerques futures hauran de validar.

En aquest sentit, a la taula 2 s'indiquen els diferents carbons identificats per a cada nivell de mostreig, on es pot observar l'exclusivitat del carbó del gènere *Pinus* a tota la seqüència. No obstant això, al nivell més profund de la carbonera també s'han identificat 7 carbons probables de *Calluna vulgaris*, i entre 5 i 10 cm de profunditat, un carbó d'*Abies alba*.

La presència quasi exclusiva de l'aprofitament de *Pinus sylvestris* a l'interior de la mata de València demostra el grau d'especialització de l'activitat del carboneig. I, si es compara amb altres zones de carboneig, permet plantejar la hipòtesi que, tal com passa en altres llocs i malgrat que és una fusta emprada per fer carbó des de l'època romana, la fusta d'abet es reservava per a la construcció i l'explotació silvícola (Davasse, 2000; Pèlachs, 2005).

TAULA 2. Antracologia de la carbonera C3 de la mata de València d'Àneu.

Nivell (cm)	Mida	<i>Pinus sylvestris</i> / <i>uncinata</i>	<i>Abies</i> <i>alba</i>	<i>Calluna</i> <i>vulgaris</i>	<i>Angiosperma</i> <i>no identificable</i>	<i>No</i> <i>identificable</i>
0-5	> 5 mm	18				
	> 2 mm	2				
5-10	> 5 mm	4				
	> 2 mm	14	1		1	2
10-15	> 5 mm	35				
	> 2 mm	3				
15-20	> 5 mm	4				
	> 2 mm	23		7		1
Total		103	1	7	1	3

D'altra banda, la presència de carboneres i rases de carbonet a l'interior de la mata de València i boscos propers demostra que el carboneig formava part de la multifuncionalitat d'activitats al bosc des de ben antic. Si es compara amb la Vallferrera i el bosc de Virós, i tenint en compte que amb anterioritat al segle x les carboneres trobades fins ara s'han vinculat a sistemes d'explotació minera, tot sembla indicar que aquesta carbonera podria formar part del sistema d'explotació forestal entre el segle xvii i principis de segle xx (Pèlachs, 2005), tot i que caldrien estudis més detallats i aprofundits per confirmar aquest fet.

3.2. EL DIAGRAMA POLLÍNIC DE LA TORBERA DE VALÈNCIA D'ÀNEU

En aquest estudi el diagrama pol·línic de la torbera de València d'Àneu ha permès:

1. Reconstruir l'evolució de la vegetació de la mata de València d'Àneu dels darrers dos mil·lennis, amb una atenció especial a la dinàmica de l'avetosa i a diferents esdeveniments destacats des d'un punt de vista biogeogràfic.
2. Indicar les principals perturbacions humanes que s'han produït durant aquest període i relacionar-les amb informació de tipus climàtic i cultural de l'àmbit d'estudi.

La descripció de les zones pol·líniques s'ha fet a partir de VAL-III, tenint en compte les referències properes de l'àmbit d'estudi (Catalan & Pla, 1998; Catalan *et al.*, 2001; Esteban *et al.*, 2003; Pèlachs *et al.*, 2007) i la dificultat per discernir el senyal bioclimàtic del senyal humà, la qual cosa ha aconsellat fer una única zonació (figura 10).

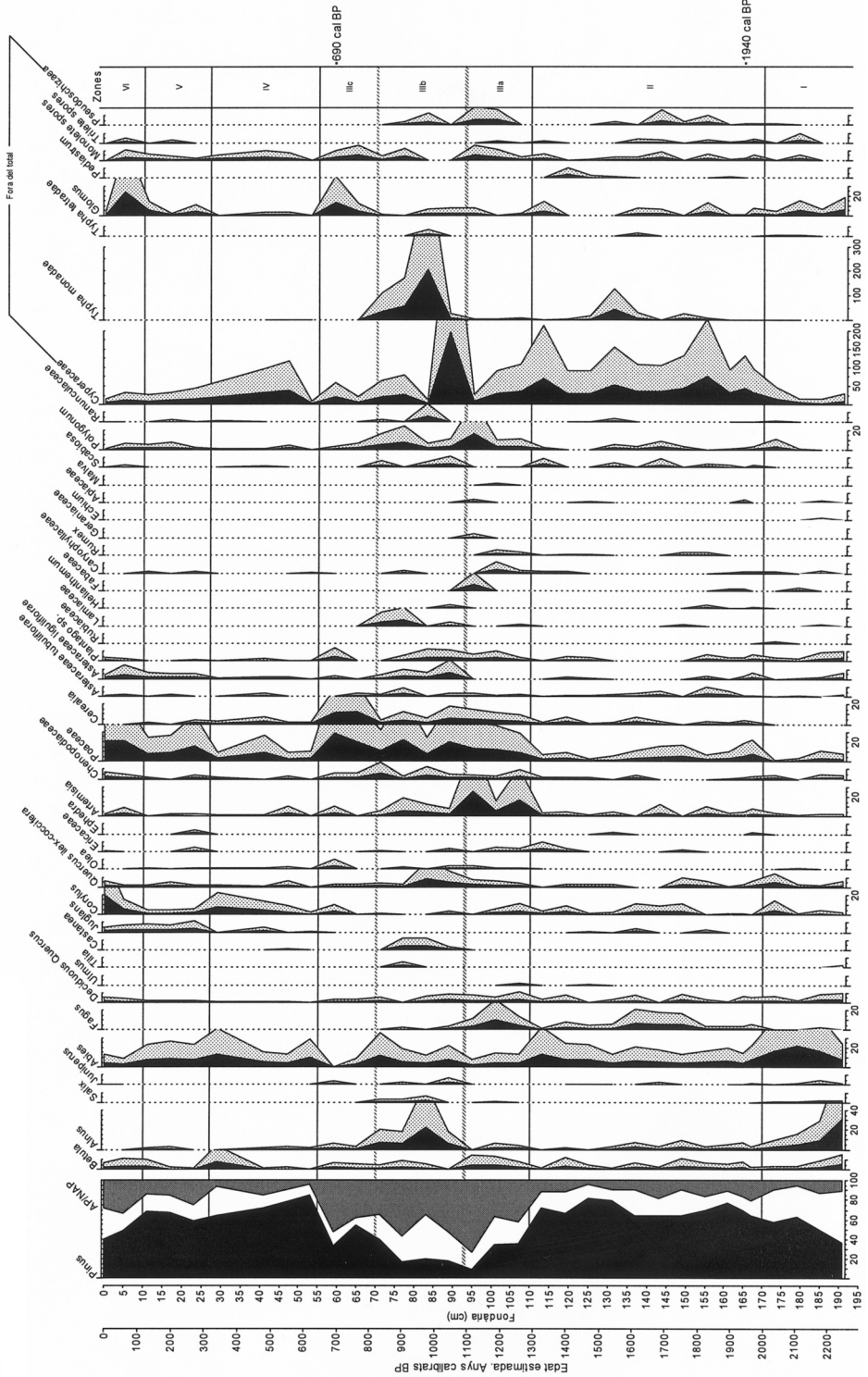


FIGURA 10. Diagrama pol·líníc de VAL-III.
FONT: Anàlisi pol·línica de Ramon Pérez-Obiol.

VAL-III / I (2200-2000 cal. BP): el declivi de l'abetosa «original»?

A l'inici d'aquesta zona, les freqüències d'*Abies* per damunt del 10 % amb un pic al voltant del 22 % només s'expliquen per la presència de l'abet *in situ* al voltant de la torbera i el fons de vall. El descens acusat d'*Alnus* i la presència de *Glomus* a l'inici d'aquesta seqüència podrien estar relacionats amb un descens del nivell freàtic de la torbera i, per tant, amb la colonització de l'abet fins a la cota de 1.150 m.

La caiguda d'*Abies* del final d'aquesta zona (d'un 22 % passa a un 5 %) es pot deure a una intervenció humana selectiva sobre aquesta espècie que afavoriria espècies com *Corylus*, que colonitzaria l'espai obert per l'abet. L'obertura de l'abetosa permetria l'arribada de *Quercus t. ilex-coccifera* de la solana de València d'Àneu.

Cal tenir en compte que la fusta forma part del sistema econòmic i social romà i és un element indispensable per a les nombroses obres públiques romanes i la construcció, i per als mobles i eines diverses, per a la qual cosa s'empraven arbres ben desenvolupats (*Sylva grossae*), mentre que l'explotació de les bosquines (*Sylva minuta*) proveïa de combustible la cuina i la calefacció (Esteban *et al.*, 2003). S'ha de tenir en compte que els romans consideraven la fusta d'abet com una espècie ben valorada per a la construcció (Davas, 2000) i que van plantar arbres fruiters com l'avellaner i la noguera.

La mineria és un altre sector relacionat amb l'explotació forestal: cal fusta per apuntalar les galeries, per fer foc per realitzar obertures a la roca o per fer el carbó vegetal necessari en el procés de transformació del mineral. Així, malgrat que el vessant nord-pirinenc va ser molt més explotat que no pas el vessant sud, no es pot oblidar que la zona aranesa devia entrar de ple en aquest moviment d'explotació, si bé no hi ha proves físiques d'aquest fet. En canvi, sí que hi ha proves de l'explotació de les mines de plom de Vilaller a l'Alta Ribagorça, ja que va provocar un augment de les partícules de plom sedimentades a l'estany Redon durant la romanització i un màxim cap a l'any 600 dC cal. (Catalan & Pla, 1998).

Pel que fa als jaciments fèrrics del Pallars Sobirà, el més antic data dels segles II i I aC, i s'ha trobat en un forn antic al bosc de Baiasca (Llavorsí) (Ermengol Gassiot, com pers.), tot i que fins ara la majoria de testimonis antics s'agrupen entre els segles III i VI dC a la Vallferrera i voltants. La datació de cinc carboneres entre els segles III i VI cal. dC i la identificació de carbons de pi juntament amb carbons d'abet han permès relacionar aquesta primera metal·lúrgia amb actuacions selectives sobre el bosc (Pèlachs & Soriano, 2003). En aquest sentit, les carboneres trobades a l'àmbit d'estudi no sembla que es corresponguin amb les d'aquesta època per la manca d'escòries de ferro que s'associen a aquest tipus de carboneres, si bé tant a les informacions de Francisco de Zamora de l'any 1787 (Padilla, 1997) com a les de Frigola de l'any 1824 s'explica que a la vall d'Àneu hi ha mines de diversos minerals, entre els quals el ferro, i d'Esterrí d'Àneu destaquen les vetes de plom i altres minerals. En canvi, de Son només indiquen la presència de salines que neixen d'una única font. Per tant, no es descarta trobar carboneres d'aquesta època almenys a la mata de València.

VAL-III / II (2000-1300 cal. BP): l'abetosa amb faig

En aquesta zona l'abetosa es manté al voltant del 5 % i per tant la seva presència es pot localitzar a una cota altitudinal superior a la del període precedent. La intervenció de la fase anterior damunt l'abetosa deixa al descobert terrenys que s'ocupen primer per algunes espècies típiques de prats i clarianes (Poaceae, *Plantago* sp., Asteraceae, etc.) i permeten

l'arribada d'espècies arbòries que competeixen amb l'abet per l'espai com *Corylus* a les parts més baixes i *Fagus*, *Pinus* i *Betula* en les mateixes zones que l'abet. Per aquesta raó cal suposar que durant aquest període l'abetosa de la mata de València era mixta i —a diferència d'ara— comptava amb la presència de faig al seu interior.

La presència d'algunes de les espècies herbàcies citades anteriorment, juntament amb presències puntuals de *Juglans*, *Juniperus* i *Artemisia* i l'inici de la corba de *Cerealia* i *Castanea*, denota la gestió humana del territori, que es pot relacionar sobretot amb activitats ramaderes i agrícoles i que podrien haver fet augmentar els nivells de *Pseudoschizaea* (resta algal indicadora d'erosió). No s'observa cap pertorbació, ni natural ni humana, prou important des d'un punt de vista forestal, tot i que les fluctuacions d'*Abies*, *Fagus* i *Betula* indiquen una dinàmica natural de l'estatge subalpí que també podria ser el resultat de cert manteniment de l'acció humana, com ho demostren tàxons que apareixen per l'obertura de l'espai forestal com *Juniperus*, *Ericaceae* i *Artemisia*.

Aquest conjunt d'evidències ha permès confirmar el desigual impacte que aquest període va tenir respecte d'altres valls situades al mateix Pallars, la Val d'Aran i l'Alta Ribagorça. Tot i que de moment la manca d'estudis concrets sobre aquest període no permet saber quin va ser l'autèntic paper del món romà i els primers anys de la seva transició cap a l'edat mitjana en aquesta regió i fins a quin punt és probable que amb la seva actitud es condicionés l'augment de les pràctiques antròpiques (control, comerç, etc.) durant i després de la seva presència.

VAL-III / III (1300-650 cal. BP): l'explosió de les activitats humanes

Aquesta fase sencera es caracteritza per la disminució de l'estrat arbori i l'obertura del medi forestal representada per un fort augment de la presència d'herbàcies i llenyoses. El diagrama pol·línic permet distingir certes particularitats que s'han separat en tres subzones.

VAL-III / IIIa (1300-1100 cal. BP): pertorbació global

A la vegada que *Pinus* retrocedeix més avall del 20 % i *Abies* cau per sota del 5 %, *Fagus*, *Betula* i *Corylus* s'aprofiten d'aquest fet i augmenten la representació i fan un pic per caure, a continuació, com la resta de l'estrat arbori. El gran augment d'*Artemisia*, *Poaceae*, *Rumex* i *Polygonum* s'explicaria per l'augment de les pràctiques ramaderes. El fort increment de *Cerealia* (majoritàriament *Secale*) i *Fabaceae* indica també el desenvolupament de les pràctiques agrícoles. Aquestes evidències permeten suposar una forta pertorbació humana a tots els estats i un augment de l'erosió del sòl, com ho demostra l'augment de *Pseudoschizaea* i l'obertura del paisatge que provoca l'arribada del pol·len d'*Olea*, en aquella època l'olivera està documentada als dominis del monestir de Gerri de la Sal (Esteban *et al.*, 2003), la qual cosa podria fer palès l'òptim climàtic medieval.

Per tant, tal com passa en altres indrets pallaresos i ribagorçans, l'impacte de la pertorbació humana s'accentua a partir del període altmedieval, quan l'activitat humana augmenta desmesuradament, amb una desforestació molt intensa i que coincideix amb un augment dels indicadors antròpics primaris i secundaris com no s'havia donat fins aleshores. Serà en aquest llindar de pertorbació antròpica que es posaran les bases dels actuals paisatges, no tant perquè sigui la més recent sinó perquè s'establiran un seguit de dinàmiques

que ja no tindran volta enrere: el límit altitudinal superior del bosc davalla, l'agricultura augmenta (i per això hi ha noves desforestacions a l'estatge montà), s'intervé en les lleres dels rius amb noves formes d'agricultura, etc. En definitiva, el territori s'estructura entorn de l'ordre feudal, que articula i controla el territori i lògicament això vol dir que es començarà a distingir molt bé entre les zones de residència (pobles, cases aïllades, bordes, etc.) i les zones de treball (camps, vinyes, prats, etc.).

VAL-III / IIIb (1100-800 cal. BP): la gestió de la torbera?

Aquesta zona es caracteritza per la presència destacada d'*Alnus*, el qual, juntament amb la dinàmica de les Cyperaceae i *Typha-Sparganium*, permet relacionar aquest episodi amb un augment del nivell freàtic de la torbera. El desenvolupament del vern s'explicaria per certa recuperació d'un bosc de galeria prop de la torbera, com ho denoten les identifications de macrorestes vegetals d'*Alnus* fetes a aquest nivell i la presència de *Salix* al diagrama pol·línic. És possible que durant aquest període augmentés la varietat d'espècies conreades, com també ho indicaria la corba de Lamiaceae i l'aparició de *Castanea*.

Els documents altmedievals expliquen que durant aquest període era habitual conrear en zones fangoses situades als marges del riu, que periòdicament s'inundaven i que s'anomenaven «insules», la gestió de les quals permetia conèixer mecanismes per gestionar indrets amb un drenatge natural imperfecte com les torberes (Esteban *et al.*, 2003) i, per tant, no seria sorprenent que s'afavorís la *Typha-Sparganium*.

VAL-III / IIIc (800-650 cal. BP): la desaparició de l'avetosa amb faig

L'inici d'aquesta fase es caracteritza pels percentatges elevats de Poaceae i Cerealia, que contrasten amb uns canvis dràstics en el paisatge forestal com a conseqüència del descens d'*Alnus*, *Abies* i *Pinus*, que al final de la seqüència permeten el rebrot de *Corylus* i la captació d'*Olea* (regional o llunyana). Segurament en aquest episodi la torbera de València d'Àneu va veure com el freàtic disminuïa molt, com indica l'augment de *Glomus*. A partir d'aquesta fase a la mata de València ja no hi tornarà a haver una avetosa mixta amb faig.

VAL-III / IV (650-350 cal. BP): la recuperació de l'avetosa

Des de l'any 650 cal. BP s'observa certa recuperació de l'estrat arbori encapçalada per la presència de tres espècies arbòries principals: *Corylus*, *Abies* i *Pinus*, que es repartien i combinarien en diferents estats i hàbitats i a les quals s'afegiria *Betula* al final d'aquest episodi.

Malgrat que la presència d'indicadors antròpics es manté, si es compara amb l'episodi precedent, el seu grau no és tan elevat, tal com es pot analitzar a partir de la corba de Cerealia. La pressió humana sobre el medi és moderada. Val a dir que el nivell de 35 cm fa 400 anys cal. BP és estèril des d'un punt de vista pol·línic, fet que coincideix amb una gran presència de microcarbons i que podria estar indicant algun incendi proper i puntual en el temps.

Per tant, no sembla que les repercussions de la Petita Edat del Gel fossin suficientment importants per afectar les activitats econòmiques de les classes dominants, que eren majoritàriament ramaderes. No obstant això, als Pirineus hi ha documents que constaten da-

vallades importants d'algunes espècies conreades (com la vinya), la qual cosa fa pressuposar que aquest episodi climàtic sí que va tenir efectes negatius per a una base de la societat eminentment agrícola, tot i que aquest és un tema que s'ha de demostrar i pot presentar grans diferències locals, com indica el diagrama pol·línic de VAL-III, on precisament s'observa una recuperació de la vegetació de muntanya. Aquesta zona coincideix amb l'anomenada «crisi baixmedieval», que va suposar l'abandonament d'alguns pobles a l'àmbit pallarès, per la qual cosa sembla possible que hi hagués una disminució de la pressió sobre el medi natural, cosa que va provocar l'aforestació d'antics espais de conreu i de pastura i una recuperació del bosc. Durant aquesta època el paper de les cases fortes, petits poders locals a l'interior de les comunitats, s'ha relacionat inicialment amb la seva capacitat ramadera i per això la pressió sobre les pastures va continuar existint, però no s'ha d'oblidar la gran varietat de feines que des de les cases fortes es duïen a terme. La diversificació de feines, al contrari de l'especialització, pot provocar que es recuperi el bosc i que es regenerin les masses forestals, que de nou tornarien a ser mixtes (avet, pi i bedoll), afavorides per diferents tipus d'intervenció selectiva.

VAL-III / V (350-150 cal. BP): un nou augment de la pressió humana

Les caigudes brusques i les oscil·lacions lleugeres de diversos tàxons arboris com *Abies*, *Corylus*, *Betula* i *Pinus* s'acompanyen d'un gran augment de les Poaceae i *Juglans*, que denoten l'obertura de pastures i les plantacions d'arbres. Val a dir que de les nogueres s'extreia un oli d'un alt valor alimentari i terapèutic igual o superior al d'oliva, i, per tant, en determinats moments podien constituir una alternativa a l'oleïcultura (Esteban *et al.*, 2003).

L'explotació del bosc sembla del tot evident i l'aprofitament de l'avetosa també, tenint en compte la dinàmica del bosc. A més, l'aparició d'Ericaceae podria denotar un augment de les espècies ruderals per l'ús de la xarxa de camins i *Ephedra* i *Glomus* explicarien unes condicions d'aridesa a la torbera. Sembla que amb l'arribada del segle XVII i sobretot durant els segles XVIII i XIX les activitats s'intensifiquen molt. En aquest sentit, un altre cop s'ha de tenir en compte que el paper de les cases fortes continua sent fonamental en els processos d'especialització, com per exemple el del ferro a la Vallferrera (Pèlachs, 2005). Aquest fet generarà lluites entre les comunitats i els poders locals per l'aprofitament dels recursos naturals, que patiran un fort augment de la pressió. L'historiador Josep Maria Bringué ha destacat els vuitanta-quatre conflictes del segle XVIII i els sis d'inicis del segle XIX sobre els béns comunals de la vall d'Àneu, motivats per la disputa dels drets sobre els béns dels pobles i els seus límits, l'increment de la pressió sobre boscos i pastures, i la introducció dels canvis en la propietat per vendes, arrendaments, etc. (Bringué, 1996). Per si això no fos prou, també s'ha de considerar el possible paper de la marina a l'hora de buscar boscos i l'aprofitament de fusta comercial, activitats que tenien en l'avet un bé preuat.

VAL-III / VI (150-0 cal. BP): el preàmbul del paisatge actual

El darrer episodi situa el paisatge vegetal a les portes del paisatge actual, amb uns percentatges d'*Abies* al voltant del 5 %, a la vegada que *Pinus* retrocedeix significativament i augmenten progressivament colonitzadors d'antigues zones de conreu com *Corylus* —sobretot al final de la seqüència— o espècies plàstiques com *Betula*.

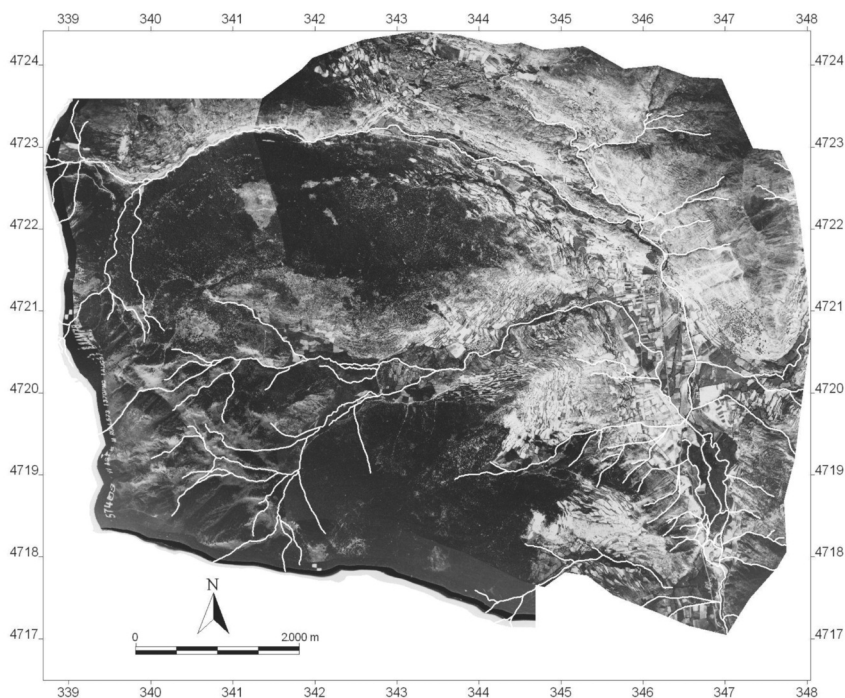


FIGURA 11. Fotografia aèria de l'àmbit d'estudi de l'any 1956.

FONT: Grup de Recerca en Àrees de Muntanya i Paisatge i elaboració pròpia.

En aquesta zona també es pot analitzar el pas del groc dels cereals al verd de les pastures de fons de vall, fet que coincideix amb una disminució del freàtic de la torbera com indica la corba de *Cyperaceae* i *Glomus* i que segurament suposa la desaparició definitiva d'*Alnus* al voltant de la torbera analitzada.

Quan Pascual Madoz (1845-1850) explica que a mitjan segle XIX els boscos de València d'Àneu tenien pins i avets que donaven fusta abundant, així com a Vielha i Mijaran hi ha grans boscos amb pins, faigs, avets, bedolls, pins i roures que s'utilitzen per a la construcció, la llenya i el carbó, explica de quina manera s'intervé en l'explotació silvícola. Al segle XX Carreras Candi (1909?) diu que Isil, Sorpe i Son tenen muntanyes cobertes de boscos de gran riquesa i amb una important explotació forestal, comentaris que Morelló confirma l'any 1904 dient que sembla que els habitants de la vall d'Àneu hagin declarat la guerra als arbres, ja que els tallen sempre i no en planten de nous (Esteban *et al.*, 2003).

S'ha de tenir en compte que una mateixa massa forestal es podia tallar en intervals de 30 a 45 anys i per aquesta raó l'avetosa de la mata de València es tallava regularment, com demostra la fotografia aèria de l'any 1956, en la qual es pot observar una tallada recent i una altra de més antiga que contrasta amb la gran zona de conreus al voltant de l'àmbit d'estudi (figura 11) i que el diagrama pol·línic recull de manera precisa quan s'observa l'oscil·lació negativa de l'avet, en un moment en el qual la construcció de les grans centrals hidroelèctriques i la construcció d'infraestructures demanaven fusta. A més, no s'ha d'oblidar que durant el segle XX l'explotació comunal s'ha basat sobretot en l'activitat silvícola i la ramaderia com a principal font d'ingressos d'unes poblacions molt mancades de recursos.

4. DISCUSSIÓ DE RESULTATS

El diagrama pol·línic és comparable a nombrosos diagrames del sud i centre dels Alps, del centre de França i dels mateixos Pirineus (Beaulieu, 1977; Clerc, 1988; David, 1993; Nakagawa, 1998; Pèlachs *et al.*, 2007). Nakagawa *et al.* (2000) troben als Alps centrals francesos una seqüència cronològicament semblant amb tres fases d'impacte, cadascuna de les quals és seguida per diferents patrons de recuperació del bosc. La primera desforestació es dona cap al 2060 BP, en època romana, i es registra una explotació selectiva de l'abet. Els boscos d'abet formaven part d'una economia molt activa pels voltants del Roine. Kütster (1994) compila diversos diagrames pol·línics del Roine, l'Elba i el Danubi, i demostra que l'explotació en temps romà no fou totalment destructiva. Diverses zones d'abetosa es deixen sense tocar. L'autor conclou que el concepte i la pràctica de «gestió forestal» va ser comuna al temps dels romans. La segona, cap al 1520 BP (al llarg dels segles v i vi), denota una evidència substancial d'activitat agrícola. La tercera, cap a l'any 810 BP, molt centrada al segle xii, és semblant a l'anterior però molt més continuada i gens selectiva, sense deixar recuperar el bosc.

Aquests fets coincideixen força amb l'evolució dels percentatges d'*Abies* que es pot observar a la figura 12, on es pot veure la dinàmica de l'abetosa de la mata de València, i encaixen, en línies generals, amb el model regional explicat per als Pirineus i els episodis descrits a partir dels estanys Redó i Redon al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Esteban *et al.*, 2003), així com també a l'estany de Burg (Pèlachs *et al.*, 2007). La torbera de València d'Àneu ha posat de manifest d'una manera molt més clara una possible actuació selectiva sobre l'abetosa en període romà i ha confirmat els indicis que expliquen que durant el període medieval s'inicien unes dinàmiques que durant l'edat moderna i el segle xx ens conduiran als paisatges actuals.

La mata de València s'ha pres com a referent d'aquesta història, els diagrames pol·línics posats en context permeten plantejar algunes hipòtesis interessants respecte de la història de l'abetosa des dels seus orígens i establir moments d'un domini més important d'aquesta espècie. En altres zones del Pallars Sobirà l'*Abies alba* va ser l'espècie arbòria principal fa entre 6.200 i 2.800 anys cal. BP, moment en què l'abetosa com a formació estable dona pas a la pineda de pi roig en l'estatge subalpí. A la vegada que això ocorre la roureda mixta (*Quercus* sp., *Tilia* sp., *Ulmus* sp. etc.) també experimenta una forta caiguda. Aquesta forta pertorbació sobre l'estatge subalpí i montà permetrà que la pineda s'expandeixi com un ràpid colonitzador i poblí l'espai ocupat per l'abetosa com a producte d'un cúmul de circumstàncies en què s'entrecreuen el canvi climàtic i l'acció humana (Pèlachs *et al.*, 2007). A la mata de València això no passa i l'abet, malgrat les fortes pertorbacions rebudes, es recupera una vegada i una altra si bé mai no assoleix els nivells de l'abetosa de fa 2.000 anys (figura 12).

La investigació d'una seqüència amb alts nivells d'antropització aporta una informació força valuosa per a la lectura de l'evolució del paisatge dels 2.000 darrers anys en ambients muntanyosos majoritàriament subalpins. El diagrama pol·línic proporciona resultats sobre els paisatges agrícoles pretèrits, al mateix temps que contribueix a entendre millor la relació entre els espectres pol·línics i el recobriment vegetal. Amb models de calibració és possible caracteritzar les comunitats vegetals a partir de la pluja pol·línica que produeixen i que es disposa en els sediments. Cal pensar que els paràmetres climàtics no es poden aplicar directament però sí que es poden tenir en compte. L'espectre pol·línic actual no s'ha donat mai en els darrers 2.000 anys; d'aquí cal deduir que l'aplicació de models com els denominats MAT (*modern analogue technique*) no és vàlida, si més no, en els 2.000 darrers anys en aquesta zona del Pallars.

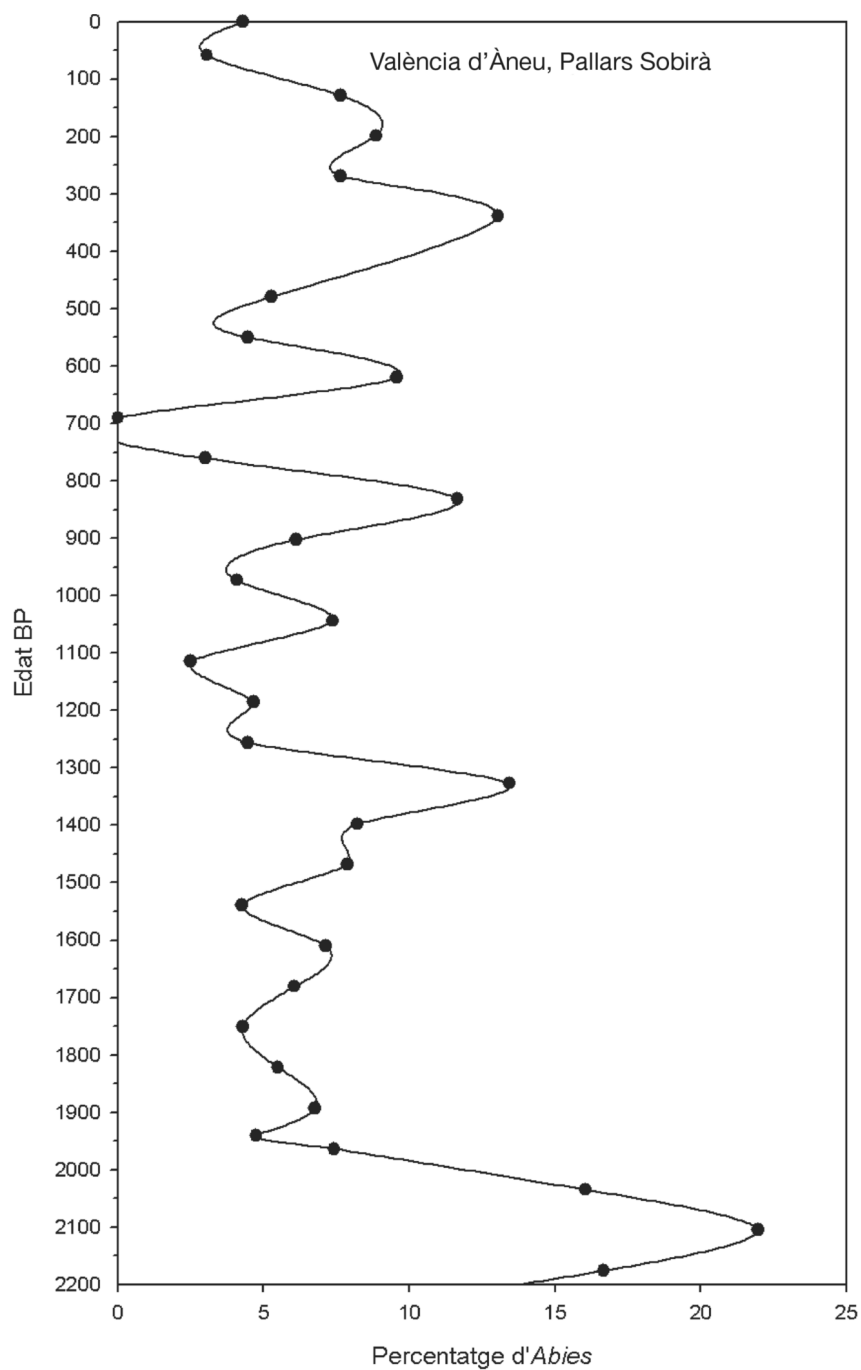


FIGURA 12. Dinàmica d'*Abies alba* a la torbera VAL-III.

FONT: Elaboració pròpia.

Establint comparacions detallades, s'observen diferències notables entre els dos conjunts de dades (pol·len - recobriment vegetal), això fa que calgui explorar models que serveixin sobretot per a regions de muntanya. La calibració de la vegetació i els espectres pol·línics de muntanya és la clau per entendre certs patrons d'evolució en aquest tipus de recerca. Les hipòtesis d'autors com Muller *et al.* (2005), que postulen que hi ha un creixement del pol·len regional i llunyà en els sediments quan s'incrementa l'altitud, només és vàlida per a certs tàxons. En mostres sedimentàries de superfície de llacs s'observa que la presència en els espectres pol·línics de tàxons com *Tilia*, *Abies*, *Ulmus* i *Fagus* representen quasi sempre presències locals o properes en les regions de muntanya. Moltes calibracions han utilitzat factors de correcció o valors R (la ràtio entre el conjunt pol·línic i la comunitat vegetal que representa). Actualment es treballa amb diferents models agrupats dins la denominació ERV (*extended R value*). Cal dir, però, que el model ERV més complet el proporciona Prentice (1988), ja que és un model a què s'afegeix, entre altres factors, la distància ponderada de deposició. Cada espectre pol·línic i cada tipus pol·línic és considerat basant-se en la formulació de Sutton de difusió de partícules des d'un punt determinat. L'equació prediu un patró leptocúrtic de dispersió de pol·len (figura 13). Es té en compte per

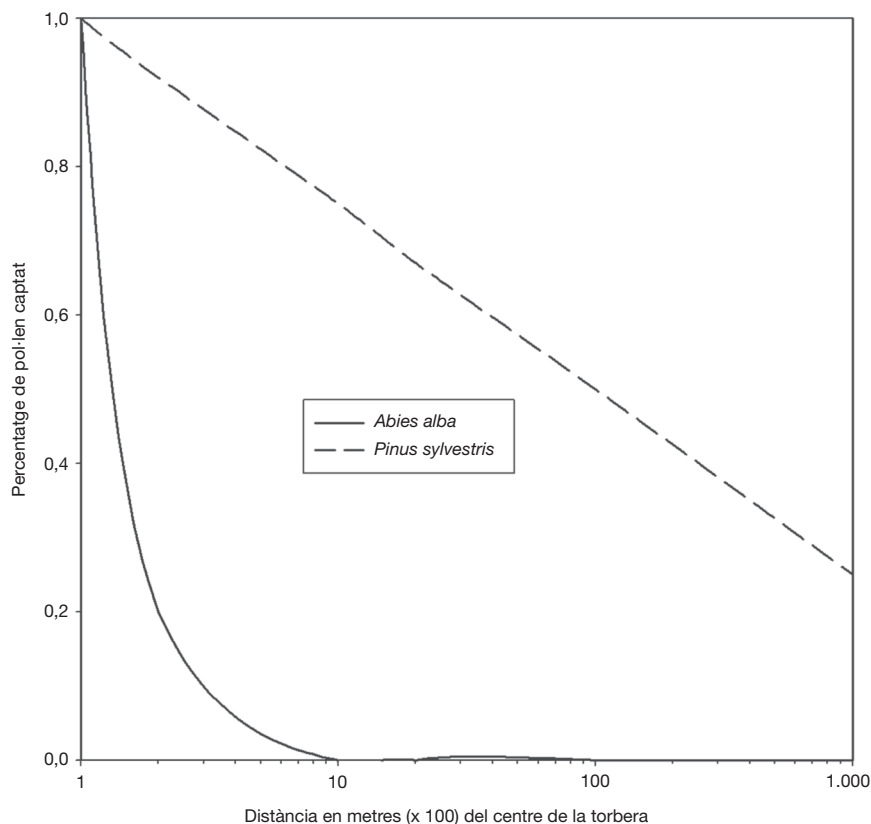


FIGURA 13. Model de Prentice (1988) per a la difusió d'*Abies alba* i *Pinus sylvestris* a partir del postulat de Sutton.
FONT: Prentice (1988).

a cada tàxon (entre altres paràmetres) la producció pol·línica estimada, la distància al centre de recepció, la velocitat de caiguda, el radi del pol·len i la densitat del gra. La velocitat de caiguda s'estima utilitzant la llei de Stoke per a partícules esfèriques.

Pel que fa a *Abies*, tàxon que ha marcat fortament l'evolució del paisatge vegetal d'aquesta zona pallaresa dels darrers 2.000 anys, cal dir que és molt sensible al mètode de distància ponderada esmentat. Per exemple, segons Eisenhut (1961), *Abies alba* presenta una velocitat de caiguda de $0,12 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$, mentre que altres plantes semblants, com coníferes com *Pinus sylvestris*, presenten valors de $0,056 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Sugita (1993) calcula una velocitat de caiguda per a *Acer pseudoplatanus* també de $0,056 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Cal pensar sempre en les diferències intertaxonòmiques per fer una bona interpretació de la dispersió i deposició pol·línica.

5. CONCLUSIONS

La recerca plantejada ha permès explicar la geohistòria ambiental dels darrers 2.000 anys de l'àmbit d'estudi. La torbera de València d'Àneu ha demostrat que és un bon registre paleoambiental, ja que a partir dels resultats obtinguts no s'han observat fenòmens de pertorbació de la seqüència sedimentària, la qual cosa ha proporcionat una visió dels canvis per dècades que ha afavorit l'estudi dels efectes antròpics abruptes, de la mateixa manera que l'anàlisi de les carboneres ha aportat informació complementària sobre el procés d'especialització de les activitats humanes a l'interior del bosc.

Les dades demostren que el paisatge vegetal actual d'aquesta regió dels Pirineus no s'ha donat mai al llarg dels darrers 2.000 anys i que el senyal climàtic no es troba ben representat a causa de la pertorbació humana del paisatge durant aquest període. Per exemple, a escala local el nivell hídic de la torbera ha variat constantment tal com indiquen els tàxons higrohidròfils. Per aquesta raó, no es pot fer una inferència climàtica directa, ja que no és possible aïllar la presència humana de la dinàmica vegetal i per tant no hi ha una correspondència clara, durant aquesta època, entre el clima i la vegetació original.

Un dels tàxons de més interès antròpic i climàtic és l'abet. Els espectres pol·línics passats, tal com es veu al diagrama, mostren una reducció d'aquesta àrea per factors molt més relacionats amb la intervenció humana que amb el clima. Les pertorbacions a què s'ha sotmès l'abetosa demostren que aquesta es recupera amb certa facilitat, al contrari del que passa en altres parts dels Pirineus i Prepirineus, i això evidencia una elevada idoneïtat vers el seu hàbitat actual.

Durant el primer mil·lenni de la nostra era es denota la presència de boscos de faig que conviuen amb tota probabilitat amb l'abet, fruit de l'acció continuada i selectiva sobre els boscos i en particular l'abetosa. El faig actua com a colonitzador de l'espai obert i s'ha de relacionar directament amb l'activitat humana. Com també els nivells màxims de *Corylus avellana* que s'assoleixen actualment i que es deuen a la colonització de fondalades humides anteriorment usades per al conreu i les pastures.

La torbera de València d'Àneu ha posat de manifest d'una manera molt clara una possible actuació selectiva sobre l'abetosa en període romà i ha confirmat els indicis que expliquen que durant el període medieval s'inicien unes dinàmiques que durant l'edat moderna i el segle XX conduiran aquest entorn als paisatges actuals.

Així doncs, la successió vegetal dels darrers dos mil·lennis de l'àmbit d'estudi a l'estatge subalpí es resumeix en una extensió màxima del bosc d'abet (2200-2000 cal. BP); actuacions selectives sobre l'abetosa i entrada del faig (2000-1300 cal. BP); desforestació per

l'increment de la zona agrícola, disminució del límit superior del boc i desaparició definitiva del faig (1300-800 cal. BP); màxima desforestació de l'abetosa (800-650 cal. BP) i la recuperació de l'abetosa (sense la presència del faig) que, amb diverses oscil·lacions, arriba fins a l'actualitat (entre 650 cal. BP i l'actualitat).

AGRAÏMENTS

Aquesta recerca no hauria estat possible sense l'ajuda rebuda pels responsables del Parc Natural de l'Alt Pirineu i en especial l'Agustí Esteban Amat, al qual volem agrair la sensibilitat envers la recerca ambiental i el coneixement de la zona. El sondeig a la torbera ha estat possible gràcies a les gestions fetes per Aureli Carnicer i a l'empresa COPCISA, que n'ha autoritzat l'accés, sota la supervisió de Maria Álvarez, a qui estem especialment agraïts per les facilitats donades. També volem agrair la col·laboració desinteressada en les feines de treball de camp de Riker Yll i Jordi Llorens.

BIBLIOGRAFIA

- AUBERT, S. (1993). *Étude palynologique de la tourbière de la Bassa d'Ulès (Val d'Aran, Espagne)*. Tolosa: Université de Toulouse - Le Mirail. DEA Géographie et Aménagement, 34 p.
- BAL, M.-C. (2005). «Propositions méthodologiques pour l'étude des flux agro-sylvo-pastoraux en montagne pyrénéenne: évaluation qualitative et quantitative des résidus d'incendies à partir des analyses pédo-anthracologiques». *Anthropozoologica*, vol. 40, núm. 1, p. 81-93.
- (2006). *Constructions et dynamiques des espaces et des terrasses agro-pastorales en zone intermédiaire des Pyrénées du Néolithique à nos jours (Cerdagne, Pays Basque et Pays de Sault): Approche archéoenvironnementale par la pédoanthracologie*. Tesi doctoral. Tolosa: Université de Toulouse - Le Mirail.
- BEAULIEU, J. L. de (1977). *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocene de la végétation des Alpes meridionales françaises*. Tesi doctoral. Marsella: Université d'Aix-Marseille III.
- BEAULIEU, J.-L. de; MIRAS, Y.; ANDRIEU-PONEL, V.; GUITER, F. (2005). «Vegetation dynamics in north-western Mediterranean regions: instability of the Mediterranean bioclimate». *Plant Biosystems*, vol. 139, núm. 2, p. 114-126.
- BENNET, K. D.; TZEDAKIS, P. C.; WILLIS, K. J. (1991). «Quaternary refugia of north European trees». *Journal of Biogeography*, núm. 18, p. 103-115.
- BONHÔTE, J.; DAVASSE, B.; DUBOIS, C.; GALOP, V.; MÉTAILIÉ, J.-P. (2000). «Histoire de l'environnement et cartographie du temps dans la moitié est des Pyrénées: pour une chrono-corologie». A: BARRUÉ, M.; BERTRAND, G. *Le temps de l'environnement*. Tolosa: Presses Universitaires du Mirail.
- BONHÔTE, J.; DAVASSE, B.; DUBOIS, C.; IZARD, V.; MÉTAILIÉ, J.-P. (2002). «Charcoal kilns and environmental history in the eastern Pyrenees (France): a metodological approach». A: THIÉBAULT, S. [ed.]. *Charcoal Analysis: Methodological Approaches Palaeoecological Results and Wood Uses: Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology*. París; Oxford: Hadrian Books Ltd, p. 219-228. (BAR International Series; 1063)
- BRINGUÉ, J. M. (1996). «La conformació dels drets comunitaris sobre el territori: la vall d'Àneu, segles XV-XVIII». A: BUSQUETA, J. J. *Béns comunals als Països Catalans i a l'Europa contemporània: Sistemes agraris, organització social i poder local als Països Catalans*. Lleida: Institut d'Estudis Ilerdencs, p. 151-171.
- BURJACHS, F. (1994). «Palynology of the upper Pleistocene and Holocene of the north-east Iberian peninsula: Pla de l'Estany (Catalonia)». *Historical Biology*, núm. 9, p. 17-33.
- BURJACHS, F.; JULIÀ, R. (1994). «Abrupt climatic changes during the last glaciation based on pollen analysis of the Abric Romani, Catalonia, Spain». *Quaternary Research*, vol. 42, núm. 3, p. 308-315.

- CARRERAS CANDI, F. (1909?). *Geografia general de Catalunya*. Barcelona: Albert Martín.
- CARRIÓN GARCÍA, J. S.; MUNUERA GINER, M.; NAVARRO CAMACHO, C.; SÁEZ SOTO, F. (2000). «Paleoclimas e historia de la vegetación cuaternaria en España a través del análisis polínico: viejas falacias y nuevos paradigmas». *Complutum*, vol. 11, p. 115-142.
- CATALAN, J.; PÉREZ-OBOL, R.; PLA, S. (2001). «Canvis climàtics a Aigüestortes durant els darrers 15.000 anys». A: *V Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Lleida: Departament de Medi Ambient, p. 45-51.
- CATALAN, J.; PLA, S. (1998). «10.000 anys d'història ambiental al Parc». *El Portarró* [Espot], núm. 5, p. 4-7.
- CATALAN, J.; PLA, S.; RIERADEVALL, M.; FELIP, M.; VENTURA, M.; BUCHACA, T.; CAMARERO, L.; BRANCELJ, A.; APPLEBY, P. G.; LAMI, A.; GRYNES, J. A.; AGUSTÍ-PANAREDA, A.; THOMPSON, R. (2002). «Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century». *Journal of Paleolimnology*, vol. 28, núm. 1, p. 129-145.
- CHABAL, L. (1997). *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive): L'antracologie, méthode et paléoécologie*. Paris: Maison des Sciences de l'Homme. (Documents d'Archéologie Française; 63)
- CLERC, J. (1988). *Recherches pollenanalytiques sur la paleoecologie tardiglaciaire et holocene du Bas-Dauphin*. Tesi doctoral. Marsella: Université d'Aix-Marseille III.
- CUNILL, R. (2007). *Estudi de l'evolució del límit superior del bosc mitjançant la pedoantracologia a la zona de Plaús de Boldís-Montarenys (Pallars Sobirà)*. Memòria de recerca. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- DAVASSE, B. (2000). *Fôrets, charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'est du moyen âge à nos jours: Une approche géographique de l'histoire de l'environnement*. Tolosa: GEODE.
- DAVASSE, B.; GALOP, D. (1990). «Le paysage forestier du haut Vicdessos (Ariège): l'évolution d'un milieu anthropisé». *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest*, vol. 61, núm. 1, p. 433-457.
- DAVID, F. (1993). «Altitudinal variation in the response of the vegetation to Late-glacial climatic events in the northern French Alps». *New Phytologist*, núm. 125, p. 203-220.
- DYAKOWSKA, J.; ZURZYCKI, J. (1959). «Gravimetric studies on pollen». *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences. Ser. Sci. Biol.*, núm. 7, p. 11-16.
- EISENHUT, G. (1961). «Untersuchungen über die Morphologie und Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume». *Forstwissenschaftliche Forschungen: Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt* [P. Parey], 15. 68 p. [Traducció a l'anglès de S. T. JACKSON i P. JAUMANN, 1989]
- EL MOUSADIK, A.; PETIT, R. S. (1996). «Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco». *Molecular Ecology*, núm. 3, p. 547-555.
- ESTEBAN, A. [coord.]; OLIVER, J.; CÔTS, P.; PÉLACHS, A.; MENDIZÁBAL, E.; SORIANO, J. M.; NASARRE, E.; MATAMALA, N. (2003). *La humanización de las altas cuencas de la Garona y las Nogueras (4500 aC - 1955 dC)*. Madrid: Servicio Nacional de Parques Nacionales.
- FRIGOLA, V. (1824). *Relación de los pueblos de que consta el Principado de Cataluña*. Barcelona: Imprenta de la Viuda é Hijos de D. Antonio Brusi.
- GALOP, D. (1998). *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées: 6.000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*. Tolosa: GEODE: Laboratoire d'Ecologie Terrestre: FRAMESPA.
- GALOP, D.; JALUT, G. (1994). «Differential human impact and vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3.000 BP to the present». *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 3, núm. 4, p. 225-244.
- GALOP, D.; MONNA F.; BEYRIE, A.; CAROZZA, L.; MOUGIN, V.; MAREMBERT, F.; PARENT, G. (2002). «Métallurgie et histoire de l'environnement au cours des cinq derniers millénaires en Pays Basque nord (vallée de Baigorri, Pyrénées-Atlantiques, France): résultats préliminaires d'une approche interdisciplinaire». *Archeologia Postmedievale*, núm. 6, p. 155-169.
- GOEURY, C.; BEAULIEU, J. L. (1979). «A propos de la concentration du pollen a l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux». *Pollen et Spores*, núm. 21, p. 239-251.
- GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B. L.; MORENO, A.; JALUT, G.; GARCÍA-RUIZ, J. M.; MARTÍ-BONO, C.; DELGADO-HUERTAS, A.; NAVAS, A.; OTTO, T.; DEDOUBAT, J. J. (2006). «Climate variability

- ity in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by El Portalet sequence». *Quaternary Research*, vol. 66, núm. 1, p. 38-52.
- GRIMM, E. C. (1992) «Tilia and Tilia-Graph: pollen spreadsheet and graphics programs». A: *8th International Palynological Congress. Aix-en-Provence, France*, p. 56
- HICKS, S. (2001). «The use of annual arboreal pollen deposition values for delimiting tree-lines in the landscape and exploring models of pollen dispersal». *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 117, núm. 1-3, p. 1-29.
- HUNTLEY, B.; BIRKS, H. J. B. (1983). *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0-13,000 Years Ago*. Cambridge: Cambridge University Press.
- JALUT, G. (1974). *Évolution de la végétation et variations climatiques durant les quinze derniers millénaires dans l'extrémité orientale des Pyrénées*. Tesi doctoral. Tolosa: Université Paul Sébatier.
- (1992). «Le paléoenvironnement de la moitié occidentale du versant Nord des Pyrénées de 40.000 BP à l'actuel: étapes de la déglaciation et histoire de la végétation». A: CEARRETA, A.; UGARTE, F. [ed.]. *The Late Quaternary in the Western Pyrenean Region*. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- JALUT, G.; ESTEBAN, A.; BONNET, L.; GAUQUELIN, T.; FONTUGNE, M. (2000). «Holocene climatic changes in the Western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 160, núm. 3, p. 255-290.
- JALUT, G.; GALOP, D.; BELET, J. M.; AUBERT, S.; ESTEBAN, A.; BOUCHETTE, A.; DEDOUBAT, J. J.; FONTUGNE, M. (1998). «Histoire des forêts du versant nord des Pyrénées au cours des 30.000 dernières années». *Journal de Botanique*, núm. 5, p. 73-84.
- KNAAP, W. O. van der; LEEUWEN, J. F. N. van; FINSIGNER, W.; GOBET, E.; PINI, R.; SHWEIZER, A.; VAL-SECCHI, V.; AMMANN, B. (2005). «Migration and population expansion of *Abies*, *Fagus*, *Picea* and *Quercus* since 15.000 years in and across the Alps, based on pollen-percentage threshold values». *Quaternary Science Reviews*, núm. 24, p. 645-680.
- KONNERT, M.; BERGMANN, F. (1995). «The geographical distribution of genetic variation of silver fir (*Abies alba*, Pinaceae) in relation to its migration history». *Plant Systematics and Evolution*, núm. 196, p. 19-30.
- KÜSTER, H. (1994). «The economic use of *Abies* wood as timber in central Europe during Roman times». *Vegetation History and Archaeobotany*, núm. 3, p. 25-32.
- LE FLAO, A. (2005). *Apports des reconstitutions cartographiques à l'histoire de l'environnement: Essai de spatialisation de données palynologiques pyrénéennes*. Toulouse: Diplôme d'Etudes Approfondies. Environnement et Paysage. Diploma d'estudis avançats, medi ambient i paisatge. Tolosa: Université Toulouse-Le Mirail - Institut Daniel Faucher.
- LIEPELT, S.; BIALOZYT, R.; ZIEGENHAGEN, B. (2002). «Wind-dispersed pollen mediates postglacial gene flow among refugia». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 99, núm. 22, p. 14590-14594.
- LUDEMANN, T. (2003). «Large-scale reconstruction of ancient forest vegetation by anthracology a contribution from the Black Forest». *Phytocoenologia*, vol. 33, núm. 4, p. 645-666.
- LUDEMANN, T.; MICHIELS, H.-G.; NÖLKEN, W. (2004). «Spatial patterns of past wood exploitation, natural wood supply and growth conditions: Indications of natural tree species distribution by anthracological studies of charcoal-burning remains». *European Journal of Forest Research*, vol. 123, núm. 4, p. 283-292.
- MADOZ, P. (1845-1850). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. Madrid: Est. Literario-Tipográfico de P. Madoz y L. Sagasti. [Edició facsimil referent a Catalunya de l'any 1985. Barcelona: Curial]
- MARTÍ-BONO, C.; GARCÍA-RUIZ, J. M. (1994). *El glaciarismo surpirenaico: Nuevas aportaciones*. Logrono: Geofoma.
- MIRAS, Y.; EJARQUE, A.; RIERA, S.; PALET, J. M.; ORENGO, H.; EUBA, I. (2007). «Dynamique holocène de la végétation et occupation des Pyrénées andorranes depuis le Néolithique ancien, d'après l'analyse pollinique de la tourbière de bosc dels Estanyons (2.180 m, vall del Madriu, Andorre)». *Comptes Rendus Palevol*, vol. 6, núm. 4, p. 291-300. [DOI: 10.1016/j.crv.2007.02.005]
- MONTSERRAT, J. M. (1992). *Evolución glacial y postglacial del clima y la vegetación en la vertiente sur del Pirineo: Estudio palinológico*. Saragossa: Instituto Pirenaico de Ecología: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- MULLER, U. C.; KLOTZ, S.; GEYH, M. A.; PROSS, J.; BOND, G. C. (2005). «Cyclic climate fluctuations during the last interglacial in central Europe». *Geology*, vol. 33, núm. 6, p. 449-452.
- NAKAGAWA, T. (1998). *Études palynologiques dans les Alpes françaises centrales et meridionales: Histoire de la vegetation tardiglaciaire et holocene*. Tesis doctoral. Marsella: Université d'Aix-Marseille III.
- NAKAGAWA, T.; BEAULIEU, J. L.; KITAGAWA, H. (2000). «Pollen-derived history of timber exploitation from the Roman period onwards in the Romanche valley, central French Alps». *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 9, núm. 2, p. 85-89.
- NINYEROLA, M. (2001). *Modelització climàtica mitjançant tècniques SIG i la seva aplicació a l'anàlisi quantitativa de la distribució d'espècies vegetals a l'Espanya peninsular*. Tesis doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. També disponible en línia a: <<http://www.tesisenxarxa.net/TDX-0618101-111736/>>
- NINYEROLA, M.; PONS, X.; ROURE, J. M. (2005). *Atlas climàtico digital de la península Ibérica: Metodología y aplicaciones en bioclimatología y geobotánica*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- PADILLA, I. [ed.] (1997). *Respostes de la vall d'Àneu als qüestionaris de Francisco de Zamora (1790)*. Tremp: Garsineu.
- PÈLACHS, A. (2005). *Deu mil anys de geohistòria ambiental al Pirineu central català: Aplicació de tècniques paleogeogràfiques per a l'estudi del territori i el paisatge a la coma de Burg i a la Vallferrera*. Tesis doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. També disponible en línia a: <<http://www.tdx.cesca.es/TDX-0119105-162806/#documents>>
- (2006). «Algunes reflexions sobre geografia, paisatge i geohistòria ambiental». *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, núm. 48, p. 179-192.
- PÈLACHS, A.; SORIANO, J. M. (2003). «Las fuentes paleobotánicas y la historia forestal: el ejemplo de los valles de la Coma de Burg y Vallferrera (Pallars Sobirà-Lleida)». *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, núm. 16, p. 155-160.
- PÈLACHS, A.; SORIANO, J. M.; NADAL, J.; ESTEBAN, A. (2007). «Holocene environmental history and human impact in the Pyrenees». *Contributions to Science* [Barcelona], vol. 3, núm. 3, p. 423-431.
- PÉREZ-OBOL, R. (1988). «Histoire tardiglaciaire et holocene de la végétation de la région volcanique d'Olot (NE péninsule Ibérique)». *Pollen et Spores*, vol. 30, núm. 2, p. 189-202.
- PÉREZ-OBOL, R.; JULIÀ, R. (1994). «Climatic change on the Iberian Peninsula recorded in a 30,000-yr pollen record from lake Banyoles». *Quaternary Research*, vol. 41, núm. 1, p. 91-98.
- PÉREZ-OBOL, R.; ROURE, J. M. (1990). «Evidència de la regressió recent de les avetoses a partir de les anàlisis pol·líniques». *Orsis*, núm. 5, p. 5-11.
- PLA, S.; CAMARERO, L.I.; CATALAN, J. (2003). «Chrysophyte cyst relationships to water chemistry in Pyrenean lakes (NE Spain) and their potential for environmental reconstruction». *Journal of Paleolimnology*, vol. 30, núm. 1, p. 21-34.
- PLA, S.; CATALAN, J. (2005). «Chrysophyte cysts from lake sediments reveal the submillennial winter/spring climate variability in the northwestern Mediterranean region throughout the Holocene». *Climate Dynamics*, vol. 24, núm. 2-3, p. 263-278.
- PRENTICE, I. C. (1988). «Records of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis». A: HUNTLEY, B.; WEBB, T. *Vegetation History*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 17-42.
- REILLE, M. (1990). «Recherches pollenanalytiques dans l'extrémité orientale des Pyrénées: données nouvelles, de la fin du Glaciaire à l'Actuel». *Ecologia Mediterranea*, núm. 16, p. 317-357.
- REILLE, M.; ANDRIEU, V. (1991). «Données nouvelles sur l'histoire postglaciaire de la végétation des Pyrénées occidentales (France)». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, vol. 312, núm. 1, p. 97-103.
- REILLE, M.; LOEWE, J. J. (1993). «A re-evaluation of the vegetation history of the eastern Pyrénées (France), from the end of the last glacial to the present». *Quaternary Science Reviews*, núm. 12, p. 47-77.
- RIERA, S.; LÓPEZ-SÁEZ, J. A.; JULIÀ, R. (2006). «Lake responses to historical land use changes in northern Spain: the contribution of non-pollen palynomorphs in a multiproxy study». *Review of Palaeobotany & Palynology*, vol. 141, núm. 1, p. 127-137.
- RIERA, S.; WANSARD, G.; JULIÀ, R. (2004). «2.000-year environmental history of a karstic lake in the Mediterranean Pre-Pyrenees: the Estanya lakes (Spain)». *Catena*, vol. 55, núm. 3, p. 293-324.

- SCHWEINGRUBER, F. H. (1990). *Anatomie europäischer Hölzer = Anatomy of European Woods*. Berna: Haupt.
- SUGITA, S. (1993). «A model of pollen source area for an entire lake surface». *Quaternary Research*, vol. 39, núm. 2, p. 239-244.
- SUTTON, O. G. (1953). *Micrometeorology: A Study of Physical Processes in the Lowest Layers of the Earth's Atmosphere*. Nova York: McGraw.
- TABERLET, P.; FUMAGALLI, L.; WUST-SAUCY, A.-G. (1998). «Comparative phylogeography and post-glacial colonization routes in Europe». *Molecular Ecology*, vol. 7, núm. 4, p. 453-464.
- TALMA, A. S.; VOGEL, J. C. (1993). «A simplified approach to calibrating ^{14}C dates». *Radiocarbon*, vol. 35, núm. 2, p. 317-322.
- TANTIÀ, M. (2007). *L'acció antròpica i la dinàmica climàtica en l'evolució del paisatge vegetal de la serra del Catllaràs*. Treball de recerca de màster. Universitat Autònoma de Barcelona.
- TERHÜRNE-BERSON, R.; LITT, T.; CHEDDADI, R. (2004). «The spread of *Abies* throughout Europe since the last glacial period: combined macrofossil and pollen data». *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 13, núm. 4, p. 257-268.
- TINNER, W.; LOTTER, A. F. (2006). «Holocene expansions of *Fagus silvatica* and *Abies alba* in Central Europe: where are we after eight decades of debate?». *Quaternary Science Reviews*, vol. 25, núm. 5-6, p. 526-549.
- VENDRAMIN, G.; DEGEN, B.; PETIT, R. J.; ANZIDEI, M.; MADAGHIELE, A.; ZIEGENHAGEN, B. (1999). «High level of variation at *Abies alba* chloroplast microsatellite loci in Europe». *Molecular Ecology*, vol. 8, núm. 7, p. 1117-1126.
- VERNET, J.-L. (1997). *L'homme et la forêt méditerranéenne: De la préhistoire à nos jours*. París: Errance.
- (2006). «History of the *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *salzmanni* forest in the Sub-Mediterranean mountains (Grands Causses, Saint-Guilhem-le-Désert, southern Massif Central, France) based on charcoal from limestone and dolomitic deposits». *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 16, núm. 1, p. 23-42.
- WICK, L.; MOHL, A. (2006). «The mid-Holocene extinction of silver fir (*Abies alba*) in the Southern Alps: a consequence of forest fires?». *Palaeobotanical Records and Forest Simulations. Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 15, núm. 4, p. 435-444.

