

Arqueologia i ramaderia a l'alta muntanya. Anàlisi espacial de les evidències arqueològiques del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici

Ermengol Gassiot Ballbè
David Rodríguez Antón
Guillem Salvador Baiges

Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Prehistòria

0000-0003-0457-4805; ermengol.gassiot@uab.cat

0000-0003-4116-2308; david.rodriguez.anton1@uab.cat

0000-0003-1248-7816; guillem.salvador@uab.cat

Rubén de la Fuente Seoane

Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia

0000-0003-2626-8323; ruben.delafuente@uab.cat

Ariadna Nieto Espinet

Universitat de Lleida. Departament de Geografia, Història i Història de l'Art

0000-0001-6038-995X; ariadna.nieto@udl.cat



© dels autors i l'autora

Recepció: març de 2026

Acceptació: abril de 2026

Publicació: juliol de 2026

Citació recomanada: GASSIOT BALLBÈ, Ermengol; RODRÍGUEZ ANTÓN, David; SALVADOR BAIGES, Guillem; FUENTE SEOANE, Rubén de la i NIETO ESPINET, Ariadna (2026). «Arqueologia i ramaderia a l'alta muntanya. Anàlisi espacial de les evidències arqueològiques del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici». *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 72(2), 231-259. <<https://doi.org/10.5565/rev/dag.1578>>

Resum

La recerca arqueològica en àrees europees d'alta muntanya és bastant recent. Amb tot, al llarg dels darrers anys, diversos programes d'investigació estan proporcionant registres fins ara inèdits. Per una banda, aquestes dades mostren densitats remarcables de llocs o jaciments arqueològics en espais que fins ara es consideraven gairebé només naturals. Per l'altra, il·lustren que han estat objecte d'ocupació humana més o menys reiterada des d'inicis de l'holocè. Aquest article presenta, des d'un punt de vista espacial, les restes arqueològiques documentades en una de les àrees més abruptes del Pirineu català, el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Aborda també l'anàlisi de la seva distribució, definint quins factors incideixen més en la distribució geogràfica dels llocs arqueològics i com aquests mateixos factors operen de forma diferencial en funció de les característiques que presenten. Entre els resultats destaca la forta dependència dels llocs arqueològics respecte de les àrees actuals de prats i herbassars i de la proximitat de l'aigua i, per contra, la seva independència respecte dels punts amb més insolació hivernal.

Paraules clau: arqueologia; ramaderia; alta muntanya; Pirineus; anàlisi espacial

Resumen. *Arqueología y ganadería en alta montaña. Análisis espacial de las evidencias arqueológicas del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*

La investigación arqueológica en áreas europeas de alta montaña es bastante reciente. Con todo, a lo largo de los últimos años, varios programas de investigación están proporcionando registros hasta ahora inéditos. Por un lado, estos datos muestran densidades remarquables de lugares o yacimientos arqueológicos en espacios que hasta hoy se consideraban casi solo naturales. Por otro, ilustran que han sido objeto de ocupación humana más o menos reiterada desde principios del holoceno. Este artículo presenta, desde un punto de vista espacial, los restos arqueológicos documentados en una de las áreas más abruptas del Pirineo catalán, el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Aborda también el análisis de su distribución, definiendo qué factores inciden más en la distribución geográfica de los lugares arqueológicos y cómo estos mismos factores operan de forma diferencial en función de las características que presentan. Entre los resultados destaca la fuerte dependencia de los lugares arqueológicos respecto a las actuales áreas de prados y herbazales y a la proximidad del agua y, por el contrario, su independencia respecto a los puntos con más insolación invernal.

Palabras clave: arqueología; ganadería; alta montaña; Pirineos; análisis espacial

Résumé. *Archéologie et pastoralisme en haute montagne : analyse spatiale des vestiges archéologiques du Parc national d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*

La recherche archéologique dans les zones européennes de haute montagne est relativement récente. Toutefois, au cours des dernières années, plusieurs programmes de recherche ont fourni des données jusqu'alors inédites. D'une part, ces données révèlent des densités remarquables de sites ou de gisements archéologiques dans des espaces jusqu'ici considérés comme presque exclusivement naturels. D'autre part, elles montrent que ces espaces ont fait l'objet d'occupations humaines plus ou moins récurrentes depuis le début de l'Holocène. Cet article présente, d'un point de vue spatial, les vestiges archéologiques documentés dans l'une des zones les plus abruptes des Pyrénées catalanes, le Parc national d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Il propose également une analyse de leur distribution, en définissant les facteurs qui influencent le plus la répartition géographique des sites archéologiques et la manière dont ces mêmes facteurs agissent différemment selon les caractéristiques qu'ils présentent. Parmi les résultats obtenus, on peut souligner la forte dépendance des sites archéologiques vis-à-vis des zones actuelles de prairies et de pâturages herbacés, de la proximité de l'eau et, à l'inverse, leur indépendance par rapport aux secteurs bénéficiant d'un ensoleillement hivernal plus important.

Mots-clés : archéologie ; pastoralisme ; haute montagne ; Pyrénées ; analyse spatiale

Abstract. *Archaeology and pastoralism in the high mountains: spatial analysis of the archaeological evidence from the Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park*

Archaeological research in European high-mountain areas is quite recent, and various research programmes in recent years have provided previously unknown records. On the one hand, these data show remarkable densities of archaeological sites or deposits in areas that were previously considered to be almost entirely natural. On the other hand, they demonstrate that these areas have experienced repeated human occupation since the beginning of the Holocene. This article presents the archaeological sites documented in one of the most rugged areas of the Catalan Pyrenees—the Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park—from a spatial perspective. It also analyses their distribution and

defines the factors that most influence the geographic distribution of archaeological sites, as well as how these factors operate differently depending on the characteristics of the sites. Notably, the results reveal a strong dependence of archaeological sites on current areas of meadows and grasslands and proximity to water, as well as an independence from areas with greater winter sunshine.

Keywords: archaeology; livestock farming; high mountains; Pyrenees; spatial analysis

Sumari

1. Introducció	5. Conclusions
2. Mètodes i materials	Referències bibliogràfiques
3. Resultats	Mapes
4. Discussió	Material suplementari

1. Introducció

Fins fa poques dècades, les àrees d'alta muntanya tendien a veure's, fins i tot des de diverses disciplines científiques, com espais eminentment naturals, on la vida humana hi hauria tingut un rol gairebé anecdòtic al llarg del temps. Des d'aquest prisma, no sorprèn que una bona part dels parcs nacionals de l'Estat espanyol, com a màxima categoria d'espai de protecció natural, es trobin a serralades muntanyoses. Per diversos factors que ara no entrarem a analitzar, durant el segle XXI, aquesta percepció ha començat a canviar a diferents zones de muntanya europees. Dins d'aquest context, la recerca arqueològica en zones alpines i subalpines del Pirineu ha experimentat un progrés molt notable des de fa vint anys (Clemente et al., 2020; Garcia Casas, 2018; Gassiot, 2016; Gragson et al., 2015; Le Couédic, 2010; Montes et al., 2019; Palet et al., 2019; Rendu, 2003; Rendu et al., 2016). Campanyes successives de prospecció arqueològica han permès identificar nombroses traces d'ocupació de diversos trams de la serralada, retornant mapes de punts relativament densos en espais prèviament buits de qualsevol tipus de dada arqueològica. En paral·lel, programes sistemàtics de datacions absolutes estan proporcionant seqüències d'ocupació llargues, que mostren la presència humana en estadis alpins i subalpins superiors des de l'inici de l'holocè (Carbonell, 2024; Gassiot et al., 2026; Orengo et al., 2014; Rendu et al., 2016).

Amb una extensió de prop de 40.000 ha, el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (PNAESM) és una de les àrees d'alta muntanya pirinenca que ha estat objecte d'intenses investigacions arqueològiques. Situat al nord-oest de Catalunya, s'emplaça a l'est del batòlit granític de la Maladeta. Els seus cims més alts superen lleugerament els 3.000 metres sobre el nivell del mar i els fons de les valls principals no baixen dels 1.400 metres en els punts més inferiors. Té un substrat granític que genera un relleu molt abrupte i una elevada concentració d'estanys. El clima que mostra actualment és el típic de

les zones de muntanya del sud d'Europa. Les precipitacions anuals oscil·len entre els 1.000 i els 1.500 mm, condicionades pel gradient altitudinal. Les temperatures mitjanes varien entre els -4°C i els $2/3^{\circ}\text{C}$ al gener i entre els 13°C i els 19°C al juliol. No obstant això, al llarg de l'holocè hi va haver oscil·lacions constants en les temperatures i les precipitacions (Catalán et al., 2013, 2019).

L'any 2004, el Grup d'Arqueologia d'Alta Muntanya (GAAM), de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), i la Institució Milà i Fontanals (IMF-CSIC) van iniciar la recerca arqueològica al PNAESM amb un doble objectiu. D'una banda, la direcció del Parc volia elaborar una carta arqueològica amb finalitats de gestió i preservació del patrimoni. De l'altra, el GAAM pretenia impulsar una línia de recerca centrada en les formes d'ocupació i ús de les zones d'alta muntanya al llarg del temps.

En aquest marc es van formular dues hipòtesis principals: 1) que l'origen de la presència humana en aquestes àrees es remunta a començament de l'holocè, probablement vinculat a activitats cinegètiques; i 2) que, a partir del neolític, la ramaderia hauria estat (fins al segle xx) l'activitat principal de les successives ocupacions humanes, desenvolupades majoritàriament durant l'estiu. Paral·lelament, una tercera hipòtesi d'ordre metodològic orientava l'inici del programa: l'escassetat de dades arqueològiques no responia tant a una absència real d'ocupació humana com a un dèficit de mostreig, resultat de la manca d'investigació arqueològica en els espais d'alta muntanya. Com a referent, hi havia recerques prèvies realitzades a la Cerdanya oriental (Rendu, 2003) que havien tret a la llum nombroses estructures aparentment ramaderes de cronologies diverses.

Aquest treball analitza l'organització espacial dels diversos elements arqueològics identificats, amb una atenció especial a aquells que presumptament es vinculen a la ramaderia. L'objectiu és reforçar les inferències sobre la seva funcionalitat i, en la mesura del possible, definir-ne els patrons espacials. En síntesi, es pretén identificar factors i variables que influeixin en la localització d'aquestes evidències i si operen de manera diferenciada segons el tipus de context arqueològic. L'anàlisi que se'n faci hauria de contribuir a comprendre millor les formes d'ocupació i els usos pretèrits de l'alta muntanya.

2. Mètodes i materials

2.1. El registre arqueològic del PNAESM

2.1.1. El mapa arqueològic del PNAESM: 378 «llocs» i prop d'un miler d'estructures o àmbits

Les dades arqueològiques del PNAESM provenen de diverses campanyes de prospecció arqueològica, juntament amb l'excavació d'alguns dels llocs o jaciments documentats. Es van dur a terme principalment entre els anys 2004 i 2012 (Gassiot, 2016; Gassiot et al., 2014, 2016). Les actuacions es van basar en la inspecció pedestre de la superfície mitjançant transectes, seguint una metodologia extensiva orientada a cobrir el màxim de terreny possible de la majoria de les conques del PNAESM al llarg d'unes 29.000 ha. Només se'n

van excloure els pendents molt pronunciats amb escassa visibilitat del terreny, les zones accessibles únicament mitjançant escalada i les vessants inestables. La documentació de les diferents evidències arqueològiques es va dur a terme mitjançant un sistema de registre que es va anar transformant progressivament, amb l'objectiu d'adaptar-lo a paràmetres compartits entre diversos equips de recerca que treballen al Pirineu (Le Couédic et al., 2016b). En els darrers anys també s'hi han incorporat tècniques de teledetecció, com ara el LIDAR i les imatges aèries i de satèl·lit, així com l'ús de fotogrametria i drons. Com a resultat, podríem dir que, al llarg d'aquests anys, s'hi han localitzat i documentat fins a 378 llocs arqueològics que contenen al voltant d'un miler d'estructures o àmbits.

Al llarg de les darreres dècades s'ha desenvolupat en arqueologia un cert debat al voltant de la definició de *lloc arqueològic*, concepte que, en l'àmbit ibèric i francès, s'associa terminològicament amb el terme *jaciment*. En el context de l'arqueologia d'alta muntanya pirinenca, aquesta reflexió també ha emergit, en gran part, a causa de la presència contínua d'elements arqueològics més o menys dispersos al llarg d'espais relativament extensos (Colominas et al., 2023; Gassiot, 2023; Le Couédic, 2010; Le Couédic et al., 2016a). En síntesi, el debat se centra en la consideració sobre què s'ha de considerar un *lloc* i en la manera com se'n poden establir els límits, especialment quan no existeixen elements clars que delimitin un conjunt de restes.

Una gran part dels vestigis documentats a l'alta muntanya pirinenca correspon a restes arquitectòniques. A partir d'aquesta base, una de les alternatives plantejades dins d'aquest debat és considerar cada *estructura arquitectònica* com una unitat bàsica de documentació, assimilada a un àmbit funcional individualitzable, com ara una cabana, un enclòs o qualsevol altre element. Aquest procediment resol el problema de la delimitació, però té l'inconvenient de dificultar la comprensió global dels assentaments. En altres paraules, planteja la dificultat d'identificar i caracteritzar unitats d'assentament definides per diverses estructures, com ara conjunts formats per diversos tancats i cabanes que haurien funcionat de manera sincrònica. D'altra banda, exclou uns altres tipus de contextos arqueològics, com ara petites cavitats sense elements construïts evidents o concentracions de materials mobles en superfície.

Per contra, assimilar un lloc a un assentament comporta la dificultat d'agrupar indicis arqueològics diferents dins d'una mateixa realitat temporal. Això esdevé evident en les dinàmiques observades en l'excavació d'alguns d'aquests jaciments, on se superposen diverses fases cronològiques, cadascuna de les quals disposa dels elements i de les delimitacions espacials específiques (Gassiot et al., 2026).

Assumint aquestes limitacions i complexitats, en aquest treball l'evidència arqueològica superficial del PNAESM s'organitza en *llocs (arqueològics)*, assimilats a assentaments o espais on s'ha desenvolupat una activitat que ha deixat restes materials. Aquesta classificació es basa en hipòtesis interpretatives derivades de les observacions de camp i de l'anàlisi posterior (Gassiot, 2023). Per tant, resta oberta a modificacions a mesura que la recerca vagi avan-

çant. Seguint aquests criteris, fins ara s'han documentat un total de 378 llocs amb elements arqueològics al PNAESM. En la majoria dels casos es defineixen per restes arquitectòniques visibles en superfície i s'associen principalment a pràctiques ramaderes.

2.1.2. La classificació dels llocs arqueològics

Aquest treball aprofundeix en l'anàlisi espacial de les restes arqueològiques del PNAESM plantejada en alguns estudis previs (principalment, García Casas, 2018; García Casas i Gassiot, 2022; Gassiot, 2016) amb un doble objectiu. En primer lloc, cerca identificar pautes generals que incideixen en l'emplaçament del conjunt de restes arqueològiques del PNAESM. En segon lloc, establir el comportament específic dels llocs relacionats amb pràctiques ramaderes en relació amb aquells que podrien correspondre a activitats diferents de les directament associades a la gestió dels ramats i de la força de treball que hi està vinculada.

D'acord amb aquests objectius, la informació arqueològica ha estat simplificada en una taula que conté dades resumides dels 378 llocs documentats amb restes arqueològiques (tant aquesta taula com els fitxers i els resultats de les anàlisis es poden consultar a l'enllaç <<https://doi.org/10.34810/data2207>>). El seu geoposicionament s'ha realitzat mitjançant coordenades x, y (UTM ETRS89, EPSG: 25831), assimilant-les a un únic punt. S'ha prescindint de la variable d'extensió, element que podria ser rellevant en uns altres tipus d'anàlisis.

La classificació dels llocs en onze categories morfològiques proposada per García Casas (2018), García Casas i Gassiot (2022) i Gassiot (2016) s'ha simplificat aquí en cinc classes, amb l'objectiu de facilitar la interpretació dels resultats:

- *Abric*. Designa les traces d'ocupacions humanes en petites cavitats de diferents tipus: alguna cova generada en fissures del substrat granític, alguna balma de sobreexcavació glacial i, sobretot, petits espais a la base i acumulacions de blocs erràtics o despresos del vessant. Ocasionalment poden conservar petits murs que completin la delimitació de l'espai interior. Els casos excavats, com ara l'Abric de les Obagues de Ratera i l'Abric de l'Estany de la Coveta I, han proporcionat seqüències d'ocupació de milers d'anys. A excepció de les fases més antigues, aquestes ocupacions es relacionen majoritàriament amb activitats ramaderes.
- *Arquitectura ramadera*. Inclou tots els llocs amb elements arquitectònics visibles associats, encara que sigui de forma hipotètica (atesa la seva caracterització, principalment a partir de dades de superfície), a activitats ramaderes. Comprèn abrics amb tancats associats, cleds i cabanes aïllades, conjunts de closos i cabanes i altres estructures vinculades a la gestió dels ramats (García Casas i Gassiot, 2022). Tot i que les funcions de les cabanes aïllades deixen un cert marge d'incertesa, en general s'interpreten també en relació amb espais de resguard de pastors.

- *Carboneres*. Definides per plataformes planes, sovint delimitades per un mur frontal i una gran quantitat de carbons. Es vinculen a estructures aptes per produir carbó vegetal (Pèlach, 2004).
- *Cercles*. Agrupa una amalgama variada de cercles de pedres, possibles cromlecs i túmuls o monticles de pedres de diàmetres variables, que poden arribar fins a 6 o 7 m. En alguns casos s'han interpretat com a possibles elements funeraris protohistòrics, especialment a la meitat occidental del Pirineu, tot i que la interpretació que se'n fa no sempre és clara (Agirre-García et al., 2018).
- *Altres*. Agrupa vestigis de tipologia diversa, com ara troballes puntuals de material lític en superfície, amagatalls de vasos ceràmics de l'edat del bronze (Gassiot et al., 2014), alguns gravats rupestres, indicis d'activitat minera o murs aïllats. Presenten una freqüència reduïda i, en general, no es poden vincular directament amb activitats ramaderes.

Pràcticament dos terços dels 378 llocs documentats al PNAESM contenen algun tipus de resta arquitectònica visible en superfície (taula 1). Una mica per sobre del 20% del total, els segueixen els abrics sense construccions associades, si bé sovint poden tenir petits murs per tancar l'espai a sota la cornisa. La resta de categories presenten freqüències molt menors.

Els llocs amb restes arquitectòniques molt sovint contenen recintes que recorden tancats, si bé les formes i les xifres varien força. Amb tot, tant al PNAESM com en uns altres indrets pirinencs, aquest tipus d'evidències generalment han estat vinculades, ni que sigui preliminarment, a la gestió ramadera (Garcia Casas i Gassiot, 2022; Gassiot, 2016; Palet et al., 2019; Rendu, 1998, 2003). El cas dels abrics és més problemàtic, si bé quan s'han excavat s'hi han documentat elements que també els vinculen a pràctiques ramaderes a partir del neolític i en èpoques posteriors (Gassiot, 2016; Gassiot et al., 2022; Mazzucco et al., 2019). La resta de categories remet a activitats més específiques, com ara la producció de carbó vegetal o indicis d'explotació minera.

Taula 1. Nombre i percentatge de llocs arqueològics de cada categoria

	Carboneres	Arquitectura ramadera	Abrics	Cercles de pedra	Altres
Nombre	11	250	81	10	26
(%)	(2,91)	(66,31)	(21,43)	(2,65)	(6,9)

Font: elaboració pròpia a partir de les dades suplementàries (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

2.2. Breu apunt sobre la cronologia de les evidències arqueològiques del PNAESM

La cartografia d'evidències arqueològiques és una potent eina per entendre la conformació dels territoris al llarg del temps, entesos com la creació d'espais socials en una àrea geogràfica determinada. No obstant això, amaguen el risc

de presentar com a realitats sincròniques dinàmiques que tenen una determinada profunditat cronològica. És per aquesta raó que, fins i tot en treballs com aquest, on es busca respondre qüestions concernents als patrons de disposició espacial d'un determinat ventall de vestigis arqueològics, cal tenir present la dimensió diacrònica d'aquestes evidències empíriques. Una dimensió que és directament resultat dels processos històrics que les van generar.

En el procés de creació del registre arqueològic d'àrees d'alta muntanya prèviament poc documentades, com ara el PNAESM, l'establiment de la cronologia dels jaciments a partir únicament de dades superficials és una tasca especialment complexa per diverses raons: una absència o escassetat d'objectes mobles diagnòstics visibles, com ara, per exemple, determinats tipus de ceràmica, la manca de tipologies d'elements arquitectònics (una tasca encara en procés) i, en general, la manca de referents sòlids per comparar. Per resoldre aquest aspecte, juntament amb les prospeccions arqueològiques, es va dissenyar un programa de datacions absolutes d'alguns llocs. Així, es van realitzar nombrosos sondejos de petita extensió amb l'objectiu d'identificar nivells d'ocupació en alguns jaciments i d'obtenir materials cronològicament diagnòstics, així com mostres per fer-ne datacions absolutes.

Actualment es disposa de 119 datacions AMS procedents de contextos arqueològics del PNAESM, de les quals 52 provenen de mostres obtingudes en sondejos efectuats en 41 jaciments diferents. La resta procedeix d'excavacions en extensió. Globalment, aquestes dades mostren una seqüència d'ocupació del PNAESM de prop de 10.000 anys, amb una intensitat creixent al llarg del temps (Gassiot et al., 2026). Les excavacions han posat al descobert seqüències d'ocupació llargues a jaciments com ara la Cova del Sardo de la Vall de Boí, l'Abric de Les Obagues de Ratera, el Portarró o l'Abric de l'Estany de la Covea I, amb fases de diferents períodes prehistòrics i històrics (Gassiot et al., 2015, 2020a, 2023). L'anàlisi dels materials arqueològics i dels patrons *intra-site* evidencien canvis en l'organització dels assentaments, en l'explotació dels recursos i en les activitats que s'hi desenvolupaven (Mazzucco et al., 2019; Obea, 2024; Obea et al., 2021; Rodríguez Antón, 2020; Tarifa, 2019). Aquests resultats complementen la informació obtinguda a les prospeccions arqueològiques i posen de manifest el caràcter parcial dels registres superficials, que sovint amaguen la variabilitat i la complexitat de les dinàmiques d'ocupació de molts dels jaciments.

El conjunt de datacions absolutes disponibles comença a ser prou extens per proposar la temporalitat d'alguns dels elements arquitectònics visibles en superfície (Gassiot et al., 2026). Així, per exemple, els petits abrics rocosos contenen ocupacions pràcticament al llarg de tota la seqüència, amb una datació més antiga del 8000-7727 calANE, procedent del nivell basal de l'Abric de les Obagues de Ratera. Els llocs amb arquitectura ramadera presenten menys variabilitat temporal. En general, les datacions obtingudes d'aquest tipus de jaciments en el marc de les prospeccions són d'època històrica, amb alguna excepció puntual dels segles III-II calANE i una altra del final del neolític. No obstant això, les excavacions arqueològiques al Portarró estan modificant

aquesta dada i les datacions de diversos espais delimitats per bases de murs de pedra aporten més datacions que se situen entre la segona part del neolític i començament de l'edat del bronze. A banda, hi ha una marcada variabilitat temporal dels diferents tipus de llocs amb arquitectura, tal com reflectim a Gassiot et al. (2026).

Si bé no s'han datat carboneres de l'interior del PNAESM, Pèlachs (2004) proporciona una extensa sèrie de datacions d'elements d'aquest tipus al Bosc de Virós, a la Vallferrera, complementada per algunes dades d'escorials associats (Augé et al., 2012; Gassiot, 2023). La seva cronologia s'estén des de l'època baix-imperial fins al segle xx. Complementàriament, algunes restes de forns de rostit de ferro, tant al PNAEM com a la immediata vall de Baisca, han proporcionat resultats compresos entre els segles II calANE i II calNE (Gassiot et al., 2026).

Amb tot, la seqüència temporal de les restes arqueològiques del PNAESM presenta encara algunes debilitats: 1) el conjunt de llocs amb datacions absolutes és força reduït (41), a la majoria d'aquests llocs només s'hi ha datat una o dues mostres; 2) les excavacions en extensió realitzades il·lustren que les seqüències cronològiques dels diferents llocs són força més complexes que el que permeten entreveure les dades només de prospeccions i sondejos, amb canvis en l'organització interna dels assentaments, i 3) les classificacions cronològiques actuals dels diferents tipus de llocs (Garcia i Gassiot, 2022, i més recentment Gassiot et al., 2026) encara n'assignen la majoria a períodes molt amplis en termes temporals, fet que complica que es puguin assignar a dinàmiques històriques concretes.

2.3. Anàlisi espacial i geoestadística

2.3.1. L'obtenció de variables espacials

La finalitat de l'anàlisi plantejada en aquest article és avaluar si, globalment, les restes arqueològiques del PNAESM, i concretament aquelles vinculades a pràctiques ramaderes, mostren algun patró espacial específic. Donats aquests objectius, i per tal de no segmentar el conjunt de dades en mostres gaire reduïdes, s'ha optat per no introduir la variable *cronologia* en l'anàlisi i s'ha deixat aquesta tasca per a propers treballs.

L'anàlisi espacial s'ha desenvolupat en dues fases. En primer lloc, s'ha derivat una matriu de dades geogràfiques per als diferents llocs del PNAESM a partir de diverses bases cartogràfiques: el model digital d'elevacions (MDE), de 5 × 5 m, de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC); les conques de l'Ebre i la Garona de l'EU-Hydro River Network Database 2006-2012 (Copernicus), i el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (2019-2022).

A partir d'aquestes fonts s'han obtingut les variables d'altitud, vegetació i distància fins a l'aigua (calculada com a distància geomètrica que integra distància lineal i diferència d'altitud). Les dades de vegetació són actualistes i no reflecteixen la variabilitat dels paisatges vegetals al llarg de l'holocè; tanmateix, ofereixen una aproximació a un escenari on la incidència de la ramaderia, mitjançant

l'obertura de pastures, encara és perceptible malgrat el retrocés experimentat durant el darrer segle. La informació hidrològica i orogràfica també pot haver experimentat variacions al llarg del temps, ja sigui per fluctuacions climàtiques o per dinàmiques de vessant. No obstant això, a l'escala d'anàlisi emprada, aquestes variacions s'hi consideren negligibles i no s'han incorporat al model.

A partir del model digital d'elevacions (MDE) s'han generat diversos mapes temàtics amb una resolució de 5 x 5 m mitjançant el programari SIG QGIS 3.42 i SAGA, dels quals s'han extret els valors corresponents als diferents llocs segons la seva ubicació. Les variables derivades són:

- *Pendent*. En referència a la inclinació del vessant (%).
- *Orientació del vessant*. Obtinguda inicialment com a azimuth i posteriorment transformada en una sèrie contínua entre 1 (nord) i -1 (sud) mitjançant el cosinus del valor angular.
- *Radiació solar als solsticis d'estiu i d'hivern*. Calculada com a radiació acumulada (W/m^2) durant les 24 hores dels dies 21 de juny i 21 de desembre de 2024.
- *Índex de visibilitat* o *Visibility Index* (amb un radi de 3.000 m). Expressa la visibilitat relativa de cada cel·la respecte al seu entorn.
- *Índex de protecció morfomètrica* o *Morphometric Protection Index (MPI)* (amb un radi de 2.000 m). Mesura el grau de protecció topogràfica d'un punt.
- *Índex d'exposició al vent* o *Wind Exposition Index (360°)*. Indicador de l'exposició al vent.
- *Índex de prominència topogràfica* o *Topographic Position Index (TPI)* (radi interior 0 i exterior 100 m). Avalua la sobre-elevació del punt respecte al seu entorn immediat.
- *Classificació de formes del relleu a partir del TPI* (amb una amplada de banda o *bandwidth* = 75). Distribueix les cel·les del terreny en deu categories de formes del relleu.
- *Índex de rugositat del terreny* o *Terrain Ruggedness Index (TRI)* (amb una amplada de banda o *bandwidth* = 75). Indicador del grau d'irregularitat del terreny.

Tots aquests càlculs s'han realitzat prescindint del factor vegetació, altament variable al llarg del temps per causes climàtiques i antròpiques.

Per disposar d'una mostra representativa de les característiques del terreny on es pugui contrastar la matriu de dades dels 378 llocs arqueològics, s'ha generat una capa amb el mateix nombre de punts aleatoris i se n'ha extret la mateixa informació espacial. Se n'ha restringit la distribució dins les zones efectivament prospectades del PNAESM, per tal de garantir una correspondència espacial millor amb les dades arqueològiques.

Mitjançant l'anàlisi del veí més proper, o Nearest Neighbour Analysis, de QGIS (basat en el quocient entre la distància mitjana observada i l'esperada), s'ha realitzat una primera avaluació de la dispersió dels dos conjunts de punts. Seguidament, se n'ha analitzat la informació obtinguda seguint dos eixos. El primer ha consistit a comparar les matrius de dades dels llocs arqueològics amb

les dels punts aleatoris per identificar quines variables presenten comportaments significativament diferents respecte a la configuració general del terreny. El segon ha consistit a comparar entre si els cinc grups de llocs arqueològics, per tal d'avaluar si la seva distribució espacial respon a un patró homogeni o presenta particularitats segons la categoria.

2.3.2. Les anàlisis estadístiques

L'anàlisi estadística s'ha realitzat amb RStudio 4.1 (Posit team, 2025), aplicant procediments diferents segons la naturalesa de les dades. En primer lloc, el test de Shapiro-Wilk (llibreria base de R) ha confirmat la manca de normalitat de totes les variables quantitatives per als conjunts de dades de llocs arqueològics i punts aleatoris. Es tracta d'un resultat esperable, atesa la forta dependència d'aquestes variables respecte d'una orografia molt accidentada.

Posteriorment s'han comparat els dos conjunts de dades per a cadascuna de les variables. En referència a les quantitatives, s'ha realitzat primer una estadística descriptiva (mitjana, desviació estàndard i quartils) mitjançant la funció `numSummary` de la llibreria `RcmdrMisc`. A continuació s'hi ha aplicat el test no paramètric de Mann-Whitney-Wilcoxon (funció `wilcox.test`, llibreria `stats`). En els casos amb p -valor $> 0,05$, l'anàlisi s'ha repetit especificant-ne les hipòtesis alternatives (*greater* i *less*) per identificar possibles diferències en algun tram de la distribució.

En referència a les variables qualitatives (formes del relleu i cobertes del sòl), s'han elaborat taules de contingència i s'ha avaluat la independència de les mostres mitjançant la prova de khi quadrat de Pearson (funció `chisq.test`, llibreria `stats`). En el cas de les cobertes del sòl, la presència d'observacions inferiors a cinc en diverses categories ha fet necessari complementar l'anàlisi amb el test exacte de Fisher (funció `fisher.test`).

Finalment s'ha analitzat la variabilitat entre els diferents subconjunts de llocs arqueològics. Després d'una primera estadística descriptiva, s'ha aplicat el test de Kruskal-Wallis (`kruskal.test`, llibreria `stats`) per comparar múltiples mostres no paramètriques. Les diferències entre categories s'han explorat posteriorment mitjançant l'anàlisi *post hoc* de Dunn (`dunnTest`, llibreria `FSA`), amb correcció de Bonferroni dels p -valors. Aquest procediment s'ha escollit en lloc de la prova de Wilcoxon per parells, a causa de la seva robustesa més elevada davant mostres de mida desigual i la presència de valors baixos.

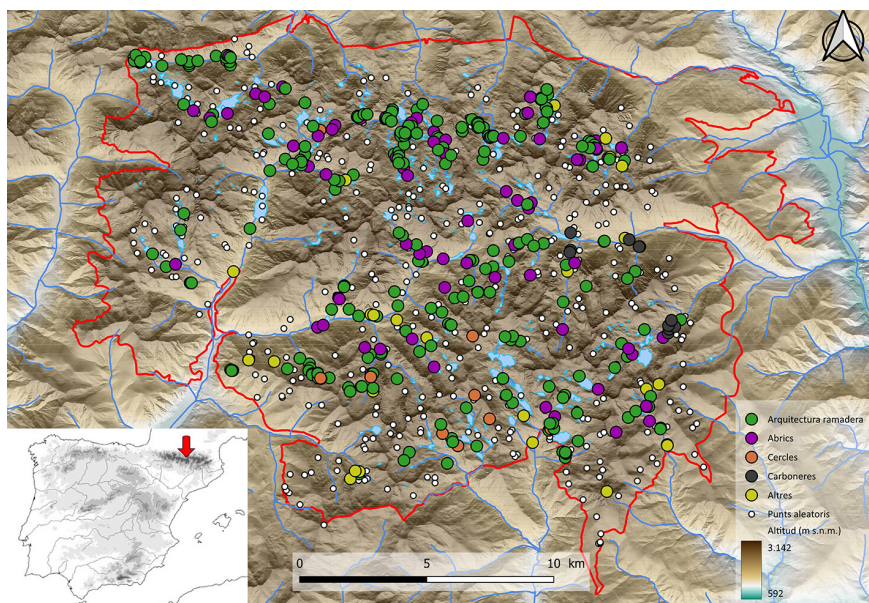
En referència a les variables qualitatives s'ha seguit un procediment equivalent, amb comparacions per parelles mitjançant el test exacte de Fisher, adequat per a conjunts de dades amb freqüències reduïdes.

3. Resultats

3.1. La distribució espacial dels jaciments arqueològics

A totes les conques revisades del PNAESM s'hi han documentat llocs arqueològics. De forma general, sobre el conjunt de superfície de les diferents àrees

Figura 1. Llocs arqueològics documentats al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (PNAESM) i punts aleatoris generats per fer-ne l'anàlisi actual. En vermell, els límits presents del PNAESM



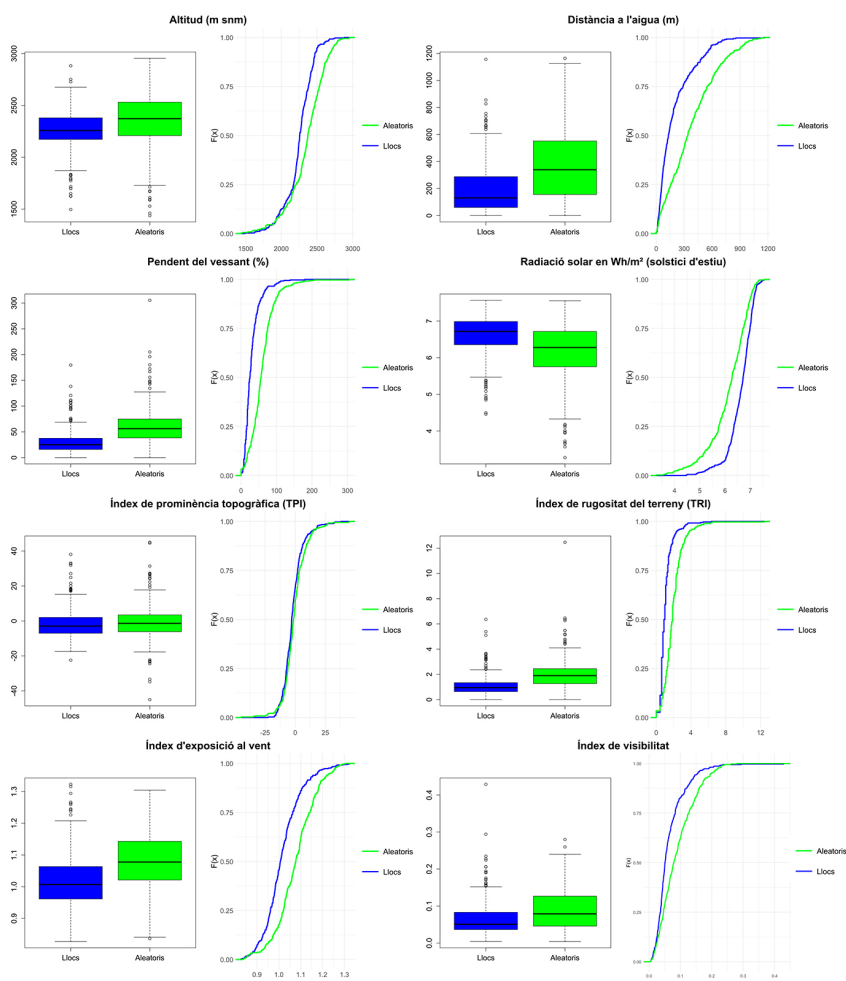
Font: elaboració pròpia a partir de les dades del material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>), el model digital d'elevacions de l'ICGC i la hidrografia de l'European Environment Agency (2020).

prospectades, la seva densitat de llocs se situa al voltant d'1,2 llocs per km². La figura 1 mostra la distribució dels jaciments arqueològics i dels punts aleatoris utilitzats com a conjunt de contrast. L'anàlisi de dispersió espacial dels llocs arqueològics ens retorna un índex del veí més proper de 0,514, mentre que els punts aleatoris arriben a 0,785 (puntuacions Z o *Z-scores*: -18,055 i -7,968 respectivament). Aquests valors indiquen que els punts aleatoris mostren una aleatorietat més gran que els llocs arqueològics, que presenten una tendència més elevada a l'agrupació.

Els resultats detallats de les matrius de dades derivades de l'extracció dels valors de la cartografia als llocs i punts aleatoris, l'estadística descriptiva i les representacions gràfiques derivades es poden consultar a l'enllaç <<https://doi.org/10.34810/data2207>>. Per facilitar-ne la lectura, les variables quantitatives s'hi mostren mitjançant diagrames de caixes i gràfics de distribucions acumulades, mentre que les variables qualitatives s'hi presenten mitjançant taules de contingència i histogrames de freqüència.

El test de Mann-Whitney-Wilcoxon indica que hi ha llocs arqueològics i punts aleatoris que retornen valors amb diferències significatives a 8 de les 11 variables quantitatives analitzades (taula 2). Només hi trobem l'orientació

Figura 2. Gràfics de caixes i corbes acumulatives de freqüències de les variables quantitatives, on llocs arqueològics i punts aleatoris presenten diferències significatives



Font: material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

del pendent, la radiació hivernal i l'índex de protecció morfomètrica (MPI) que no mostren diferències estadísticament significatives. La figura 2 il·lustra gràficament les comparacions en el cas d'aquelles variables que retornen diferències significatives.

Una revisió del comportament de les diferents variables proporciona elements il·lustratius per entendre, de manera global, els patrons que regeixen la disposició dels llocs arqueològics sobre el terreny:

Taula 2. Els *p*-valors retornats per la prova de Mann-Whitney-Wilcoxon en comparar les variables quantitatives de llocs arqueològics i punts aleatoris. Els *p*-valors <0,05 s'han posat en negreta per ressaltar-ne les diferències significatives

	Dues cares	Una cara (<i>less</i>)	Una cara (<i>more</i>)
Altitud	1,443e-12		
Distància fins a l'aigua (geomètrica/euclidiana)	< 2,2e-16		
Pendent	< 2,2e-16		
Orientació del vessant	0,2925	0,1463	0,8538
Radiació solar (estiu)	< 2,2e-16		
Radiació solar (hivern)	0,9919	0,5042	0,4959
Prominència topogràfica (TPI)	0,008319		
Rugositat del terreny (TRI)	< 2,2e-16		
Protecció morfomètrica (MPI)	0,1966	0,09829	0,9018
Exposició al vent	< 2,2e-16		
Visibilitat	1.737e-11		

Font: adaptat del material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

- *Altitud.* Els llocs arqueològics presenten un rang altitudinal més restringit que el del terreny. El 82,2% se situa entre 2.000 i 2.500 m s. n. m., un interval altitudinal que representa aproximadament el 60,5% de l'àrea prospectada. Només el 20% dels llocs documentats tenen altituds superiors als 2.406 m, mentre que gairebé el 45% dels punts aleatoris es troba per sobre d'aquesta cota.
- *Distància fins a l'aigua.* La proximitat de l'aigua constitueix un dels factors que discrimina de forma més clara el comportament dels llocs arqueològics i els punts aleatoris. El 41,3% dels primers es localitza a menys de 100 m d'un riu o d'un llac, i el 65,3%, a menys de 200 m. En els punts aleatoris aquestes proporcions són del 17,2% i del 30,2%, respectivament. En conjunt, els llocs arqueològics se situen significativament més a prop de l'aigua.
- *Pendent.* Els llocs arqueològics també es localitzen preferentment en pendents moderats. El 62,7% es troba en gradients inferiors al 30%, i el 80%, per sota del 41,4%. En canvi, els punts aleatoris mostren una distribució molt més àmplia (el 80% cobreix un rang d'inclinacions del vessant del 0 al 80,6%).
- *Orientació.* L'orientació dels vessants no presenta diferències significatives entre llocs arqueològics i punts aleatoris. Tot i que els jaciments mostren una lleugera tendència cap a orientacions meridionals, aquesta diferència no és estadísticament significativa. Aquest element és rellevant, atès que, en àrees de muntanya, l'orientació del vessant és un factor que condiciona el manteniment de la capa nival. De fet, a cotes inferiors, els pobles habitats tot l'any generalment mostren una clara orientació a solana.
- *Radiació solar d'hivern i d'estiu.* Tampoc no s'observen diferències clares quant a la radiació solar hivernal. En canvi, durant el solstici d'estiu els llocs arqueològics tendeixen a situar-se en zones amb una insolació més elevada.

Només el 7,7% presenta valors inferiors a 6 W/m², davant del 35,2% dels punts aleatoris, mentre que el 23,8% dels llocs supera els 7 W/m², més del doble que en el conjunt del terreny. La discrepància en l'especificitat del comportament dels llocs arqueològics en relació amb la insolació a les dues èpoques de l'any pot explicar-se pel fet que n'hi ha alguns que se situen en trams baixos de vessant i fons de vall que a l'hivern, quan el sol mostra una trajectòria amb una distància zenital més curta, reben molt poca insolació.

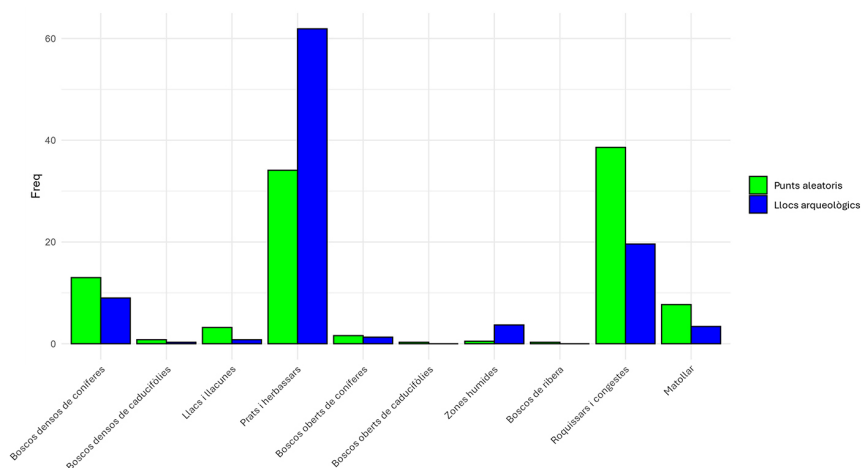
- *Visibilitat.* Els valors de l'índex de visibilitat indiquen que els llocs arqueològics no se situen en posicions especialment visibles. De fet, la majoria presenta valors inferiors als dels punts aleatoris. Només un jaciment (VB-107), que sembla correspondre a les restes d'una petita fortificació, mostra valors excepcionalment elevats a causa de la seva posició dominant sobre les valls de Taüll i Barruera.
- *Altres variables topogràfiques.* Els llocs arqueològics presenten valors lleugerament inferiors de l'índex de prominència topogràfica (TPI), cosa que indica una tendència a situar-se en posicions menys sobreelevades respecte a l'entorn immediat. De la mateixa manera, l'índex de rugositat del terreny (TRI) mostra que els llocs arqueològics es localitzen en superfícies menys rugoses o irregulars que la zona circumdant. Paral·lelament, l'índex d'exposició al vent detalla que els llocs arqueològics s'emporten en espais que hi estan menys oberts. En canvi, l'índex de protecció morfomètrica (MPI) no presenta diferències significatives entre llocs arqueològics i punts aleatoris.
- *Formes del relleu i cobertes del sòl.* Pel que fa a les variables qualitatives, la distribució de llocs arqueològics i punts aleatoris a les diferents categories de formes del relleu mostra diferències limitades ($p = 0,084$). Una observació més detallada indica que els llocs arqueològics apareixen lleugerament sobrerepresentats en vessants oberts i en valls en forma d'U, mentre que, per contra, són escassos en cims i crestes (figura 3).

En canvi, pel que fa als tipus de coberta del sòl en què s'emporten els llocs arqueològics i els punts aleatoris són molt significatius (p -valor de 1.898e-13). Els jaciments arqueològics es concentren en prats i herbassars (el 61,9% davant del 34,1% dels punts aleatoris). El segon tipus de coberta del sòl amb sobrepresència dels llocs arqueològics són les zones humides, on s'emporta el 3,7% dels llocs per només el 0,5% dels punts aleatoris. En canvi, a la resta de cobertes (matollars, boscos, roquissars i congeses, llacs i llacunes) hi ha una infrarepresentació dels llocs arqueològics.

3.2. La distribució espacial dels diferents tipus de jaciments

Els llocs arqueològics no constitueixen un conjunt homogeni, perquè mostren característiques específiques a nivell morfològic. Fins i tot dins del conjunt de llocs agrupats a la categoria d'*arquitectura ramadera* s'hi pot distingir un elevat nombre de variants, tant pel tipus i la xifra d'estructures que contenen com per les tècniques constructives (Gassiot, 2016; Garcia Casas i Gassiot, 2022). En el plànol temporal també presenten localitzacions diferencials en alguns casos. Així, per exemple, en altres llocs hem mostrat com assentaments de cronologies

Figura 3. Histograma de freqüències sobre les diferents cobertes del sòl de llocs arqueològics i punts aleatoris



Font: material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

diferents es disposen de forma diferencial en relació amb camins òptims i possibles pastures (Garcia Casas i Gassiot, 2023; Gassiot et al., 2017, 2020b), com també en relació amb àrees potencials de conreu (Salvador, 2024). Reconeixent aquesta realitat, aquí prescindim d'aquest fet per observar fins a quin punt aquells llocs relacionats a priori amb activitats ramaderes mostren paràmetres espacials específics en relació amb la resta.

Considerats globalment, la comparació múltiple del comportament de les 11 variables quantitatives a les 5 categories en que s'han organitzat els llocs arqueològics amb el test de Kruskal-Wallis retorna un *p*-valor molt baix. En certa mesura, aquest era un resultat esperat i, a partir d'aquí, s'ha procedit a comparar per parells entre tipus de llocs arqueològics per a cadascuna de les variables quantitatives considerades mitjançant l'anàlisi *post hoc* de Dunn amb correcció de Bonferroni. Els resultats obtinguts se sintetitzen a la taula 3. La figura 4 mostra el comportament dels diferents tipus en referència a aquelles variables amb més discrepàncies significatives en les comparacions per parells.

Les comparacions no retornen discrepàncies significatives a les variables *visibilitat* i *orientació del vessant*. En el segon cas, es tracta d'un paràmetre on tampoc s'observen diferències amb els punts aleatoris. Pel que fa al primer, els diferents tipus de llocs arqueològics tendeixen a reproduir uns índexs de visibilitat baixos. A la resta de variables s'hi observen algunes diferències significatives entre alguns tipus de jaciments. Es detallen tot seguit.

— *Distància fins a l'aigua*. Es tracta d'una variable que marca una forta especificitat del conjunt dels llocs arqueològics. Dins d'aquests, s'hi constata

Taula 3. Resultats de la prova *post hoc* de Dunn amb correcció de Bonferroni en les comparacions per parells de tipus de llocs arqueològics per les diferents variables qualitatives. Els *p*-valors <0,05 s'han posat en negreta per ressaltar-ne les diferències significatives

	Altitud			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,00000	7,380489e-05	1,062453e-02	7,591575e-01
Abrics		1,102287e-04	2,135778e-02	1,00000
Carboneres			2,968338e-07	1,312003e-03
Cercles				2,119180e-03
	Distància fins a l'aigua (geomètrica/euclidiana)			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,00000000	0,11859450	1,00000000	1,00000000
Abrics		0,15991582	1,00000000	1,00000000
Carboneres			0,03951237	0,51720344
Cercles				1,00000000
	Visibilitat			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,00000000	0,1273350	0,4321247	0,5024504
Abrics		0,1578120	0,5101780	0,6779761
Carboneres			1,00000000	1,00000000
Cercles				1,00000000
	Pendent			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	4,091724e-06	4,143113e-01	1,00000000	2,211087e-01
Abrics		1,00000000	2,021551e-01	1,00000000
Carboneres			7,630935e-01	1,00000000
Cercles				9,794277e-01
	Orientació del vessant			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,00000000	1,00000000	1,00000000	1,00000000
Abrics		1,00000000	0,9277808	1,00000000
Carboneres			0,5521466	1,00000000
Cercles				1,00000000
	Radiació solar (estiu)			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,911861e-03	5,349399e-03	9,191554e-03	1,148501e-01
Abrics		6,642989e-01	5,692028e-05	1,00000000
Carboneres			1,177507e-05	1,00000000
Cercles				2,276089e-04

Taula 3. Resultats de la prova *post hoc* de Dunn amb correcció de Bonferroni en les comparacions per parells de tipus de llocs arqueològics per les diferents variables qualitatives. Els *p*-valors <0,05 s'han posat en negreta per ressaltar-ne les diferències significatives (*continuació*)

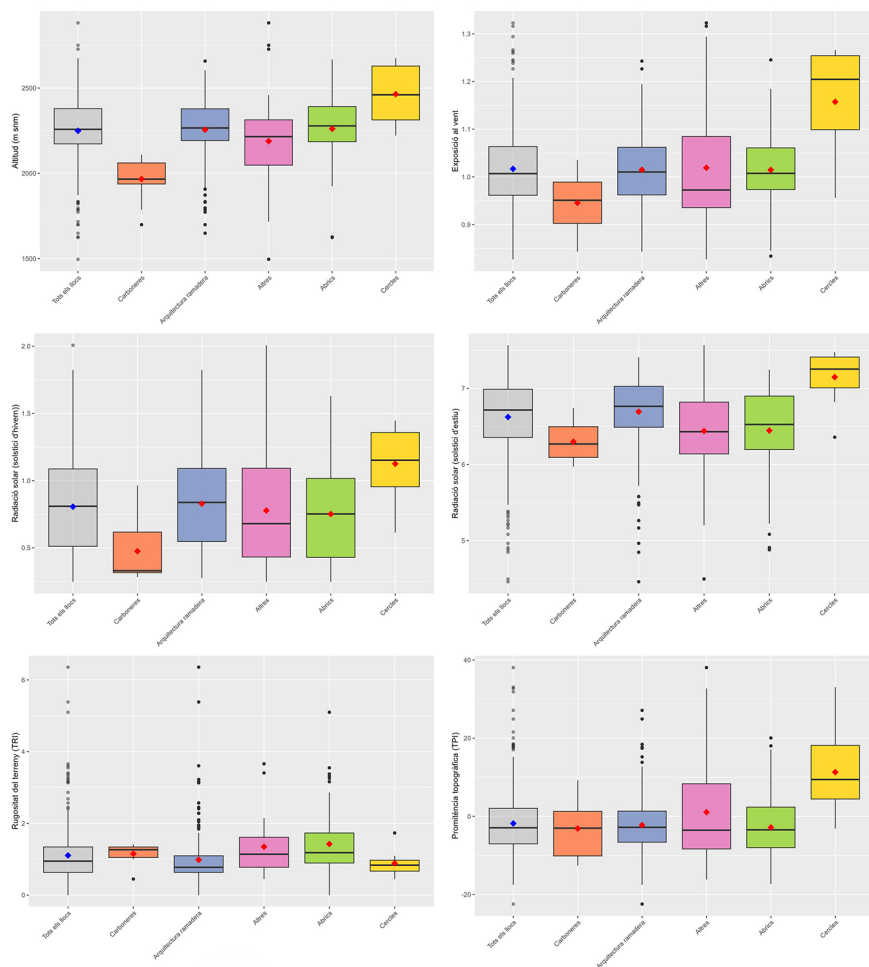
Radiació solar (hivern)				
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	0,7545140453	0,0062877133	0,0872037743	1,00000000
Abrics		0,1015502722	0,0159024091	1,00000000
Carboneres			0,0001660926	0,1835351543
Cercles				0,0493606808
Rugositat del terreny (TRI)				
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	4,099170e-07	2,399940e-01	1,00000000	4,465572e-02
Abrics		1,00000000	2,537559e-01	1,00000000
Carboneres			9,142790e-01	1,00000000
Cercles				8,322254e-01
Protecció morfomètrica (MPI)				
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,085299e-01	2,426311e-01	1,486596e-03	1,00000000
Abrics		1,00000000	4,534693e-05	1,00000000
Carboneres			1,048466e-04	1,00000000
Cercles				0,0043244727
Prominència topogràfica (TPI)				
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,00000000	1,00000000	0,0009972952	1,00000000
Abrics		1,00000000	0,0004611063	1,00000000
Carboneres			0,0157942977	1,00000000
Cercles				0,0064333247
Exposició al vent				
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,00000000	4,600180e-02	9,992828e-04	1,00000000
Abrics		7,208761e-02	4,020612e-04	1,00000000
Carboneres			1,132951e-05	9,558078e-01
Cercles				6,943169e-04

Font: adaptat del material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

una diferència significativa entre les carboneres, el tipus amb uns valors més baixos, respecte al cercle de pedra. Aquesta darrera classe de llocs retorna els valors més elevats de llunyania a cursos o masses d'aigua, amb un 12% dels casos situats a més de 500 m.

- *Pendent.* Els llocs arqueològics tendeixen a situar-se en pendents moderats. El seu comportament també sembla relativament homogeni en aquest apartat, si bé la comparació entre abrics i arquitectura ramadera retorna diferències significatives. Aquest resultat deriva del fet que els abrics se situen en

Figura 4. Gràfics de caixes sobre el comportament dels llocs arqueològics i els diferents tipus que se'n poden trobar en aquelles variables on les comparacions per parells han retornat un nombre més elevat de diferències significatives



Font: material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

zones més pendents que la resta, mentre que l'arquitectura ramadera és la categoria amb menys gradients d'inclinació. Així, només el 18,5% dels abrics es localitzen en punts amb un pendent inferior al 20% (i cap per sota del 10%), mentre que el 46,8% de llocs amb arquitectura ramadera ho fan en pendents per sota del 20% (i un 12,7% per sota del 10%).

— *Rugositat del terreny.* Novament, aquí els llocs arqueològics tendeixen a situar-se en valors inferiors als del terreny i, en general, presenten un patró

relativament homogeni. En aquest paràmetre es repeteix la discrepància significativa entre abrics i arquitectura ramadera, així com també entre els primers i la categoria *altres*.

En conjunt, però, les tres variables (distància fins a l'aigua, rugositat del terreny i pendent) mostren comportaments similars entre els diferents tipus de llocs arqueològics i, sobretot, permeten distingir clarament els llocs arqueològics del comportament general del terreny representat pels punts aleatoris. Els valors específics dels abrics en relació amb altres tipus de llocs pel que fa a pendent i rugositat del terreny, poden explicar-se per les dependències d'aquest tipus de llocs, definits per l'aprofitament de cavitats naturals o de condicionants geomorfològics específics (blocs erràtics, caos geològics, etc.).

- *Altitud*. Aquesta uniformitat relativa desapareix en analitzar aquesta variable, on les diferències entre tipus de llocs són, en la majoria dels casos estadísticament significatives. Els abrics, l'arquitectura ramadera i la categoria *altres* presenten distribucions altitudinals similars que reflecteixen el patró general del conjunt de llocs arqueològics. En canvi, les carboneres i els cercles es diferencien de forma significativa de tota la resta. Les primeres es concentren a cotes més baixes: més de la meitat se situen per sota dels 2.000 m s. n. m. i no n'hi ha cap que superi els 2.150 m. En l'extrem oposat, tots els cercles de pedra es troben per sobre dels 2.150 m. i més de la meitat superen els 2.500 m d'altitud.
- *Radiació solar d'hivern i estiu*. Pel que fa a la radiació solar hivernal, el conjunt de llocs arqueològics no presenta una diferenciació clara respecte al comportament general del terreny. No obstant això, sí que s'hi observen diferències entre categories. Les carboneres es localitzen preferentment en espais molt ombrívols, amb valors de radiació especialment baixos durant el solstici d'hivern. Per contra, els cercles de pedra tendeixen a situar-se en àrees amb una insolació hivernal alta, fet que s'explica en gran part per la seva altitud més elevada i per la seva ubicació en posicions més obertes. Les diferències entre tipus de llocs arqueològics són encara més evidents en relació amb la radiació solar estival. Els cercles de pedra tornen a presentar els valors més elevats i es diferencien significativament de la resta. Els llocs amb arquitectura ramadera també tendeixen a situar-se en àrees relativament més insolades que la majoria dels altres tipus, mentre que les carboneres tornen a concentrar-se en zones amb nivells d'insolació més baixos.
- *Prominència topogràfica*. Els llocs arqueològics, considerats globalment, no tendeixen a situar-se en punts especialment prominents del relleu. L'excepció la conformen els cercles de pedra. Amb valors elevats de l'índex de prominència topogràfica (TPI), retornen diferències significatives amb la resta de tipus de llocs arqueològics, que es troben majoritàriament en posicions topogràficament neutres o lleugerament deprimides.
- *Altres variables topogràfiques*. Finalment, els índexs d'exposició al vent i de protecció morfomètrica (MPI), com també les diferències entre llocs arqueològics, segueixen pautes similars. En tots dos casos els cercles de pedra

Taula 4. Resultats de les comparacions per parells de tipus de llocs arqueològics pels tipus de cobertes del sòl (prova de khi quadrat) i les formes del relleu (test exacte de Fisher)

	Coberta del sòl			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	3,572371e-02	2,303776e-11	1,000000e+00	2,429353e-02
Abrics		4,079571e-02	1,000000e+00	1,000000e+00
Carboneres			5,953799e-05	1,170338e-03
Cercles				1,000000e+00
	Forma del relleu			
	Abrics	Carboneres	Cercles	Altres
Arquitectura ramadera	1,0000000000	1,0000000000	0,001428209	0,045801016
Abrics		1,0000000000	0,058504397	1,0000000000
Carboneres			0,472731603	1,0000000000
Cercles				1,0000000000

Font: adaptat del material suplementari (<<https://doi.org/10.34810/data2207>>).

evidencien comportaments independents de la resta, amb valors d'exposició al vent molt superiors (fins i tot respecte als punts aleatoris), i de MPI notablement inferiors. En canvi, la resta de llocs arqueològics tendeixen a situar-se en espais més protegits, especialment les carboneres i, en menor mesura, els abrics i els llocs amb arquitectura.

- *Formes del relleu i cobertes del sòl.* La taula 4 mostra els resultats de les comparacions, també per parells, dels diferents tipus de llocs arqueològics en relació amb aquestes tres variables qualitatives. Pel que fa a la coberta del sòl, s'hi observen diferències significatives entre diversos tipus de jaciments. Per una banda, les carboneres mostren un patró independent derivat del fet que es localitzen exclusivament en zones forestals. Per altra banda, les diferències entre la resta deriven dels percentatges destacables d'abricos en àrees de roquissars i del grup *altres* en àrees forestals, si bé en tots els casos la coberta majoritària és la de prats i herbassars.
- Dins de la forma del relleu, pel que fa a les diferències, hi ha menys comparacions entre tipus de llocs arqueològics que ens retornin resultats significatius. La més rellevant és entre cercles de pedra i llocs amb arquitectura ramadera motivada per la presència més elevada dels primers en pics i carenes altes, com també en carenes de mig vessant. A la resta de llocs hi predomina el seu emplaçament en vessants oberts, si bé la freqüència és sensiblement inferior als llocs *altres*, fet que marca un patró diferent respecte als llocs amb arquitectura.

4. Discussió

L'anàlisi espacial dels llocs arqueològics del PNAESM aporta informació rellevant sobre els seus patrons de dispersió. L'índex del veí més proper confirma la tendència a l'agregació observada durant el treball de camp, tot i que no

explica els factors que en determinen la distribució. L'estudi de la seva ubicació a partir de 13 variables geogràfiques i la comparació amb el comportament general del terreny (mitjançant un conjunt de punts aleatoris) permet identificar-ne diversos factors.

En conjunt, els llocs arqueològics es concentren a la franja superior del pis subalpí i en contacte amb l'estatge alpí. El 60,3% se situen entre els 2.000 i els 2.400 m s. n. m., prop de l'actual límit forestal, mentre que la seva presència és clarament menor per sota d'aquesta cota i disminueix ràpidament per sobre. Paral·lelament, tendeixen a situar-se prop de l'aigua, en pendents moderats i en àrees que actualment presenten una vegetació herbàcia. Aquesta associació entre pastures i llocs arqueològics obre la possibilitat que una part d'aquestes àrees, especialment per sota la cota 2.400/2.300 m, tinguin un origen antròpic i responguin, precisament, a aquests assentaments en gran mesura orientats a la ramaderia.

Aquest patró és coherent amb la interpretació del registre arqueològic en relació amb activitats ramaderes. L'accés a l'aigua i a les pastures (la productivitat de les quals disminueix amb l'augment del pendent) constitueix un requisit bàsic per gestionar els ramats. La baixa presència de llocs per sota dels 2.000 m s. n. m. pot relacionar-se amb el caràcter abrupte dels vessants de les valls principals i, possiblement, amb el seu ús històric per fer-ne l'explotació forestal (Obea, 2024).

La presència d'assentaments en espais d'alta muntanya s'interpreta habitualment en relació amb l'aprofitament estival dels pasturatges d'altura (García-Casas et al., 2022; Gassiot, 2016; Palet et al., 2017; Rendu, 2003; Rendu et al., 2016). L'acidesa dels sòls del PNAESM dificulta la conservació de restes arqueofaunítiques i provoca una absència d'anàlisis arqueozoològiques. Conseqüentment, aquesta interpretació es basa sobretot en indicis indirectes, com ara l'altitud dels assentaments. Tot i que l'anàlisi espacial no pot resoldre directament aquesta qüestió, sí que pot aportar elements sobre la possible estacionalitat de les ocupacions.

Des de fa segles, els assentaments permanents de muntanya mitjana al Pirineu (que des del segle XII rarament superen els 1.600-1.700 m d'altitud) tendeixen a situar-se en vessants orientats al sud i amb més insolació, condicions que afavoreixen temperatures diürnes més elevades i una persistència més baixa del mantell nival. Si els llocs arqueològics del PNAESM haguessin estat ocupats durant l'hivern o de manera permanent, seria esperable que es mostrés una preferència per aquests entorns. Tanmateix, els resultats ensenyen que globalment no presenten una orientació meridional preferent ni busquen zones amb més radiació solar hivernal.

En canvi, els llocs arqueològics tendeixen a situar-se en zones amb més radiació solar estival. Aquest fet pot relacionar-se amb temperatures diürnes més elevades, una desaparició més primerenca de la neu i una productivitat més elevada dels pasturatges, ja que en aquests entorns la disponibilitat hídrica no limita el creixement de l'herba. Aquest conjunt d'indicis reforça la inferència d'ocupacions ramaderes estacionals concentrades en els mesos càlids.

Els llocs es localitzen també en àrees amb una rugositat relativament baixa respecte al conjunt del paisatge, fet coherent amb la seva vinculació amb zones de pastura i amb l'escassa presència en roquissars i tarteres. Tampoc s'hi detecta una preferència clara per posicions topogràficament prominents, i la seva visibilitat és generalment moderada. En conseqüència, no maximitzen aquestes variables sovint associades a funcions defensives o de control territorial, fet coherent amb l'absència gairebé total d'estructures defensives o d'indícis d'ús militar.

En general, els llocs se situen en zones relativament poc exposades al vent, en comparació amb el conjunt del terreny, probablement a causa de la seva escassa presència en cims i crestes. Tanmateix, tampoc s'hi detecta una preferència clara per espais amb una protecció topogràfica especialment elevada davant de processos geomorfològics.

L'anàlisi segons el tipus de lloc introdueix alguns matisos a aquest patró general, fortament condicionat pel predomini de la categoria *arquitectura ramadera*. En relació amb aquest model, els cercles i les carboneres mostren comportaments diferenciats i sovint oposats, mentre que la categoria *altres* presenta una gran variabilitat.

Els cercles de pedra tendeixen a situar-se en altituds més elevades, més allunyades de l'aigua i amb més presència en zones rocoses. La seva ubicació en posicions prominents es reflecteix en la seva presència notable en cims i carenes, en detriment de vessants oberts, on es concentren la majoria dels assentaments ramaders. Això es tradueix en valors elevats de prominència topogràfica, visibilitat i exposició al vent, i en valors baixos de protecció morfomètrica. Alhora, presenten una orientació més meridional que la resta de llocs, fet que comporta una elevada radiació solar, tant a l'estiu com a l'hivern.

Per contra, les carboneres mostren valors gairebé oposats: se situen en altituds més baixes, molt més a prop de l'aigua, exclusivament en zones forestals i amb certa presència en valls tancades o estretes, i presenten valors baixos de prominència topogràfica, exposició al vent i radiació solar.

5. Conclusions

Les prospeccions arqueològiques en àrees d'alta muntanya han demostrat un gran potencial. Al PNAESM han permès documentar un extens registre arqueològic fins fa poc desconegut, tant pel nombre de llocs identificats com per la llarga diacronia que presenten. Tot i que diverses excavacions en extensió estan ampliant i matisant aquestes dades, la major part de la informació disponible prové de prospeccions i petits sondejos. Aquest registre, generat a partir d'un programa sistemàtic de recerca amb criteris metodològics homogenis, constitueix una base adequada per realitzar l'anàlisi espacial de la presència humana en aquest territori de muntanya.

La majoria dels llocs arqueològics del PNAESM s'han relacionat amb activitats ramaderes, fet que permet interpretar-ne la distribució en relació amb la configuració d'un territori pastoral d'alta muntanya al llarg dels darrers

mil·lennis. Els resultats mostren que els assentaments segueixen pautes específiques quant a diverses variables del medi físic: es concentren majoritàriament entre els 2.000 i els 2.400 m s. n. m. i tendeixen a situar-se prop de l'aigua, en pendents moderats i en àrees que actualment són prats i herbassars. Paral·lelament, no es detecta una preferència per espais amb condicions hivernals més favorables ni per emplaçaments amb una elevada capacitat defensiva o de control territorial, fet que reforça la interpretació d'un ús principalment estacional durant la part càlida de l'any. L'anàlisi també identifica comportaments diferenciats segons la morfologia dels llocs, especialment quant a categories amb funcionalitats diferents de la gestió dels ramats, com ara els cercles de pedra i les carboneres.

Finalment, cal assenyalar que aquesta anàlisi ha prescindit deliberadament de la variable temporal i ha operat amb agregats amplis de llocs, agrupats en cinc categories generals. Aquesta simplificació respon a la voluntat d'identificar patrons generals en la configuració dels territoris pastorals d'alta muntanya, entesos com el resultat acumulatiu de múltiples ocupacions realitzades al llarg del temps, és a dir, com un palimpsest. En el futur serà necessari aprofundir en aquesta perspectiva mitjançant una resolució cronològica més gran i una caracterització més precisa de les diferents morfologies d'assentament.

Finançament

Aquest treball forma part del desenvolupament dels següents projectes de recerca: *(Re)pensar la gestió dels espais oberts i de la ramaderia extensiva a l'Alt Pirineu en el context del Canvi climàtic (RePiCa)* (IP: Anna Badia), finançat per l'AGAUR-Generalitat de Catalunya, i *Arqueologia del pastoralismo en la alta montaña: Ocupación humana y conformación de paisajes ganaderos en los parques nacionales pirenaicos (ArqueoPastoPir)* (IP: Ermengol Gassiot), finançat per l'Organismo Autónomo de Parques Nacionales.

Referències bibliogràfiques

- AGIRRE-GARCÍA, J.; EDESO-FITO, J. M.; LOPETEGI-GALARRAGA, A.; MORAZA-BAREA, A.; RUIZ-ALONSO, M.; PÉREZ-DÍAZ, S.; FERNÁNDEZ-CRESPO, T.; GOIKOETXEA, I.; MARTÍNEZ DE PANCORBO, M. A.; PALENCIA, L.; BAETA, M.; NÚÑEZ, C.; CARDOSO, S. i MUJICA-ALUSTIZA, J. A. (2018). «Seasonal shepherds' settlements in mountain areas from Neolithic to present: Aralar - Gipuzkoa (Basque country, Spain)». *Quaternary International*, 484, 44-59.
<<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.061>>
- AUGÉ, O.; GASSIOT, E. i PÈLACHS, A. (2012). «La producció de ferro a la protohistòria i època romana al Pallars Sobirà: L'exemple del Bosc de Virós a la Vall Ferrera». A: *Boscos de Ferro: Actes de les Primeres Jornades de Recerca i Desenvolupament de la Vall Ferrera*. Tremp: Garsineu Edicions, 9-40.
- CARBONELL PUIGVENTÓS, A. (2024). *Arqueologia dels paisatges culturals al Pirineu oriental: Entre la plana de la Cerdanya i l'alta muntanya*. Tarragona: Universitat Rovira i Virgili. <<http://hdl.handle.net/10803/692710>>

- CATALÁN, J.; BATALLA, M.; BONET, M. T.; BROTONS, L.; BUCHACA, T.; ... VILLERO, D. (2019). «Análisis ecológico de la culturización del paisaje de alta montaña desde el neolítico: Los parques nacionales de montaña como modelo». A: AMENGUAL, P. (ed.). *Proyectos de investigación en Parques Nacionales: 2013-2017*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales, 281-298.
- CATALÁN, J.; PÈLACHS, A.; GASSIOT, E.; ANTOLÍN, F.; BALLESTEROS, A.; BATALLA, M.; BURJACHS, F.; BUCHACA, T.; CAMARERO, L.; CLEMENTE, I.; CLOP, X.; GARCIA, D.; GIRALT, S.; LLUCH, L. J.; MADELLA, M.; MAZZUCCO, N.; MUR, E.; NINYEROLA, M.; OBEA, L.; ... SORIANO, J. M. (2013). «Interacción entre clima y ocupación humana en la configuración del paisaje vegetal del Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici a lo largo de los últimos 15.000 años». A: *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2009-2012*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales, 71-93.
- CLEMENTE, I.; GASSIOT, E. i REY, J. (2020). «Arqueología y prehistoria en Sobrarbe: Más de una década de colaboraciones». *Sobrarbe: Revista del Centro de Estudios de Sobrarbe*, 18, 9-92.
- COLOMINAS, L.; CARBONELL, A.; PESCHINI, V.; MAYORAL, A.; GALLEGU-VALLE, A.; GARCIA-MOLSOSA, A.; ORENGO, H. A. i PALET, J. M. (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.
<<https://doi.org/10.5565/rev/tda.128>>
- GARCIA CASAS, D. (2018). *Arqueologia d'un territori d'alta muntanya del Pirineu central: Persones, ramats i prats al llarg de la història al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. <<http://hdl.handle.net/10803/666995>>
- GARCIA CASAS, D. i GASSIOT BALLBÈ, E. (2022). «The Archaeology of Pastoralism in the Central Pyrenees: A Diachronic Analysis of Livestock Structures in Aigüestortes i Estany de Sant Maurici National Park». *Journal of Mediterranean Archaeology*, 35(1), 5-31.
<<https://doi.org/10.1558/jma.23767>>
- (2023). «The mobility of shepherds in the Upper Pyrenees: A spatial analysis of pathways and site-location differences from medieval times to the 20th century». *Quaternary International*.
<<https://doi.org/10.1016/J.QUAINT.2023.07.007>>
- GARCIA-CASAS, D.; RODRÍGUEZ-ANTÓN, D.; COSTA-BADIA, X. i GASSIOT-BALLBÈ, E. (2022). «Landscape archaeology in the high mountains: A first approach to the study of medieval livestock occupations in the National Park of Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Western Pyrenees of Catalonia)». *Cuadernos de Arqueología de la Universidad de Navarra*, 30(2), 211-238.
<<https://doi.org/10.15581/012.30.2.010>>
- GASSIOT BALLBÈ, E. (2016). *Humanized Mountains: Archaeology of pastoralism in the National Park d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*. Madrid: Organismo Autónomo Parques Nacionales. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=835581>>
- (2023). «Defying limits: Archaeology of social landscapes in high mountain areas of the Central Pyrenees». A: QUIRÓS CASTILLO, J. A. i NARBARTE HERNÁNDEZ, J. (eds.). *People and Agrarian Landscapes: Approaches and methods for an Archaeology of Peasantry in the Western Mediterranean*. Oxford: Archeopress Publishing, 52-70.
<<https://www.archaeopress.com/Archeopress/Products/9781803274379>>

- GASSIOT BALLBÈ, E.; CLEMENTE CONTE, I.; MAZZUCCO, N.; GARCIA CASAS D.; OBEA GÓMEZ, L. i RODRÍGUEZ ANTÓN, D. (2016). «Surface surveying in high mountain areas, is it possible?: Some methodological considerations». *Quaternary International*, 402, 35-46.
<<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.103>>
- GASSIOT BALLBÈ, E.; CLEMENTE CONTE, I.; DÍAZ BONILLA, S.; MAZZUCO, N.; OBEA GÓMEZ, L.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D. i SALVADOR BAIGES, G. (2020a). «Des de la prehistòria fins a l'actualitat: Les ocupacions de l'Abric de Les Obagues de Ratera, al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Espot)». A: *Segones Jornades d'arqueologia i paleontologia del Pirineu i Aran*, 94-101.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; GARCIA CASAS D.; NUNES ALONSO, J. i SALVADOR BAIGES, G. (2020b). «Modelización de territorios ganaderos en la alta montaña al final del Neolítico: Una integración de análisis espacial e información etnográfica». *Trabajos de Prehistoria*, 77(1).
<<https://doi.org/10.3989/tp.2020.12246>>
- GASSIOT BALLBÈ, E.; MAZZUCCO, N.; CLEMENTE-CONTE, I.; DÍAZ BONILLA, S.; OBEA GÓMEZ, L.; GARCIA CASAS, D.; DAVID RODRÍGUEZ-ANTÓN, G. S. B. i PÉREZ BARBA, M. (2022). «Marxen els gels, arriben els humans». A: *XII Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici Espot (Pallars Sobirà)*, 13, 14 i 15 d'octubre de 2021. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, 235-444. <<https://ddd.uab.cat/record/273325>>
- GASSIOT BALLBÈ, E.; MAZZUCCO, N.; CLEMENTE CONTE, I.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D.; OBEA GÓMEZ, L.; QUESADA CARRASCO, M. i DÍAZ BONILLA, S. (2017). «The Beginning of High Mountain Occupations in the Pyrenees: Human Settlements and Mobility from 18,000 cal BC to 2000 cal BC». A: CATALAN, J.; NINOT, J. M. i ANIZ, M. M. (ed.). *High Mountain Conservation in a Changing World*. Nova York: Springer. Advances in Global Change Research, 62.
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7_4>
- GASSIOT BALLBÈ, E.; MAZZUCCO, N.; OBEA GÓMEZ, L.; TARIFA MATEO, N.; ANTOLÍN TUTUSAUS, F.; NAVARRETE BELDA, V. i SAÑA SEGUÍ, M. (2015). «La Cova del Sardo de Boí i l'explotació de l'alta muntanya als Pirineus occidentals en època neolítica». *Tribuna 2012-2013*, 199-218.
- GASSIOT BALLBÈ, E.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D.; PÉLACHS MAÑOSA, A.; PÉREZ OBIOL, R.; JULIÀ BRUGUÉS, R.; BAL-SERIN, M.-C. i MAZZUCCO, N. (2014). «High mountains during Prehistory: 10 years of research in the western Catalan Pyrenees». *Trabajos de Prehistoria*, 71(2), 261-281.
<<https://doi.org/10.3989/tp.2014.12134>>
- GASSIOT BALLBÈ, E.; SALVADOR BAIGES, G. i OBEA GÓMEZ, L. (2026). «Absolute chronology of human occupations in the high mountain environments of the southern central Pyrenees: Radiocarbon dates from the Aigüestortes». *ArcheoLogica Data*, 6(1).
<<https://doi.org/10.13131/unipi/3fem-pb67>>
- GASSIOT BALLBÈ, E.; SALVADOR BAIGES, G.; OBEA GÓMEZ, L.; DÍAZ BONILLA, S.; GARCIA CASAS, D.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D.; CLEMENTE CONTE, I. i MAZZUCCO, N. (2023). «Del territorio al asentamiento y del asentamiento al territorio: La investigación arqueológica en áreas de montaña y alta montaña en el Pirineo central». *Treballs d'Arqueologia*, 26, 17-41.
<<https://doi.org/10.5565/rev/tda.131>>

- GRAGSON, T. L.; LEIGH, D. S. i COUGHLAN, M. R. (2015). «Basque Cultural Landscapes of the Western French Pyrenees». A: MOSCATELLI, U. i STAGNO, A. (eds.). *Archeologia delle aree montane europee: Metodi, problemi e casi di studio Archaeology. Il Capitale culturale Studies on the Value of Cultural Heritage*. Macerata: Università di Macerata, 565-596.
- LE COUÉDIC, M. (2010). *Les pratiques pastorales d'altitude dans une perspective ethno-archéologique: Cabanes, troupeaux et territoires pastoraux pyrénéens de la préhistoire à nos jours*. Tours: Université François Rabelais.
- LE COUÉDIC, M.; CALASTRENC, C.; RENDU, C. i ALLÉE, P. (2016a). «A la recherche des sites». A: RENDU, C.; CALASTRENC, C.; LE COUÉDIC, M. i BERDOY, A. (eds.). *Estives d'Ossau: 7 000 ans de pastoralisme dans les Pyrénées*. Aulus-les-Bains: Le Pas d'Oiseau, 60-83.
- LE COUÉDIC, M.; RENDU, C.; GARCIA CASAS, D.; GASSIOT BALLBÈ, E.; CALASTRENC, C.; CLEMENTE, I.; FORTÓ, A.; GUILLOT, F.; NUNES ALONSO, J.; PUJOL, F.; REY, J.; CONTAMINE, T.; MAZZUCO, N.; QUESADA CARRASCO, M. i RODRÍGUEZ ANTÓN, D. (2016b). «Comparer et modéliser les sites, les territoires et les systèmes pastoraux pyrénéens dans la diachronie: Présentation et premiers résultats du projet collaboratif "Dynamiques des Espaces Pyrénéens d'Altitude" (Départ)». A: DEBOFLE, P. i SANCHEZ, J. C. (eds.). *Pyrenees and environment*. Bagnères-de-Bigorre: Société Ramond, 321-328.
- MAZZUCO, N.; CLEMENTE CONTE, I. i GASSIOT BALLBÈ, E. (2019). «Lost in the mountains?: The Cova del Sardo and the Neolithisation of the Southern Central Pyrenees (fifth-third mill. cal BC)». *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 1461-1475.
<<https://doi.org/10.1007/s12520-018-0603-0>>
- MONTES, L.; DOMINGO MARTÍNEZ, R.; LABORDA LORENTE, R.; LANAU, P.; VILLALBA-MOUÇO, V.; GISBERT, M. i SEBASTIÁN, M. (2019). «Le canyon de la Pardina et ses estives: Approche archéologique d'un territoire de haute montagne dans le parc national d'Ordesa et du mont Perdu (Fanlo, Huesca, Espagne)». A: DESCHAMPS, M.; COSTAMAGNO, S.; MILCENT, P.-Y.; PÉTILLON, J.-M.; RENARD, C. i VALDEYRO, N. (dirs.). *La Conquête de La Montagne: Des Premières Occupations Humaines à l'Anthropisation du Milieu*. Paris: Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 251-275.
- OBEA GÓMEZ, L. (2024). *La recol·lecció i ús de la llenya al Pirineu Central des del Meso-lític fins l'Alta Edat Mitjana (9è mil·lenni cal ANE – s. XIII): Aportacions des de l'antracologia* [Tesi doctoral en xarxa]. <<https://www.tdx.cat/handle/10803/693119>>
- OBEA GÓMEZ, L.; CELMA MARTÍNEZ, M.; PIQUÉ HUERTA, R.; GASSIOT BALLBÈ, E.; MARTÍN SEIJO, M.; SALVADOR BAIGES, G.; RODRÍGUEZ ANTÓN, D.; QUESADA CARRASCO, M.; MAZZUCO, N.; CASAS D. G.; DÍAZ BONILLA, S. i CLEMENTE CONTE, I. (2021). «Firewood-gathering strategies in high mountain areas of the Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Central Pyrenees) during Prehistory». *Quaternary International*, 593-594, 129-143.
<<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.11.044>>
- ORENGO, H. A.; PALET, J. M.; ÉJARQUE, A.; MIRAS, Y. i 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>>
- PALET, J. M.; GARCIA MOLSOSA, A.; ORENGO ROMEU, H. A. i POLONIO ALAMINO, T. (2017). «Els espais altimontans pirenaics orientals a l'Antiguitat: 10 anys d'estudis

- en arqueologia del paisatge del GIAP- ICAC». *Treballs d'Arqueologia*, 21, 77-97. <<https://doi.org/10.5565/rev/tda.59>>
- PALET, J. M.; OLMOS, P.; GARCIA I MALGOSA, A.; POLONIO, T. i ORENGO, H. A. (2019). «Occupation et anthropisation des espaces de haute montagne dans les vallées de Nuria et de Coma de Vaca (Gerona, Espagne): Résultats des recherches archéologiques et patrimoniales». *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, p. 1-25. <<https://doi.org/10.4000/books.cths.7007>>
- PÈLACHS MAÑOSA, A. (2004). *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*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. <<http://www.tdx.cat/TDX-0119105-162806>>
- POSIT TEAM (2025). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA: Posit Software, PBC. <<http://www.posit.co/>>
- RENDU, C. (1998). «La question des orris à partir des fouilles archéologiques de la montagne d'Enveig (Cerdagne): État des recherches et éléments de réflexion». A: ROUSSELLE, A. i MARANDET, M. (eds.). *Le paysage rural et ses acteurs: Première journée d'étude du Centre de Recherches Historiques sur les Sociétés Méditerranéennes (25 November 1995)*. Perpinyà: Presses Universitaires de Perpignan, 245-277.
- (2003). *La Montagne d'Enveig: Une estive pyrénéenne dans la longue durée*. Perpinyà: Trabucaire.
- RENDU, C.; CALASTRENC, C.; LE COUÉDIC, M. i BERDOY, A. (2016). *Estives d'Ossau, 7000 ans de pastoralisme dans les Pyrénées*. Aulus-les-Bains: Le Pas d'Oiseau.
- RODRÍGUEZ ANTÓN, D. (2020). *Human occupation and impact in the high mountains during prehistoric times: An archaeoenvironmental study of Aigüestortes (8 - 4 ka cal BP) through phytolith analysis* [Tesi doctoral en xarxa]. <<https://tdx.cat/handle/10803/669526>>
- SALVADOR BAIGES, G. (2024). *Clima, orografia i dinàmiques de poblament al Pirineu Central: Arqueologia, SIG i modelització espacial del patró d'ocupació del territori durant el Neolític (5700-2100 cal ANE)*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. <<http://hdl.handle.net/10803/692148>>
- TARIFA MATEO, N. (2019). *Pottery use on the Mediterranean coast of the Iberian Peninsula (5400-3900 cal BC)* [Tesi doctoral en xarxa]. <<http://www.tesisenred.net/handle/10803/670130>>

Mapes

- European Environment Agency (2020). EU-Hydro River Network Database 2006-2012 (vector), Europe - version 1.3, Novembre de 2020. <<https://doi.org/10.2909/393359a7-7ebd-4a52-80ac-1a18d5f3db9c>>
- Model d'elevacions del terreny de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), sota llicència CC BY 4.0. <<https://www.icgc.cat/ca/Geoinformacio-i-mapes/Dades-i-productes/Bessons-digitals-Elevacions/Model-delevacions-del-terreny-de-5x5-m>>
- Mapa de cobertes del sòl de Catalunya de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), sota llicència CC BY 4.0. <<https://www.icgc.cat/ca/Geoinformacio-i-mapes/Mapes/Mapa-de-cobertes-del-sol-de-Catalunya>>

Material suplementari

GASSIOT BALLBÈ, Ermengol (2025). *Spatial data set of archaeological sites in the Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park*. CORA: Repositori de Dades de Recerca, V1.

<<https://doi.org/10.34810/data2207>>