

L'arqueologia del paisatge aplicada a l'estudi dels espais altimontans: experiències a les capçaleres del Ter i del Segre (el Ripollès, la Cerdanya, Andorra)

Lídia Colominas¹, Arnau Carbonell¹, Valentina Pescini¹, Alfredo Mayoral², Abel Gallego-Valle¹, Arnau Garcia-Molsosa¹, Hèctor Aleix Orengo¹, Josep Maria Palet¹



© dels autors

Rebut: 06/10/2021
Acceptat: 29/05/2023

Resum

Durant dècades, la investigació arqueològica duta a terme en algunes de les principals serralades europees ha experimentat un desenvolupament important. Aquest fet ha comportat que finalment es disposi d'un corpus de dades robust per a zones que abans es consideraven marginals i que mostra l'ocupació humana en aquestes àrees de muntanya des del neolític fins als nostres dies. L'obtenció d'informació en aquests espais requereix, però, una metodologia específica, centrada en l'estudi del paisatge. En aquest sentit, en el present article s'hi mostra la metodologia que utilitza el Grup d'Investigació en Arqueologia del Paisatge de l'Institut Català d'Arqueologia Clàssica (GIAP-ICAC) a l'hora d'investigar l'ocupació humana en zones de muntanya del Pirineu oriental situades entre els 1.800 i els 2.800 m s. n. m., més concretament a les capçaleres del Ter i del Segre (el Ripollès, la Cerdanya, Andorra). S'hi discuteixen les estratègies de prospecció i de mostreig, així com els enfocaments paleoambientals que s'hi utilitzen. L'aplicació d'aquesta metodologia interdisciplinària ha permès documentar paisatges humanitzats des d'antic, difícils d'imaginar fa només algunes dècades.

Paraules clau: alta muntanya; Pirineu oriental; arqueologia ambiental; mètodes d'excavació; pastoralisme

Abstract. *Landscape archaeology and the study of mountain areas: Experiences in the Ter and Segre valleys (el Ripollès, la Cerdanya, Andorra)*

In recent decades, archaeological research in some of the main European mountains has grown enormously. As a result, extensive data is finally available for areas that have long been overlooked, showing human occupation of these mountain spaces from the Neolithic era to the present. Obtaining information from these areas, however, requires a specific methodology, focused on the study of the landscape. This paper explains the methodology used by the Landscape Archaeology Research Group of the Catalan Institute of Classical Archaeology (GIAP-

1. Institut Català d'Arqueologia Clàssica. lcolominas@icac.cat; acarbonell@icac.cat; vpescini@icac.cat; abel.gallego@icac.cat; agarcia@icac.cat; horengo@icac.cat; jpalet@icac.cat

2. Institut Català d'Arqueologia Clàssica. Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand, França. amayoral@icac.ca

ICAC) to research how humans have shaped mountain areas between 1800 and 2800 metres above sea level, located in the eastern Pyrenees and specifically in the Ter and Segre valleys (el Ripollès, la Cerdanya, Andorra). Strategies for surveying and sampling are discussed, as well as palaeo-environmental approaches. The application of this interdisciplinary methodology has made it possible to document landscapes shaped by humans since ancient times, which would have been hard to imagine only a few decades ago.

Keywords: high mountains; eastern Pyrenees; environmental archaeology; archaeological survey; pastoralism

COLOMINAS, Lidia et al. (2023). «L'arqueologia del paisatge aplicada a l'estudi dels espais altimontans: experiències a les capçaleres del Ter i del Segre (el Ripollès, la Cerdanya, Andorra)». *Treballs d'Arqueologia*, 26, 73-94. DOI: 10.5565/rev/tda.128

1. Introducció

L'arqueologia del paisatge s'ha revelat com una disciplina essencial per a la caracterització dels paisatges culturals d'alta muntanya. Aquests espais són en l'actualitat reivindicats com a indrets de gran valor patrimonial natural i cultural, amb una llarga evolució històrica. Diverses seralades a Europa són objecte d'estudis arqueològics i ambientals als quals s'ha dedicat una veritable eclosió d'equips i projectes. En l'actualitat són habituals les sessions centrades en aquesta temàtica en els darrers congressos organitzats per l'European Association of Archaeologists (Kiel 2021, Budapest 2022, Belfast 2023), o en el marc de la Landscape Archaeology Conference (Newcastle 2018, Madrid 2020-2021, Alcalà de Henares 2023). La internacionalització de la recerca en arqueologia del paisatge en àrees de muntanya ha comptat amb una fita molt important en l'edició de 2017 de la Tenth IEMA Visiting Scholar Conference, organitzada per Arnau Garcia-Molsosa (2023), centrada justament en la caracterització de l'arqueologia dels paisatges de muntanya i les seves

estratègies d'investigació interdisciplinària, amb estudis de cas centrats a Europa, Àsia i al continent americà.

En aquest marc, a Europa, el Sistema Cantàbric, els Pirineus, el Massís Central, els Alps, els Apenins i els Carpats constitueixen l'escenari de projectes de recerca que posen en evidència la intensitat de l'ocupació dels espais altimontans i la creació de paisatges culturals, resultat de complexes interaccions socioambientals. Són també territoris, especialment a l'Europa occidental, en els quals els canvis econòmics i socials del darrer segle han comportat l'abandonament de les activitats i formes de vida tradicionals en favor del desenvolupament de nous usos vinculats als sectors de serveis i turisme. Són, doncs, paisatges en transformació amb valors patrimonials sotmesos a pressions que en posen en risc l'equilibri i la conservació.

Queda, en aquest sentit, ja llunyana la visió tradicional que considerava les àrees de muntanya com a zones marginals, poc habitades o de frontera. El resultat de la recerca ha posat en evidència no ja la intensitat dels processos d'ocupació d'aquests espais, sinó també la seva anti-

guitat, documentada en diverses àrees dels Pirineus des del neolític antic, entorn al cinquè mil·lenni a. n. e. (Ejarque, 2013; Galop, 1998; Gassiot et al., 2014; Gassiot, 2016; Orengo et al., 2014; Palet et al., 2013, 2014, 2017 i 2019; Rendu, 2003; Rendu et al., 2013). L'evolució històrica que ha conduït al seu modelatge actual, així com llur relació amb percepcions i identitats territorials, ha estat una temàtica àmpliament abordada en el marc de la recerca europea (Orejas et al., 2009).

En aquest context, des del 2004, el Grup d'Investigació en Arqueologia del Paisatge (GIAP) du a terme a l'Institut Català d'Arqueologia Clàssica (ICAC-CERCA) un programa sobre l'ocupació i l'evolució històrica dels espais d'alta muntanya al Pirineu oriental. No resultava en absolut evident en aquella primera etapa de l'Institut que un programa de recerca com aquest s'impulsés des d'un centre dedicat a l'arqueologia clàssica. Lògicament, sí des dels plantejaments teòrics de l'arqueologia del paisatge, però no tant des de la perspectiva dels estudis en arqueologia del territori a l'antiguitat. Aquesta línia de recerca havia privilegiat de manera tradicional les zones de plana o les grans aglomeracions urbanes d'aquest període. Per aquest impuls, la influència de l'escola francesa va resultar decisiva. Les recerques desenvolupades per Philippe Leveau als Alps occidentals francesos durant la dècada de 1990 sobre les ciutats d'època romana i l'explotació dels territoris de muntanya, o els estudis de Robert Sablayrolles a Lugdunum (Saint Bertrand de Comminges) i a l'àrea de l'Alta Garona posaven en evidència la importància de les formes d'ocupació, del desenvolupament del fenomen urbà, de l'organització de la xarxa viària, així com la densitat del poblament rural a l'alta muntanya (Leveau, 2009;

Rico, 1997; Sablayrolles, 2005). En referència al període romà, el treball de Maxence Segard centrat en l'ocupació dels Alps occidentals a partir de dades arqueològiques i paleoambientals subratllava l'interès de Roma per l'explotació dels recursos altimontans i la importància de dues activitats econòmiques essencials, la ramaderia i la mineria (Segard, 2009).

En l'actualitat es parla, doncs, del sorgiment de noves arqueologies anomenades «de la muntanya», tot i que cal assenyalar que no sempre són recerques enfocades des de l'arqueologia del paisatge i els mètodes i les tècniques d'aquesta disciplina. Els paisatges altimontans constitueixen entorns idonis per analitzar les interaccions socioambientals al llarg del temps, és a dir, per caracteritzar les formes d'adaptació de les societats a la variabilitat natural i les dinàmiques paisatgístiques derivades d'aquesta interacció. Són, per tant, espais idonis per desplegar projectes en arqueologia del paisatge, amb plantejaments interdisciplinaris i diacrònics o de llarga durada, fonamentats en la correlació de dades arqueològiques, històriques, paleoambientals, etnogràfiques, etc.

El GIAP-ICAC ha treballat en dos àmplis sectors pirinencs (figura 1):

- L'Alt Segre, a les valls andorranes del Madriu, Perafita i Claror; a la vall de la Vansa, a la Serra del Cadí, a l'Alt Urgell, i a la Cerdanya, a les valls de la Llosa, del Duran i a l'àrea del Puigpedrós-Malniu (Lles i Meranges) (Ejarque, 2013; Ejarque et al., 2009, 2010; Euba, 2009; Orengo et al., 2013 i 2014; Palet et al., 2015, 2017 i 2020).
- El Ripollès a les capçaleres de les valls del Ter i del Freser, a les valls de Núria i de Coma de Vaca i a Ulldeter (Palet et al., 2014 i 2019).

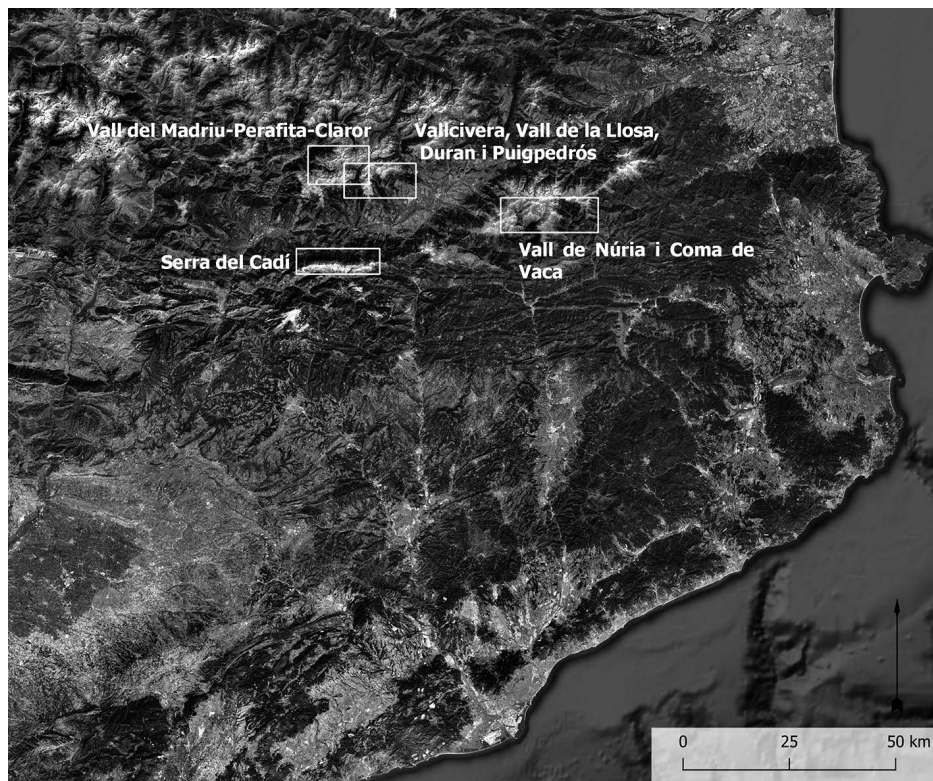


Figura 1. Mapa de situació de les zones d'estudi.

Amb un plantejament de recerca similar, tots aquests projectes tenen com a objectiu principal determinar el procés històric de modelació, ocupació i explotació dels paisatges culturals d'alta muntanya, com també el paper de les societats en la seva configuració mitjançant l'anàlisi de les formes de gestió d'aquests espais en el passat. La investigació s'enfoca des d'una perspectiva interdisciplinària, basada en la integració i la correlació de dades multivariables obtingudes de les diferents tècniques paleoecològiques i arqueològiques utilitzades. A continuació passem a exposar aquestes tècniques.

2. Arqueologia del paisatge i de l'alta muntanya: una recerca interdisciplinària

2.1. La fotointerpretació com a punt de partida

L'orografia abrupta, la vegetació i el clima són alguns dels atributs que poden dificultar el desenvolupament dels treballs arqueològics a les zones d'alta muntanya. A part de la planificació, és necessari poder gaudir d'un suport capaç de visualitzar, aproximar i interpretar aquests contextos en un entorn multiescala. És per

això que la recopilació d'una base cartogràfica completa en un entorn SIG georeferenciat és molt important per encarar aquests estudis. La combinació de mapes topogràfics 1:5000 i les ortofotografies multitemporals d'alta definició (0,25 m/píxel), així com mapes de pendents (< 25%), mapes de cobertes del sòl (MCS), models digitals d'elevacions (MDE) i el tractament d'imatges LiDAR, faciliten els treballs de localització d'elements antròpics i la planificació dels treballs de prospecció.

Un cop es disposa d'una base georeferenciada i completa, podem començar a executar els treballs de fotointerpretació (figura 2). Per realitzar-ho d'una forma metòdica, és molt pràctic dividir la zona

d'estudi en una quadrícula que ha de tenir una mida prou bona perquè el quadre d'anàlisi permeti realitzar una visualització de la fotografia aèria en la màxima resolució i sense arribar a causar deformacions a les dimensions del píxel (Orengo, 2010). A partir d'aquí s'aplica una anàlisi visual i sistemàtica sobre les diverses capes de la base cartogràfica. En una capa vectorial es defineixen totes les possibles estructures antròpiques que hi poden ser detectades. Aquest primer diagnòstic ens permet avaluar la potencialitat arqueològica de les zones d'estudi i realitzar una planimetria prèvia de les estructures arqueològiques visibles des de l'aire, definint així les àrees d'un interès arqueològic més gran.



Figura 2. Exemple de treballs de fotointerpretació al jaciment de la Bassa, a l'oest de la zona d'Engorgs (la Cerdanya). Aquesta tasca es realitza a partir de fotografies aèries d'alta definició. Les possibles estructures es digitalitzen sobre una capa vectorial, que després serà corroborada sobre el terreny (prospecció: ETRS 89. UTM 31 N).

Per últim, aquest preinventari queda dipositat en un software com ara QFIELD, en forma de base de dades interactiva, i emmagatzemat en un dispositiu portàtil amb un GPS incorporat. Això permet oferir un suport cartogràfic que serà molt útil durant els treballs de prospecció i de comprovació sobre el terreny, ja que ens facilitarà la interacció amb les dades que tinguem prèviament recollides amb marges d'error mínims, inferiors a 1 metre, que no afecten els treballs de geolocalització.

2.2. Les prospeccions arqueològiques

Les prospeccions arqueològiques es caracteritzen perquè són intensives i cobreixen

la totalitat del terreny, desestimant zones de forts pendents o penya-segats. Aquesta fase serveix per realitzar la comprovació de les hipòtesis del preinventari, realitzades durant els treballs arqueomorfològics i de fotointerpretació i per documentar aquelles estructures que no van poder ser localitzades prèviament a les fotografies aèries.

L'objectiu recau a inventariar el conjunt de traces i «signes» arqueològics relacionats amb l'activitat humana a l'alta muntanya. Les estructures localitzades són definides a les fitxes de camp, al mateix temps que són incorporades als formularis del receptor GPS de mà (figura 3). Això permet complementar i modificar la



Figura 3. Treballs de prospecció arqueològica a Engorgs, la Cerdanya (2020), on es pot observar el procés de documentació d'una estructura.

base de dades de l'inventari a temps real, corregint (si cal), sistematitzant i estandarditzant la presa de dades georeferenciades. A l'alta muntanya, la majoria de les estructures localitzades estan relacionades amb espais d'hàbitat (cabanes, abrics), espais d'explotació ramadera (tancats, munyidores, pletes), estructures vinculades a l'explotació agrícola (mur de tanques, feixes, barraques), estructures d'explotació minera i metal·lúrgica (rases, fosses, restes de forns), carboneres i estructures associades a l'explotació del bosc (forns de pega), entre altres elements d'origen antròpic (recs, pous, fites, camins).

La finalitat del registre busca caracteritzar elements que permetin definir tipològicament les estructures, identificar possibles fases d'ocupació, observar si es disposa d'un recobriments sedimentari adequat que permeti dur-ne a terme l'excauació posterior i avaluar-ne possibles problemes de preservació. Per tant, els treballs de prospecció han de permetre determinar la potencialitat arqueològica dels jaciments inventariats i proposar intervencions de diagnòstic a les estructures més idònies.

2.3. L'excauació de sondejos de diagnòstic en estructures arqueològiques i l'excauació en extensió

Aquelles estructures més representatives de cada jaciment en termes de tipologia, conservació i sedimentació localitzades durant la prospecció són seleccionades per a l'excauació arqueològica. En medis altimontans, on els recursos i el temps disponibles per a l'excauació són limitats, els sondejos de diagnòstic constitueixen l'eina de treball més adequada. Permeten documentar la tipologia de l'es-

structura excavaada en relació amb l'activitat humana que la va produir; determinar-ne les fases de construcció, ocupació i abandonament i destrucció; recuperar qualsevol resta de cultura material que hi hagi quedat preservada, i obtenir material orgànic en situacions estratigràfiques fiables per a la realització de datacions absolutes (Rendu, 2003; Gassiot et al., 2014; Palet et al., 2017).

Els sondejos de diagnòstic consisteixen generalment en l'excauació manual de cales de 2 x 1 metres dins de les estructures, seguint els procediments estàndards d'excauació estratigràfica (figura 4). La metodologia d'excauació inclou, a més del registre estàndard del conjunt dels materials, el tamisat en sec (2-5 mm) de tot el sediment recuperat en els nivells d'ocupació i abandonament de les estructures. A la vegada, es prenen mostres de sediment d'aquelles unitats estratigràfiques vinculades amb l'ús i el funcionament de l'estructura per a les anàlisis antracològiques i micromorfològiques (vegeu-ne els apartats 2.5.1 i 2.5.2) i per a l'estudi de biomarcadors.

Quan la tipologia o la funcionalitat de l'estructura no pot ser identificada mitjançant sondejos de diagnòstic, aquesta s'excau en extensió. També es realitzen excavaacions en extensió quan els jaciments sota estudi són excepcionals i la seva excavaació en extensió permet fer un salt qualitatiu important en relació amb el coneixement de la comunitat en qüestió i la seva vinculació amb l'alta muntanya.

Els treballs d'excauació es registren mitjançant tècniques fotogramètriques i de geoposicionament mitjançant drons. Aquesta metodologia permet obtenir un registre precís i ràpid de l'estructura i del procés d'excauació, i a la vegada generar plantes i seccions de gran detall i en



Figura 4. Vista general dels treballs arqueològics a les estructures 35, 36 i 37 al jaciment de Duran II, la Cerdanya (2020).

alta resolució, tant dels sondejos com de les estructures i de l'extensió total dels jaciments.

2.4. L'obtenció de models cronològics d'alta resolució

Les seqüències estratigràfiques en espais altimontans acostumen a proporcionar pocs materials arqueològics. Aquesta escassetat es combina sovint amb la indefinició cronològica. En aquestes circumstàncies l'obtenció de datacions absolutes i l'elaboració de models cronològics d'alta resolució passa necessàriament per la datació radiocarbònica de fragments de carbó extrets dels nivells arqueològics. L'in-

terès rau a determinar la cronologia de les fases de construcció, ocupació i abandonament i destrucció de les estructures excavades, de manera que d'una mateixa seqüència pot ser necessari obtenir-ne més d'una datació.

En referència a la selecció dels carbons, convé tenir en compte la determinació del fragment, l'estat de conservació (més o menys erosionat o rodat) i el context de formació de la unitat estratigràfica (Bayliss i Marshall, 2022). En espais d'hàbitat, en cabanes i tancats, els nivells d'ocupació i abandonament, com també les llars de foc, acostumen a ser datats amb molta fiabilitat. Les restes associades a elements constructius vegetals són tam-

bé força orientatives per datar l'inici d'una ocupació. Els nivells d'enderroc presenten més problemes, ja que sovint arrossegueu carbons de la fase d'ocupació o presenten contaminacions d'època contemporània. L'envelliment de les cronologies és quelcom que també cal tenir en compte (Oswald et al., 2005; Grimm, 2011). L'experiència mostra situacions delicades, com ara datacions radiocarbòniques de cronologia romana en nivells arqueològics datats per ceràmica en època altmedieval. És evident que l'arrossegament de materials pot distorsionar les cronologies i que, per norma general, la datació radiocarbònica pot resultar lleugerament anterior a la cronologia de formació de l'estrat. La fiabilitat resideix, doncs, finalment en la quantitat de material datat.

Una relació succinta dels resultats obtinguts en el marc dels projectes del GIAP il·lustra l'esforç destinat a aquest apartat:

A les capçaleres del Ter s'hi han inventariat un total de 432 estructures, de les quals 45 han estat sondejades entre els anys 2010 i 2017, i distribuïdes en 14 jaciments, amb cronologies que se situen entre el neolític mitjà (inicis del quart mil·lenni a. n. e.) i l'època moderna. Es disposa d'un total de 58 datacions radiocarbòniques en 29 estructures (Palet et al., 2019).

Les intervencions a l'Alt Segre dutes a terme entre el 2004 i el 2009 van documentar a la Serra del Cadí un total de 139 estructures associades a l'activitat ramadera, l'explotació agrària, la mineria i la metal·lúrgia i el carboneig o l'explotació del bosc. S'hi van dur a terme excavacions arqueològiques en 5 jaciments i es disposa d'un total de 29 datacions radiocarbòniques (Palet et al., 2014). Paral·lelament,

a les valls del Madriu-Perafita-Claror (Andorra) van catalogar-se un total de 421 estructures de cronologies i tipologies molt diverses (abrics, cabanes, tancats, munyidores, caves, forns, carbones, túmuls) relacionades amb activitats ramaderes i amb l'explotació de recursos forestals. En aquestes valls van obtenir-se un total de 61 datacions radiocarbòniques associades a 55 estructures excavades (Palet et al., 2016).

Els treballs a la zona de la Cerdanya iniciats l'any 2018 han documentat un total de 176 estructures fins al 2020, 23 de les quals han estat excavades associades a 8 jaciments. S'ha obtingut un total de 27 datacions radiocarbòniques de 16 estructures (Carbonell et al., 2021).

En aquests sectors les datacions proporcionen un model cronològic d'alta resolució, amb una dinàmica d'ocupació que s'inicia al neolític antic, a les valls andorranes, i al neolític mitjà, a les capçaleres del Ter, a les valls estudiades de la Cerdanya i a la serra del Cadí, i que es manté fins a l'època contemporània, exceptuant-ne els períodes del bronze mitjà i final i del ferro, que constitueixen l'única discontinuïtat en l'obtenció de datacions radiocarbòniques. En aquest sentit, una de les novetats que cal destacar dels resultats del nou projecte a la Cerdanya és justament la reducció d'aquest hiatus a una forquilla situada entre els segles VIII i III aC., és a dir, la documentació de jaciments excepcionalment ben conservats situats entre el calcolític i la primera edat del ferro.

2.5. El registre arqueològic a l'alta muntanya

Com s'ha explicat, l'arqueologia del paisatge en contextos altimontans requereix

una sèrie d'adaptacions metodològiques relacionades amb les especificitats d'aquests medis. En aquest sentit, els marcats processos erosius o les condicions climàtiques extremes fan que el registre arqueològic altimontà estigui format principalment per restes vegetals carbonitzades i pel mateix sediment.

2.5.1. L'antracologia

Els carbons vegetals són un dels recursos biòtics més recurrents i nombrosos en registres arqueològics d'alta muntanya. En aquestes estructures (com ara, per exemple, cabanes, estables, tancats, etc.) són freqüents les llars, els forns, les pavimentacions, etc., d'on podem recuperar traces o residus carbonitzats de fusta i/o de plantes herbàcies (figura 5). L'estudi dels carbons recuperats en aquests contextos permet, d'una banda, identificar el tipus de fusta o de vegetal utilitzat com a material de construcció o combustible i, d'altra banda, conèixer la vegetació arbòria disponible al voltant de l'assentament³.

El mostreig implica, sempre que sigui possible, l'extracció d'aproximadament 4 L de sediment per tamisar-lo amb aigua o flotació utilitzant malles de 4, 2, 1 i 0,25 mm (Euba, 2009). Segons Chabal (1994), el nombre òptim de fragments per identificar ha de ser entre 250 i 400 fragments provinents d'un tamisatge amb una malla de ≥ 4 mm. En una gran altitud, com són les cotes subalpines i alpines, la riquesa de vegetació específica és més modesta. Per aquest motiu, el nombre òptim de fragments que se'n poden analitzar pot ser menor, d'entre 50 i 100 fragments ≥ 2 mm. També és recomanable utilitzar-hi la malla més fina, a causa



Figura 5. Llar de foc neolítica amb carbons documentada sota l'estructura 346 del jaciment d'Aigols Podrits, Vall de Núria (2016).

del risc més elevat de fragmentació i dispersió que pateixen els carbons en aquests entorns, ja que durant una part de l'any estan coberts de neu i de gel, i els sòls i sediments acostumen a estar subjectes a erosions i a forts canvis tèrmics. El càlcul de la corba taxonòmica (Heinz, 1990) pot considerar-se també en aquestes altituds una eina útil per definir el nombre de fragments per identificar.

És recomanable realitzar també una anàlisi dendroecològica del material, ja que informa sobre l'estat de la fusta abans ser carbonitzada, per exemple, ens diu si hi ha deformacions anatòmiques, presència de paràsits, etc. (Marguerie i Hunot, 2007; Py et al., 2013; Henry i Thery-Parisot, 2014).

Tots aquests tipus d'anàlisis són molt interessants per a l'arqueologia ambiental, ja que permeten documentar les empremtes deixades per les activitats d'ús i manteniment dels recursos boscosos. A la vegada, es tracta d'estudis fonamentals per a la caracterització (històrica) de l'ecologia dels sistemes ambientals, ja que permeten detallar a escala temporal els

3. Sobre la representativitat dels diferents contextos de recuperació de carbons de fusta en termes de l'estudi de la dinàmica ambiental i ús de la fusta, vegeu Chabal (1992).

mètodes utilitzats en la recollida de material llenyós i aporten informació sobre les condicions de desenvolupament de l'arbre en concret i de la població vegetal en general. Però aquesta informació, per si mateixa, no es pot utilitzar per reconstruir i caracteritzar sistemes ambientals antics i/o paisatges històrics, ja que la imatge resultant seria massa reduccionista i simplista, atesa la forta selecció que es duu a terme a l'hora d'acondicar i utilitzar els espais d'assentament. En aquest sentit, l'anàlisi de materials provinents de contextos arqueològics ha d'anar acompanyada, sempre que sigui possible, d'un anàlisi de micromorfologia de sòls i sediments (vegeu l'apartat següent).

2.5.2. La micromorfologia de sòls i de sediments arqueològics

La micromorfologia és una tècnica d'estudi microscòpic de sòls i sediments que té el seu origen en la dècada de 1930 (Kubišna, 1938) i que posteriorment es va desenvolupar al llarg de les dècades de 1960 i 1970. No és fins a finals del segle xx i principis del segle XXI que es fixen estàndards internacionals per als estudis micromorfològics de sòls (Bullock et al., 1985; Stoops, 2003). L'aplicació de la micromorfologia a sòls i sediments de contextos arqueològics sorgeix més tardanament, durant la dècada de 1970 i sobretot de 1980, i presenta una sèrie de particularitats distintives (Goldberg i MacPhail, 1989). Quan s'aplica a jaciments i estratigrafies arqueològiques, la micromorfologia pot emprar-se com una «microarqueologia» o una «microestratigrafia», la qual cosa permet portar l'excavació i l'examen dels estrats a escala microscòpica. No obstant això, els registres arqueològics altimontans han estat en general poc abordats des d'òptiques micro-

morfològiques, amb la notable excepció de coves i ambients càrstics. Fora d'aquests contextos, el poc desenvolupament edàfic i la intensa activitat dels processos geomorfològics a l'alta muntanya (vegeu l'apartat 2.6) fan que els registres arqueològics siguin a priori relativament pobres, amb una tafonomia mediocre i de lectura difícil. Paradoxalment, això fa de la micromorfologia en aquests contextos una eina especialment valuosa, per la seva capacitat de trobar a escala microscòpica les dades i les evidències difícils de trobar a escala macroscòpica.

El mostreig micromorfològic en estructures arqueològiques d'alta muntanya consisteix en l'extracció de blocs de sòl orientats de l'estratigrafia arqueològica, una vegada neta, fotografiada, descrita i interpretada. Aquests blocs, d'unes dimensions màximes de 14 x 7 cm, es distribueixen entre les unitats estratigràfiques d'interès o bé es realitza una columna de blocs escalonats lleugerament superposats que cobreixi tota la seqüència. Els blocs s'esculpeixen manualment i després s'enguixen per protegir-ne l'estructura. Després de l'extracció del perfil, es numeren i es referencien adequadament, tenint una cura especial amb l'orientació. Després d'un assecat a temperatura ambient al laboratori, els blocs són impregnats al buit en resina sintètica. Això permet que, un cop s'assequi la resina, es puguin realitzar làmines primes amb maquinària específica. Aquestes làmines s'analitzen mitjançant el microscopi de llum polaritzada i se'n realitzen descripcions exhaustives qualitatives o semiquantitatives en base a sistemes i a referencials establerts internacionalment (Stoops, 2003).

L'estudi de la microestructura, la porositat, la fracció mineral, la micromassa, la matèria orgànica i les característiques pe-

dològiques específiques (*pedofeatures*) permet interpretar els processos sedimentaris, ambientals i antròpics que contribueixen a formar el registre arqueològic (Stoops et al., 2018; MacPhail i Goldberg, 2018). Poden, per exemple, detectar evidències microscòpiques d'activitats antròpiques relacionades amb el foc (macrocarbons i microcarbons), amb la talla lítica (microfragments de sílex), amb la metal·lúrgia (microescorias) o amb la presència d'animals i plantes (trepig, restes d'excrements, fitòlits...), entre d'altres (Nicosia i Stoops, 2017). La micromorfologia també permet avaluar quina ha estat l'evolució tafonòmica posterior del registre arqueològic, i matisar les interpretacions d'altres anàlisis enfront de processos d'aportació de sediment extern, erosió o pedoturbació. Totes aquestes dades proporcionades per la micromorfologia, contextualitzades amb les dades obtingudes durant l'excavació i amb les datacions radiocarbòniques, es creuen amb els resultats obtinguts per altres disciplines com ara la sedimentologia, l'antracologia o la palinologia, fent possible una interpretació integrada del registre arqueològic altimontà.

2.6. *Estudis paleoambientals en registres naturals*

L'alta muntanya és un àmbit d'investigació arqueològica i paleoambiental amb característiques físiques molt específiques, on la combinació d'altitud, pendents i orientació genera unes condicions climàtiques, hidrològiques, geomorfològiques i edàfiques que afecten fortament la vida vegetal, animal i l'activitat antròpica. En aquestes condicions fredes i humides, els modelatges i les formacions superficials estan dominats pels processos

d'acumulació i dipòsit glacials i periglacials a les zones més elevades, gravitatoris en els vessants i torrencials a la majoria de valls. D'altra banda, els sòls tendeixen a ser cobertures discontinües i poc desenvolupades sobre la roca, i els dipòsits sedimentaris pedregosos, no adequats per a la majoria d'estudis paleoambientals, hi són molt freqüents (Gutiérrez-Elorza, 2005). L'alta muntanya, per tant, presenta una sèrie de limitacions pròpies per als estudis paleoambientals, però també oportunitats, derivades d'aquestes condicions físiques, que passem a exposar a continuació.

2.6.1. *Palinologia*

Amb l'estudi del pol·len es pretén determinar els factors de caràcter sociocultural i/o climaticambientals que han contribuït a antropitzar i modelar els espais d'alta muntanya a una escala microrregional. En aquest sentit, les anàlisis pol·líniques es duen a terme sobre seqüències sedimentàries naturals localitzades quan es possible en les proximitats dels jaciments arqueològics, per tal de garantir una correlació òptima de les dades paleoambientals i arqueològiques. Aquestes seqüències sedimentàries tan aviat poden provenir de conques lacustres altimontanes com de torberes. Cal assenyalar que l'estudi pol·línic de torberes ha esdevingut una eina fonamental per a l'arqueologia del paisatge a l'alta muntanya, ja que proporciona una informació detallada de les diferents activitats antròpiques que es van dur a terme al seu entorn (Galop, 1998; Ejarque, 2013). Les mides reduïdes de les torberes condicionen una captació de la pluja pol·línica de caràcter local i regional i, a causa del seu aprofitament com a zones de pastura, també poden reflectir si es van produir activitats ramaderes als encontorns.

Els diferents sondatges es realitzen en torberes i llacs de diferents sectors de l'àrea, en considerar zones ecològiques diverses properes als jaciments sempre que així sigui possible, per tal d'analitzar l'evolució del paisatge a nivell microregional i correlacionar els resultats amb el registre arqueològic i la seqüència d'ocupació i explotació del territori documentada.

L'extracció de la seqüència sedimentària es realitza amb un sondatge de gravetat o de pistó pel que fa als llacs, i amb una sonda russa a les torberes (Galop, 1998). Una vegada la seqüència es troba al laboratori, es realitzen seccions a intervals d'1 cm per dur a terme un estudi multivariable d'alta resolució de les mostres, que normalment implica anàlisis de pol·len, de microcarbons, de descriptors sedimentològics, com també d'espores de fongs i altres microfòssils no pol·línics (Miras et al., 2007, 2010; Ejarque et al., 2009). A la vegada, es realitzen models cronològics de cada seqüència mitjançant diverses datacions radiocarbòniques per tal d'obtenir una correlació entre les dades paleoambientals i les dades arqueològiques. Es poden trobar detalls de les tècniques de mostreig i dels procediments analítics que utilitza el GIAP a Miras et al. (2007, 2010), Ejarque et al. (2010) i Ejarque (2013).

2.6.2. *Pedoantracologia i caracterització dels usos del foc*

L'estudi de les restes de fusta i de les herbes carbonitzades no es restringeix només a aquelles que es recuperen en contextos arqueològics. La disciplina que estudia els carbons que es troben en sòls naturals, torberes i sediments lacustres rep el nom de *pedoantracologia* (Conedera et al., 2009; Talon, 2010; Touflan et al., 2010). El principi bàsic de la pedoantracologia

consisteix a determinar i datar carbons originats en incendis i focs, tant naturals com antròpics (*fire events*, *fire regimes*), en registres no directament interpretables com a arqueològics. La informació obtinguda de l'estudi d'aquests carbons permet conèixer la vegetació present en aquell indret i en aquell interval temporal concret en una alta resolució espacial, ja que la mostra analitzada es considera representativa d'una àrea d'un màxim de 100 m (Thinon, 1992). Actualment, les anàlisis pedoantracològiques s'apliquen àmpliament a la investigació paleoambiental i també a l'ecologia (Nelle et al., 2013; Remy et al., 2018). Malgrat això, els anomenats *fire events* poques vegades s'interpreten com el resultat de pràctiques de gestió dels recursos ambientals concretes i datables, i, per tant, es consideren com el resultat d'incendis naturals (autocombustió) o com a esdeveniments antròpics difícils de caracteritzar. S'ha de tenir present, però, que l'alta muntanya ha estat un espai fonamental per al pastoralisme des del neolític, activitat que des dels seus orígens ha fet un ús extensiu de la crema de vegetació. El foc es va utilitzar per a la creació i el manteniment estacional de pastures o d'àrees obertes temporalment conreades, per fertilitzar la terra o per estimular el creixement de la vegetació herbàcia. Es tracta, doncs, d'una pràctica que ha tingut efectes particulars sobre l'ecosistema des de fa mil·lennis i que, especialment durant els períodes medieval i postmedieval, va estar vinculada a marcs socials i econòmics específics (Cevasco, 2007; Pescini, 2019).

Pel que fa al mètode pedoantracològic, aquest implica l'excavació d'una o més cales fins arribar al substrat rocós (figura 6). Es recullen 5 L de material terrós cada 10 cm aproximadament, seguint la



Figura 6. Cala pedològica per a la presa de mostres pedoantracològiques, palinològiques i micromorfològiques en els sòls col·luvials als encontorns de l'estany del Malniu, la Cerdanya, a 2150 m (2021).

successió d'horitzons pedològics. Una vegada les mostres es troben al laboratori, aquestes es tamisen amb aigua o es floten amb malles de 4, 2, 0,4 i 0,8 mm. A continuació, es pesen els fragments de carbó per calcular l'antracomas específic i s'identifiquen per al reconeixement de l'espècie⁴. És recomanable que l'anàlisi pedoantracològica vagi sempre acompanyada d'un estudi micromorfològic i palinològic de les mateixes mostres, ja que la informació obtinguda d'aquestes darreres anàlisis permetrà comprendre millor els processos de formació i transformació

dels sòls i proporcionarà evidències importants sobre la vegetació de l'entorn en una perspectiva multidisciplinària i a multiescala, com es mostra a l'apartat següent.

2.6.3. Geomorfologia, sedimentologia i paleopedologia

Les investigacions en registres naturals d'alta muntanya han estat tradicionalment dominades per les anàlisis palinològiques de sondejos en llacs i torberes a causa de les facilitats que ofereixen per ser datades i estudiades (vegeu l'apartat 2.6.1). En absència d'aquest tipus de di-

4. Per a més informació sobre els mètodes pedoantracològics, consulteu Thinin (1992) i Carcaillet i Thinin (1996).

pòsits o quan aquests estan massa allunyats dels jaciments, fet freqüent en àmplies zones de muntanya, els estudis paleoambientals necessiten basar-se en altres registres naturals que permetin extreure informacions d'interès a una escala local. En aquesta òptica, un enfocament basat en la geomorfologia, la sedimentologia i la paleopedologia resulta extremament pertinent. En primer lloc, una anàlisi geomorfològica detallada del sector d'estudi, basada en dades topogràfiques, geològiques, de teledetecció i en models digitals de terreny precisos, així com en treballs de camp, és capaç de proporcionar una imatge clara de la gènesi i l'organització de les formes de modelatge a escala del paisatge de la zona estudiada, així com d'identificar i diferenciar espacialment dinàmiques i processos geomorfològics dominants i secundaris que afectin les formacions superficials. Addicionalment, poden localitzar potencials sectors d'interès des del punt de vista metal·lífer o de les matèries primeres lítiques, susceptibles d'atreure l'activitat antròpica. Totes aquestes informacions són d'una rellevància especial a l'hora d'avaluar les ubicacions preferencials de jaciments i estimar-ne la tafonomia enfront dels processos geomorfològics a l'alta muntanya (p. ex., ensorraments o allaus), però també de localitzar llocs amb una acumulació potencial de registres pedosedimentaris holocens, propicis per a sondejos amb objectius paleoambientals (Mayoral, 2018).

Aquests sondejos, distribuïts en diferents sòls i formacions sedimentàries holocenes en funció de l'objectiu d'estudi, acostumen a respondre a interessos compartits amb altres disciplines, com ara, per exemple, la pedoantracologia (vegeu l'apartat anterior). Un cop excavats per mitjans manuals o mecanitzats, els perfils

obtinguts són minuciosament netejats, fotografiats, ubicats amb GPS i finalment descrits en termes sedimentològics (color, textura, granulometria, mineralogia) i pedològics (estructura, porositat, matèria orgànica i activitat biològica, horitzons de diagnòstic, etc.) (figura 6). La interpretació d'aquestes dades de camp permet realitzar una primera reconstrucció de les característiques del dipòsit i de les dinàmiques locals (fases d'erosió o acumulació de sediment, formació de paleosols, canvis en el règim tèrmic i d'humitat, entre d'altres), que orienten l'estratègia de mostreig per fer-ne anàlisis posteriors i que proporcionen un primer marc interpretatiu. Les diverses anàlisis que es poden dur a terme en aquests registres (sedimentologia, geoquímica, micromorfologia de sòls, palinologia, fitòlits, pedoantracologia, etc., vegeu la figura 5), basades en un nombre suficient de sondejos, poden proporcionar una informació abundant sobre els paleoambients i les activitats antròpiques (p. ex. Compostella et al., 2014; Mariani et al., 2019; Masseroli et al., 2021). Aquestes dades, combinades i integrades amb la informació arqueològica en un marc espacial i cronològic precís (ús de SIG i models cronològics d'alta resolució), són capaces de contribuir eficaçment a la reconstrucció multidisciplinària i multiescala de les interaccions entre les societats pretèrites i els paisatges altimontans.

2.6.4. ADN antic sedimentari (*sedaDNA*)

De les seqüències sedimentàries realitzades en llacs, també se'n pot recuperar l'ADN de les plantes que van créixer entorn del llac i dels animals que van freqüentar aquest espai. A través de l'orina, la defecació, la sang i la descomposició d'animals morts, el seu ADN va poder

anar a parar al llac durant processos d'erosió i de pluja, i ser preservat en els sediments del llac fins als nostres dies.

Aquesta aproximació és molt interessant per realitzar l'arqueologia del paisatge, ja que, com s'ha comentat, generalment les restes d'animals no es preserven en espais altimontans per l'acidesa i l'erosió dels terrenys, i això provoca que sigui realment difícil saber quins van ser els animals que van estar pasturant per l'entorn. En aquest sentit, l'anàlisi de l'ADN animal contingut en els sediments lacustres és una tècnica que pot resoldre aquesta problemàtica, ja que pot arribar a identificar taxons a nivell d'espècie en absència de macrorestes animals, sempre i quan aquests freqüentessin la zona de captació del llac de manera recurrent (Giguet-Covex et al., 2019).

Una vegada extretes les seqüències sedimentàries del punt més profund del llac, en un laboratori especialitzat en ADN s'extreuen les mostres per fer-ne l'anàlisi paleogenètica. Les dades s'obtenen mitjançant tecnologies de seqüenciació massiva d'ADN (*metabarcoding*), que permeten identificar espècies a través de la utilització d'un curt fragment d'ADN d'un gen o de gens específics (Giguet-Covex et al., 2014). A la vegada, també s'extreuen mostres per fer-ne datacions radiocarbòniques, per tal de datar les dades paleogenètiques i poder-les correlacionar amb les paleoambientals i les arqueològiques.

Aquesta aproximació està actualment en fase de desenvolupament en mostres provinents del llac Forcat (Andorra).

3. Consideracions finals

Quines serien, a partir de la nostra experiència, les principals aportacions de l'ar-

queologia del paisatge i dels seus mètodes i tècniques aplicats a l'estudi dels espais altimontans?

Una primera consideració hauria de ser de tipus metodològic. La constatació que les anàlisis d'alta resolució espacial i temporal en arqueologia del paisatge són una eina inestimable per correlacionar resultats històrics, arqueològics i paleoambientals, com també per caracteritzar l'explotació del medi i les formes d'ocupació a escala microregional. Hi ha, però, una activitat que destaca per sobre de la resta, la ramadera, per la importància que té en la configuració dels paisatges culturals d'alta muntanya.

Una segona constatació ja ha estat comentada a l'inici d'aquest text: els espais altimontans no es poden considerar llocs aïllats i marginals, sinó paisatges profundament antropitzats, marcats per episodis de desforestació relacionats amb la creació i el manteniment de pastures des del neolític antic, probablement vinculats a espais de plana propers. Aquesta antropització i transformació del paisatge es va intensificant al llarg del neolític, així ho indiquen totes les dades treballades, i és més intensa al neolític final.

Els estudis han permès també atorgar valor al període romà, llargament menystingut. L'època romana va comportar una diversificació de pràctiques, com ara la mineria, la metal·lúrgia, l'explotació de resines de pi, la producció de carbó vegetal, les activitats de ramaderia, relacionades també amb processos de desforestació importants. Els estudis arqueològics i paleoambientals demostren la intensa activitat humana en aquest període. Els resultats suggereixen en aquest sentit una configuració heterogènia del paisatge, caracteritzada per la variabilitat i la sectorització de les estratègies. A les valls andor-

ranes del Madriu-Perafita-Claror s'hi va documentar, per exemple, una diversificació de les activitats econòmiques, que combina l'explotació forestal i les activitats ramaderes. Destaca en aquest sentit l'explotació del pi per produir pega i carbó vegetal. S'ha suggerit, en aquest sentit, que l'alta muntanya pirinenca a l'època romana constituïa un territori accessible i ben comunicat, integrat al complex sociocultural romà i a les xarxes comercials extraregionals. Així, en aquest període, els Pirineus i l'alta muntanya s'haurien de considerar una zona complementària que oferia recursos de gran importància (Leveau i Palet, 2010; Orengo et al., 2013).

Als sectors més orientals estudiats (capçaleres del Ter i del Freser) es documenta l'expansió de les activitats ramaderes ja en època romana, a partir dels segles II i III n. e. (Colominas et al., 2019, 2020) i, molt especialment, a l'antiguitat tardana. Aquesta intensificació podria relacionar-se amb l'origen de la transhumància històrica vertical al nord-est de Catalunya. En aquest sentit, l'evolució del paisatge mostra un punt d'inflexió amb l'expansió del pastoralisme vinculat a la gran transhumància des de l'alta edat mitjana (segles IX i X), amb l'ús de nous

espais clarament especialitzats en activitats ramaderes específiques.

En relació amb el coneixement històric, constatem que importants processos de canvi social, econòmic i polític, com van ser la romanització o la formació de les societats feudals, han tingut un impacte profund en els paisatges de muntanya, i això demostra que aquests estaven íntimament relacionats amb els processos històrics documentats en altituds més baixes.

La darrera consideració ha de ser de tipus patrimonial. Els resultats obtinguts assenyalen el potencial de la investigació arqueològica i ambiental a les zones d'alta muntanya, definint-les com a paisatges culturals. Aquest fet és important per donar valor a un ric patrimoni arqueològic que és, a més, una eina de gestió i un recurs cultural en zones normalment protegides pel seu valor paisatgístic. Sens dubte, la història d'aquests paisatges proporciona elements nous per al desenvolupament sostenible dels paisatges altimontans mediterranis. Aquests valors constitueixen un recurs per a la societat actual, amb àmplies possibilitats de transferència i contribució al desenvolupament de futures polítiques de gestió i dinamització territorial.

Referències bibliogràfiques

- BAYLISS, A.; MARSHALL, P. (2022). *Radiocarbon dating and chronological modelling: Guidelines and best practices*. Londres: Historic England.
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. (1985). *Handbook for soil thin section description*. Wolverhampton: WAINE Research Publications.
- CARBONELL, A.; PALET, J. M.; COLOMINES, L.; MARTÍNEZ, J.; PESCHINI, V.; GALLEGO-VALLE, A.; ALIENDE, P. (2021). «Archaeological survey in a high-mountain environment: Livestock sett-

- lements, land-use and landscape dynamics in Puigpedrós massif and Duran valley (Eastern Pyrenees, Spain)». *Living in the Mountains: Settlement Strategies from the Beginning of the Holocene to Modern Times in Southern Europe, Session 277*. EAA 27th Annual Meeting, Kiel.
- CARCAILLET, C.; THINON, M. (1996). «Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper timberline in the Maurienne Valley (North French Alps): Methodology and preliminary data». *Revue of Palaeobotany and Palynology*, 91, 399-416.
- CEVASCO, R. (2007). *Memoria verde: Nuovi spazi per la geografia*. Reggio Emilia: Diabasis.
- CHABAL, L. (1992). «La représentativité paléocologique des charbons de bois archéologiques issus du bois de feu». *Bulletin de la société botanique de France. Actualités Botaniques*, 139 (2/3/4), 213-236.
- (1994). «Apports de l'anthracologie à la connaissance des paysages passés: Performances et limites». *Histoire et Mesure*, IX (3/4), 317-338.
- CLAVEL-LÉVÊQUE, M.; CHARTIDOU, K.; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. (2006). «Geoarchaeology and soft computing applications in Roman landscape's research». *Agri Centuriati: an International Journal of Landscape Archaeology*, 3.
- COLOMINAS, L.; EVIN, A.; BURCH, J.; CAMPMAJÓ, P.; CASAS, J.; CASTANYER, P.; CARRERAS, C.; GUARDIA, J.; OLESTI, O.; PONS, E.; TREMOLEDA, J.; PALET, J. M. (2019). «Behind the steps of ancient sheeps mobility in Iberia: New insights from a geometric morphometric approach». *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11 (9), 4971-4982.
- COLOMINAS, L.; PALET, J. M.; GARCIA-MOLSOSA, A. (2020). «What happened in the highlands?: Characterising Pyrenean livestock practices during the transition from the Iron Age to the Roman period». *Archaeological and Anthropological Sciences*, 12, 69-80.
- COMPOSTELLA, C.; MARIANI, G. S.; TROMBINO, L. (2014). «Holocene environmental history at the treeline in the Northern Apennines, Italy: A micromorphological approach». *The Holocene*, 24 (4), 393-404.
- CONEDERA, M. et al. (2009). «Reconstructing past fire regimes: Methods, applications, and relevance to fire management and conservation». *Quaternary Science Reviews*, 28 (5-6), 555-576.
- COURTY, M. A.; GOLDBERG, P.; MACPHAIL, R. I. (1989). *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- EJARQUE, A. (2013). *La alta montaña pirenaica: Génesis y configuración holocena de un paisaje cultural. Estudio paleoambiental en el valle del Madriu-Perafita-Claror (Andorra)*. Oxford: Archaeopress. BAR International Series, 2507.
- EJARQUE, A.; JULIÀ, R.; RIERA, S.; PALET, J. M.; ORENGO, H. A.; MIRAS, Y.; CASCÓN, C. (2009). «Tracing the history of highland human management in the eastern pre-Pyrenees: An interdisciplinary palaeoenvironmental study at the Pradell fen. Spain». *The Holocene*, 19 (8), 1241-1255.
- EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; RIERA, S.; PALET, J. M.; ORENGO, H. A. (2010). «Testing microregional variability in the Holocene shaping of high mountain cultural landscapes: A palaeoenvironmental case-study in the eastern». *Pyrenees: Journal of Archaeological Science*, 37 (7), 1468-1479.
- EUBA, I. (2009). *Análisis antracológico de estructuras altimontanas en el valle de la Vansa-Sierra del Cadí (Alt Urgell) y en el valle del Madriu (Andorra): Explotación de recursos forestales del Neolítico a época moderna*. [Tesi doctoral.] Tarragona: ICAC.
- FRENCH, C. (2002). *Geoarchaeology in Action: Studies in Soil Micromorphology and Landscape Evolution*. Londres: Routledge.
- GALOP, D. (1998). «La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées: 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée. Toulouse». *GEODE, Laboratoire d'Ecologie Terrestre et FRAMESPA*.
- GARCIA-MOLSOSA, A. (ed.) (2023). *Archaeology of Mountain Landscapes: Interdisciplinary Research Strategies of Agro-Pastoralism in Upland Regions*. Nova York: State University of New York Press. IEMA Proceedings, vol. 6.

- GASSIOT, E. (ed.) (2016). *Arqueología del pastoralismo en el Parque Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici: Montañas humanizadas*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales.
- GASSIOT, E.; RODRÍGUEZ, D.; PÈLACHS, A.; PÉREZ, R.; JULIÀ, R.; BAL, M. C.; MAZZUCCO, N. (2014). «La alta montaña durante la Prehistoria: 10 años de investigación en el Pirineo catalán occidental». *Trabajos de Prehistoria*, 71 (2), 261-281.
<<https://doi.org/10.3989/tp.2014.12134>>
- GIGUET-COVEX, C.; FICETOLA, G. F.; WALSH, K.; POULENARD, J.; BAJARD, M.; FOUINAT, L.; SABATIER, P.; GIELLY, L.; MESSEGER, E.; DEVELLE, A. L.; DAVID, F.; TABERLET, P.; BRISSET, E.; GUTER, F.; SINET, R.; ARNAUD, F. (2019). «New insights on lake sediment DNA from the catchment: Importance of taphonomic and analytical issues on the record quality». *Scientific Reports*, 9, 14676.
- GIGUET-COVEX, CH.; PANSU, J.; ARNAUD, F.; REY, P. J.; GRIGGO, CH.; GIELLY, L.; DOMAIZON, I.; TABERLET, P. (2014). «Long livestock farming history and human landscape shaping revealed by lake sediment DNA». *Nature Communications*, 5, 3211.
- GOLDBERG, P.; MACPHAIL, R. (1989). *Soils and Micromorphology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GRIMM, E. C. (2011). «High-resolution age model based on AMS radiocarbon ages for Kettle lake, North Dakota, USA». *Radiocarbon*, 53 (1), 39-53.
- GUTIÉRREZ-ELORZA, M. (2005). *Climatic geomorphology*. Volum 8: *Developments in earth surface processes*. Amsterdam: Elsevier.
- HEINZ, C. (1990). «Dynamique des végétations holocenes en méditerranée nord occidentale d'après l'anthracanalyse de sites préhistoriques: Methodologie & paleoecologie». *Paleobiologie Continentale*, XVI (2).
- HENRY, A.; THERY-PARISOT, I. (2014). «From Evenk campfires to prehistoric hearths: Charcoal analysis as a tool for identifying the use of rotten wood as fuel». *Journal of Archaeological Science*, 52.
<<https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.09.005>>
- KARKANAS, P.; GOLDBERG, P. (2018). *Reconstructing archaeological sites: Understanding the geoarchaeological matrix*. Hoboken, Nova Jersey: John Wiley & Sons.
- KUBIÈNA, W. L. (1938). *Micropedology*. Ames, Iowa: Collegiate Press.
- LEVEAU, Ph. (2008). «La ville romaine alpine dans son contexte environnemental: Géoarchéologie et histoire du climat dans les Alpes». A: RÉMY, B.; LEVEAU, Ph. (dir.). *La ville des Alpes occidentales à l'époque romaine*. CRHIPA, 47-103.
- (2009). «Transhumances, remues et migrations des troupeaux dans les Alpes et les Pyrénées antiques: La question du pastoralisme romain». A: CALLEGARIN, L.; RÉCHIN, F. (eds.). *Espaces et Sociétés à l'époque romaine: Entre Garonne et Èbre. Hommages à Georges Fabre*, 141-174. Archéologie des Pyrénées Occidentales et des Landes, 4.
- LEVEAU, Ph.; PALET, J. M. (2010). «Les Pyrénées romaines, la frontière, la ville et la montagne: L'apport de l'archéologie du paysage». *Pallas*, 82, 171-198.
- LOAIZA, J. C.; STOOPS, G.; POCH, R. M.; CASAMIJANA, M. (2015). *Manual de micromorfología de suelos y técnicas complementarias*. Medellín: Fondo Editorial Pascual Bravo.
- MACPHAIL, R. I.; GOLDBERG, P. (2018). «Applied Soils and Micromorphology in Archaeology». A: BARKER, G.; SLATER, E.; BOGUCKI, P. (eds.). *Cambridge Manuals in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MARGUERIE, D.; HUNOT, J. Y. (2007). «Charcoal analysis and dendrology: Data from archaeological sites in north-western France». *Journal of Archaeological Sciences*, 34, 1417-1433.
- MARIANI, G. S.; COMPOSTELLA, C.; TROMBINO, L. (2019). «Complex climate-induced changes in soil development as markers for the Little Ice Age in the Northern Apennines (Italy)». *Catena*, 181, 104074.

- MASSEROLI, A.; VILLA, S.; MARIANI, G. S.; BOLLATI, I. M.; PELFINI, M.; SEBAG, D.; TROMBINO, L. (2021). «Reconsidering the compound effect of geomorphology, vegetation, and climate change on paleopedogenesis in sensitive environments (Northern Apennines, Italy)». *Catena*, 197, 104951.
- MAYORAL, A. (2018). *Analyse de sensibilité aux forçages anthropo-climatiques des paysages protohistoriques et antiques du plateau volcanique de Corent (Auvergne) et de ses marges par une approche géoarchéologique pluri-indicateurs*. [Tesi doctoral.] Université Clermont Auvergne.
- MCPARLAND, L.; COLLINSON, M. E.; SCOTT, A. C.; CAMPBELL, G.; VEAL, R. (2010). «Is vitrification in charcoal a result of high temperature burning of wood?». *Journal of Archaeological Science*, 37, 2679-2687.
- MIRAS, Y.; EJARQUE, A.; RIERA, S.; PALET, J. M.; ORENGO, H. A.; 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 (2180 m, Vall del Madriu, Andorre)». *Comptes Rendus Palevol*, 6 (4), 291-300.
- MIRAS, Y.; EJARQUE, A.; ORENGO, H. A.; RIERA, S.; PALET, J. M.; POIRAUD, A. (2010). «Prehistoric impact on landscape and vegetation at high altitudes: An integrated palaeoecological and archaeological approach in the eastern Pyrenees (Perafita valley, Andorra)». *Plant Biosystems*, 144 (4), 946-961.
- MORENO, D. (2018). *Dal documento al terreno Storia e archeologia dei sistemi agro-silvo-pastorali*. Gènova: Genova University Press.
- MOSKAL-DEL HOYO, M.; WACHOWIAK, M.; BLANCHETTE, R. A. (2016). «Preservation of fungi in archaeological charcoal». *Journal of Archaeological Science*, 37, 2106-2116.
- NELLE, O.; ROBIN, V.; TALON, B. (2013). «Pedoanthracology: Analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments». *Quaternary International*, 289, 1-4.
- NICOSIA, C.; STOOPS, G. (ed.) (2017). *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Chichester: John Wiley & Sons.
- OREJAS, A.; MATTINGLY, D.; CLAVEL-LÉVÊQUE, M. (eds.) (2009). *From present to past through landscape*. Madrid: CSIC.
- ORENGO, H. A. (2010). *Arqueologia de un paisaje cultural pirenaico de alta montaña: Dinámicas de ocupación del valle del Madriu-Perafita-Claror (Andorra)*. [Tesi doctoral.] Tarragona: ICAC-URV.
- ORENGO, H. A.; PALET, J. M.; EJARQUE, A.; MIRAS, Y. (2013). «Pitch production during the Roman period: An intensive mountain industry directed towards long distance trade?». *Antiquity*, 87 (337), 802-814.
<<https://doi.org/10.1017/S0003598X00049474>>
- ORENGO, H. A.; PALET, J. M.; EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; RIERA, S. (2014). «Shifting occupation dynamics in the Madriu-Perafita-Claror valleys (Andorra) from the early Neolithic to the Chalcolithic: The onset of high mountain cultural landscapes». *Quaternary International*, 353, 140-152.
<<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.01.035>>
- OSWALD, W.; ANDERSON, P.; BROWN, T.; BRUBAKER, L.; HU, F.; LOZHKIN, A.; TINNER, W.; KALTENRIEDER, P. (2005). «Effects of sample mass and macrofossil type on radiocarbon dating of arctic and boreal lake sediments». *The Holocene*, 15 (5), 758-767.
- PALET, J. M.; COLOMINAS, L.; GALLEGO-VALLE, A.; MARTÍNEZ, J. (2020). «Intervencions arqueològiques a la Capçalera del Duran i sector de Puigpedrós-Malniu (Meranges, la Cerdanya): Estudi territorial d'espais altimontans pirinencs. Campanyes 2018-2019». A: BURCH, J.; BUXÓ, R.; FRIGOLA, J.; FUERTES, M.; MANZANO, S.; MATARÓ, M. *Quinzenes Jornades d'Arqueologia de les Comarques de Girona. Documenta Universitaria*. Girona, 65-70.
- PALET, J. M.; GARCIA, A.; ORENGO, H. A.; POLONIO, T. (2016). «Ocupacions ramaderes altimontanes a les capçaleres del Ter (Vall de Núria i Coma de Vaca, Querolbs): Resultats de les

- intervencions arqueològiques 2010-2015». A: *XIII Jornades d'Arqueologia de les Comarques de Girona*. Generalitat de Catalunya, 67-75.
- PALET, J. M.; GARCIA, A.; ORENGO, H. A.; RIERA, S.; EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; JULIÀ, R. (2014). «Ocupación y explotación de espacios altimontanos pirenaicos en la antigüedad: Visiones desde la arqueología del paisaje». A: DALL'AGLIO, P. L.; FRANCESCHELLI, C.; MAGANZANI, L. (eds.). *Atti del del IV Convegno Internazionale di Studi Veleiati*, 455-470.
- PALET, J. M.; OLMOS, P.; GARCIA MOLSOSA, A.; POLONIO, T.; ORENGO, H. A. (2019). «Occupation et anthropisation des espaces de haute montagne dans les vallées de Nuria et Coma de Vaca (Gerona, Espagne): Résultats des recherches archéologiques et patrimoniales». A: DESCHAMPS, A.; COSTAMAGNO, S.; MILCENT, P. Y.; PÉTILLON, J. M.; RENARD, C.; VALDEYRON, N. (dir.). *La conquête de la montagne: Des premières occupations humaines à l'anthropisation du milieu. Actes des congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques*. Paris: Éditions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques. Open Edition Books. <<https://books.openedition.org/cths/7007>>
- PALET, J. M.; ORENGO, H. A.; EJARQUE, A.; MIRAS, Y.; EUBA, I.; RIERA, S. (2013). «Arqueología de paisajes altimontanos pirenaicos: Formas de explotación y usos del medio en época romana en el valle del Madriu-Perafita-Claror (Andorra) y en la Sierra del Cadí (Alt Urgell)». A: FICHES, J.-L.; PLANA, R.; REVILLA, V. (eds.). *Paysages ruraux et territoires dans les cités de l'Occident romain: Actes du colloque AGER IX*, 329-340.
- PALET, J. M.; ORENGO, H. A.; EJARQUE, A.; RIERA, S.; MIRAS, Y. (2015). «La configuració d'un paisatge cultural patrimoni de la humanitat a la vall de Madriu-Perafita-Claror: Visions des de l'arqueologia del paisatge». A: AA. DD. (eds.). Recull de conferències: *100 anys del naixement de Turing i 50 anys del Telstar 1/ 6ns Debats de recerca: La recerca sobre el paisatge a Andorra*, 178-192. Andorra la Vella: Societat Andorrana de Ciències.
- PESCINI, V. (2019). «Which Origin for Charcoal in Soils?: Case-Studies of Environmental Resources Archaeology (ERA) From the Ligurian Apennines, Seventh to the Twentieth Century». *Frontiers in Environmental Science*, 7 (77), 1-15.
- PY, V.; DURAND, A.; ANCEL, B. (2013). «Anthracological analysis of wood fuel used for firesetting in medieval metallic mines of the Faravel district (southern French Alps)». *Journal of Archaeological Science*, 40, 3878-3889.
- REMY, C. et al. (2018). «Guidelines for the use and interpretation of palaeofire reconstructions based on various archives and proxies». *Quaternary Science Reviews*, 193, 312-322.
- RENDU, CH. (2003). *La montagne d'Enveig, une estive pyrénéenne dans la longue durée*. Canet: Trabucaire.
- RENDU, CH.; CALASTRENC, C.; LE COUÉDIC, M.; BERDOY, A. (dir.) (2016). *Estives d'Ossau: 7000 ans de pastoralisme dans les Pyrénées*. Aulus-les-Bains: Le Pas d'Oiseau.
- RICO, C. (1997). *Les Pyrénées romaines: Essai sur un pays de frontière*. Madrid: Casa de Velázquez.
- SABLAYROLLES, R. (2005). «Lugdunum des Covènes à l'époque julio-claudienne: Ville et capitale ou capitale et ville?». A: *L'Aquitania et l'Hispanie septentrionale à l'époque julio-claudienne: Organisation et exploitation des espaces provinciaux. IV Colloque Aquitania, Saintes, setembre 2003, Aquitania, Supplément 13*. Bordeaux, 139-155.
- SAULNIER, M.; CUNILL ARTIGAS, R.; FOUÉDJEU-FOUMOU, L.; BUSCAINO, S.; MÉTAILIÉ, J. P.; GALOP, D.; PY-SARAGAGLIA, V. (2019). «A study of late Holocene local vegetation dynamics and responses to land use changes in an ancient charcoal making woodland in the central Pyrenees (Ariège, France), using pedoanthracology». *Vegetation History and Archaeobotany*. <<https://doi.org/10.1007/s00334-019-00740-7>>
- SEGARD, M. (2009). *Les Alpes occidentales romaines: Développement urbain et exploitation des ressources des régions de montagne (Gaule Narbonnaise, Italie, provinces alpines)*. Aix-en-Provence: Errance.

- STOOPS, G. (2003). «Guidelines for Analysis and Description of soil and Regolith Thin Sections». *Soil Science Society of America*. Wisconsin: Madison.
- STOOPS, G.; MARCELINO, V.; MEES, F. (eds.) (2018). *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Amsterdam: Elsevier.
- TALON, B. (2010). «Reconstruction of Holocene high altitude vegetation cover in the French Southern Alps: Evidence from soil charcoal». *The Holocene*, 20 (1), 34-44.
- THÉRY-PARISOT, I. (2001). *Economie du combustible et paléocologie en contexte glaciaire et périglaciaire: Paléolithique moyen et supérieur du sud de la France (anthracologie, expérimentation, haptonomie)*. [Tesi doctoral.] Université de Paris.
- THÉRY-PARISOT, I.; HENRY, A. (2012). «Seasoned or green?: Radial cracks analysis as a method for identifying the use of green wood as fuel in archaeological charcoal». *Journal of Archaeological Science*.
<<https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.09.024>>
- THINON, M. (1992). *L'analyse pédoanthracologique: Aspects méthodologiques et Applications*. [Tesi de doctorat en Ciències.] Université Aix-Marseille III, 317.
- TOUFLAN, P.; TALON, B.; WALSH, K. (2010). «Soil charcoal analysis: a reliable tool for spatially precise studies of past forest dynamics: A case study in the French southern Alps». *The Holocene*, 20 (1), 45-52.
<<https://doi.org/10.1177/0959683609348900>>