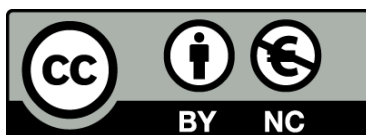




UNIVERSITAT_{DE}
BARCELONA

Cronologia, territorialitat i canvi cultural: estudi de les trajectòries poblacionals de Catalunya durant el Neolític mitjà

Jonás Alcaina Mateos



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 4.0. Espanya de Creative Commons**.

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 4.0. España de Creative Commons**.

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0. Spain License**.

TESI DOCTORAL

Cronologia, territorialitat i canvi cultural: estudi de les trajectòries poblacionals de Catalunya durant el Neolític mitjà

Jonàs Alcaina Mateos



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

2024

Cronologia, territorialitat i canvi cultural: estudi de les trajectòries poblacionals de Catalunya durant el Neolític mitjà

Programa de Doctorat Societat i Cultura

Facultat de Geografia i Història

Jonàs Alcaina Mateos



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Directors:

Dr. Xavier Rubio Campillo

Dr. Xavier Oms Arias

Tutor:

Dr. F. Javier López Cachero

Resum

Aquesta Tesi Doctoral explora els desenvolupaments recents en el camp de la paleodemografia, oferint un enfocament innovador pel tractament de les dades radiocarbòniques i l'anàlisi de la densitat de les ocupacions humanes. Els resultats d'aquest treball posen de manifest la idoneïtat de les metodologies emprades per la reconstrucció de les trajectòries poblacionals, aportant una nova evidència de la seva validesa.

Un dels objectius principals ha estat la integració dels models bayesians de datacions radiocarbòniques en l'anàlisi paleodemogràfica, destacant els avantatges d'incorporar la dimensió espacial de manera explícita. S'ha proposat un model jeràrquic per incloure un terme d'autocorrelació espacial, el qual ha facilitat l'estudi de les diferències territorials i ha ajudat a minimitzar els errors de mostreig associats a l'heterogeneïtat espacial. Aquest model ha estat utilitzat per tractar les incerteses relacionades amb la construcció dels marcs crono-culturals, així com per explorar les relacions temporals entre les fases arqueològiques, permetent la reconstrucció de les dinàmiques demogràfiques a treves de les dades referents a les ocupacions humanes.

La metodologia ha estat aplicada al cas d'estudi del Neolític mitjà a Catalunya i el Principat d'Andorra, període caracteritzat per marcades diferències regionals i una notable transformació cultural al voltant del 4000 ANE. El treball s'enfoca en l'estudi de la transició entre el Neolític mitjà Inicial (NMI) i el Neolític mitjà Ple (NMP), analitzant les seves implicacions socioeconòmiques, culturals i poblacionals. Els resultats suggereixen una adopció gradual i territorialment heterogènia dels canvis, identificant un creixement demogràfic iniciat al voltant del 4250 ANE. Aquesta tendència es relaciona amb les dinàmiques de transformació cultural del sud-est francès, així com amb la intensificació de les xarxes d'intercanvi transpirinenques.

Es planteja la hipòtesi d'una equivalència entre les inferències derivades dels dos *proxies* paleodemogràfics (les dades radiocarbòniques i les referents a l'ocupació humana), la qual s'ha posat a prova mitjançant tests de significació estadístics formals. Aquests han permès realitzar una interpretació crítica de les assumpcions del model, contextualitzant la informació disponible i suggerint una bona correlació entre els *proxies* i la població humana. Els resultats proporcionen una base per futures investigacions i desenvolupaments metodològics en el camp de la paleodemografia, així com una visió actualitzada del període del Neolític mitjà.

Abstract

This Doctoral Thesis explores recent developments in the field of paleodemography, offering an innovative approach to radiocarbon data processing and the analysis of human occupation density. The results of this work highlight the suitability of the methodologies employed for reconstructing population trajectories, providing new evidence of their validity.

One of the main objectives has been the integration of Bayesian models of radiocarbon dating into paleodemographic analysis, emphasizing the advantages of explicitly incorporating the spatial dimension. A hierarchical model has been proposed to include a spatial autocorrelation term, which has facilitated the study of territorial differences and helped in the minimization of sampling errors associated with spatial heterogeneity. This model has been used to address uncertainties related to the construction of chrono-cultural frameworks, as well as to explore temporal relationships between archaeological phases, allowing the reconstruction of demographic dynamics through data on human occupations.

The methodology has been applied to the case study of the Middle Neolithic in Catalonia and Andorra, a period characterized by marked regional differences and a cultural transformation around 4000 BCE. The work focuses on the transition between the Initial Middle Neolithic (NMI) and the Late Middle Neolithic (NMP), analyzing their socio-economic, cultural, and demographic implications. The results suggest a gradual and territorially heterogeneous adoption of changes, identifying a demographic growth beginning around 4250 BCE. This trend is related to the dynamics of cultural transformation in southeastern France, as well as the intensification of trans-Pyrenean exchange networks.

The hypothesis of equivalence between the inferences derived from the two paleodemographic proxies is proposed (radiocarbon data and data on human occupation), which has been tested through formal statistical significance tests. These tests have allowed for a critical interpretation of the model assumptions, contextualizing the available information and suggesting a strong correlation between the proxies and the human population. The results provide a basis for future research and methodological developments in the field of paleodemography, as well as an updated view of the Middle Neolithic period.

Agraïments

Dedico aquesta Tesi Doctoral a tota la meva família, en especial a la meva companya Elia Serra Barot i als meus dos fills, sense vosaltres tot això no hauria estat possible. Tanmateix, desitjo expressar el meu agraïment als dos directors, els Drs. Xavier Rubio Campillo i Xavier Oms Arias, així com al tutor d'aquesta Tesi, en Dr. F. Javier López Cachero, qui hauria d'haver estat també director. Gràcies per la vostra paciència i dedicació, tant de bo hagués estat abans en les vostres mans. Voldria agrair també a la Dra. Maria Mercè Bergadà Zapata per la seva gestió i assessorament, mai oblidaré que va ser amb les teves classes que vaig descobrir la meva passió per l'arqueologia. Agraeixo també als participants del congrés "El Neolític mitjà a Catalunya" (celebrat el 12 d'octubre de 2023 al Museu Diocesà i Comarcal de Solsona), els quals van fer l'esforç de recopilar i revisar les dades utilitzades en aquesta Tesi Doctoral. També al Dr. Enrico R. Crema, amb qui he pogut discutir i perfilar els detalls metodològics d'aquest treball, i de molts altres amb anterioritat. Finalment, agraeixo a la Dra. Marta Sánchez de la Torre haver-me donat la motivació necessària per dur a terme aquesta tasca.

A totes vosaltres, moltes gràcies!

Índex

1. Introducció	1
2. Descripció dels objectius i hipòtesis de treball	5
3. Fonamentació teòrica	9
3.1. Incertesa Temporal	9
3.1.1. Cronologia relativa	9
3.1.2. Cronologia absoluta	12
3.1.3. Fonts d'incertesa cronològica	14
3.1.4. Estimació de la durada dels esdeveniments	17
3.2. Paleodemografia	18
3.2.1. Comptatges	19
3.2.2. Anàlisis aorístic	21
3.2.3. <i>Dates as Data</i> (DAD)	24
3.2.4. Metodologia del DAD	26
3.2.5. Principals reptes i limitacions	30
3.3. Models Bayesianes de fase	33
3.3.1. Relacions temporals i priors	36
3.3.2. Estimació dels paràmetres i anàlisis dels resultats	40
4. Cas d'estudi: El Neolític mitjà a Catalunya	43
4.1. Historiografia	43
4.2. Manifestacions funeràries	48
4.3. Aspectes socials i econòmics	50
5. Materials	55
5.1. Datacions radiocarbòniques i jaciments arqueològics	55
5.2. Definició de les regions d'estudi	57

6. Metodologia	72
6.1. Detalls metodològics	72
6.1.1. Calibració i model de fase	72
6.1.2. Model de fase jeràrquic i model de fase espacial	74
6.1.3. <i>Summed Probability Distribution</i> (SPD) i test de significació	78
6.1.4. Anàlisi aorístic i simulacions Monte-Carlo	81
6.1.5. Avaluació de l'estacionarietat espacial	85
6.2. Disseny Experimental	88
6.2.1. Definició dels models cronològics	88
6.2.2. Configuració de la MCMC, diagnòstic i representació gràfica	91
6.2.3. SPD, anàlisi aorístic i test de significació	93
 7. Resultats	 97
7.1. Exploració dels paràmetres d'autocorrelació espacial	97
7.2. Model cronològic	101
7.2.1. Inici del NMI i final del NMP	101
7.2.2. Transició entre el NMI i el NMP	105
7.3. Reconstrucció paleodemogràfica	114
7.3.1. Suma de les distribucions de probabilitat (SPD)	114
7.3.2. Anàlisi aorístic	116
7.4. Tests de significació	120
7.4.1. Test de comparació de la trajectòria global	120
7.4.2. Test d'estacionarietat espacial	125
 8. Discussió	 130
8.1. Aspectes metodològics	130
8.1.1. Model bayesià de datacions radiocarbòniques	130
8.1.2. Reconstrucció paleodemogràfica	134
8.2. Interpretació arqueològica	138
8.2.1. Inici de la fase NMI	138
8.2.2. Expansió demogràfica del NMI	141
8.2.3. Transició entre les fases NMI i NMP	144
8.2.4. Consolidació i final del NMP	149
 9. Conclusions	 154
 10. Bibliografia	 157
 Annex A: Llistat de jaciments arqueològics amb datacions	 182
 Annex B: Cronologia i trajectòries poblacionals regionals	 215

1. Introducció

La paleodemografia, entesa com l'estudi de les estructures i trajectòries poblacionals prehistòriques i la seva quantificació, ha experimentat en les darreres dècades un renovat interès pel desenvolupament teòric i metodològic, en part impulsat per la creixent disponibilitat de grans conjunts de dades (vegeu per exemple Manning *et al.*, 2016; Bird *et al.*, 2022). Un dels seus reptes principals consisteix en el fet de no disposar de dades directes per abordar les preguntes de recerca, cosa per la qual s'ha emfatitzat la necessitat d'utilitzar *proxies* amb què construir les sèries temporals de població (Palmisano *et al.*, 2017; Crema & Kobayashi, 2020; Crema, 2022). Així doncs, un *proxy* representa una variable que es relaciona estretament amb un fenomen que no és directament observable o mesurable (per exemple la mida d'una població), però la correlació amb el qual no sempre és coneguda amb detall. En aquest context, tant l'establiment del mètode anomenat "Suma de les Distribucions de Probabilitat de les calibracions" (a partir d'ara SPD), com el desenvolupament d'un aparell estadístic específic, han comportat un important progrés en els estudis poblacionals de les societats prehistòriques, incorporant-se en l'agenda d'un gran nombre de projectes d'investigació.

De forma paral·lela, la introducció de l'anàlisi aorístic en el camp de l'arqueologia, així com el desenvolupament teòric i metodològic per adaptar-lo a les especificitats de la recerca prehistòrica (Johnson, 2004; Crema, 2012; Crema, 2013), han implicat una nova forma d'estudiar i quantificar les evidències ocupacionals de les poblacions, permetent la reconstrucció de les trajectòries de forma independent. Així doncs, aquesta aproximació ha suposat una aportació crucial per la comparació dels diferents *proxies* paleodemogràfics, permetent l'estudi de les diferències entre les datacions radiocarbòniques i la densitat d'ocupacions humanes, atesa l'equivalència dels resultats de les dues metodologies (Palmisano *et al.*, 2017; Crema & Kobayashi, 2020 ; Palmisano *et al.*, 2021). Tanmateix, en els darrers anys s'han realitzat importants progressos en el desenvolupament d'aquesta tècnica reconstructiva, introduint el tractament de les incerteses associades a la construcció de les perioditzacions

arqueològiques (Crema & Kobayashi, 2020). Concretament, s'ha ressaltat la conveniència d'incorporar el resultat dels models bayesians de datacions radiocarbòniques en l'anàlisi aorístic, amb l'objectiu d'establir dels marcs cronològics necessaris per la reconstrucció de les dinàmiques poblacionals.

En aquest sentit, els models bayesians de datacions radiocarbòniques han estat extensament utilitzats en les darreres dècades per la comunitat arqueològica, com a conseqüència tant dels seus avantatges en l'estudi cronològic com de la creixent disponibilitat de paquets de *software* (en especial *OxCal*, Bronk-Ramsey, 2009a). No obstant això, la seva utilització per modelar processos d'escala regional no ha gaudit d'un desenvolupament metodològic exhaustiu, comportant en molts casos la simple extensió dels conceptes estratigràfics a les fases arqueològiques regionals. Recentment, Crema *et al.* (2022) han discutit algunes de les implicacions d'aquesta proposta, especialment en referència a l'error de mostreig entre jaciments i els processos d'expansió dels fenòmens arqueològics (plantejant el tractament formal de l'adjacència entre les regions). Així doncs, en l'estat actual de la recerca és necessari explorar les possibles alternatives d'un model bayesià regional que incorpori de forma explícita la dimensió espacial, amb l'objectiu tant d'identificar les diferències geogràfiques en les perioditzacions com d'utilitzar-los en els anàlisis aorístics, permetent així l'estudi de les trajectòries poblacionals d'acord amb les seves expressions territorials.

Així doncs, la present Tesi Doctoral s'ha plantejat amb la intenció d'adaptar aquestes propostes per un cas d'estudi específic, desenvolupant un marc metodològic capaç de tractar les diferències geogràfiques en l'estimació de les dinàmiques poblacionals. Concretament, s'ha seleccionat el Neolític mitjà de Catalunya (i el Principat d'Andorra) com a exemple per l'aplicació de la metodologia plantejada, en tractar-se d'un període amb marcades diferències regionals, així com un episodi de transformació cultural que afecta la totalitat de l'àrea d'estudi.

Durant les darreres dècades, la informació dels horitzons identificats amb el Neolític Postcardial i els Sepulcres de Fossa ha estat ampliada i revisada per la comunitat

arqueològica, definit noves fàcies ceràmiques i precisant la cronologia de les seves manifestacions (en especial les funeràries). Com a conseqüència, ha estat possible identificar una certa continuïtat en molts dels aspectes crítics de les dues fases arqueològiques, portant certs autors a considerar els contextos postcardials com una fase del Neolític mitjà (Mestres & Esteve, 2016; Edo *et al.*, 2019a; Martín *et al.*, 2022a; Tarrús & Carreras, 2022). Així doncs, en la present Tesi Doctoral es contempla el Neolític mitjà com un període configurat per dues fases diferenciades: el Neolític mitjà Inicial i el Neolític mitjà Ple (a partir d'ara NMI i NMP respectivament). Aquestes dues fases cronològiques es diferencien per un moment de transició disruptiu, el qual suposa un dels principals reptes plantejats en l'estudi.

En efecte, el Neolític mitjà a Catalunya està caracteritzat per una aparent transformació interna, que es manifesta amb la ràpida renovació de la cultura material entorn del 4000 abans de la nostra era (a partir d'ara, ANE). Les causes i els mecanismes específics d'aquest episodi de canvi cultural són encara poc coneguts, ateses les dificultats per definir tant el moment exacte de transició com les seves implicacions per les diferents regions del territori català. Malgrat la diferència entre els contextos arqueològics de les dues fases (especialment amb relació als horitzons ceràmics), algunes de les característiques pròpies del període presenten clares dinàmiques de continuïtat, factor que suposa una certa dificultat per la classificació de contextos sense elements diagnòstics clars (com alguns enterraments). En aquest sentit, la clara diferenciació entre les dues fases respecte als patrons d'assentament i les manifestacions funeràries sembla ser el resultat d'uns processos de canvi complexos, els quals es manifesten en les diferents regions amb ritmes i característiques específiques. D'altra banda, el Neolític mitjà es caracteritza per l'inici de l'activitat minera en el complex de Can Tintorer (Gavà, Baix Llobregat), la qual s'inicia durant el NMI i transforma moltes de les dinàmiques socioeconòmiques de la regió. Concretament, aquest jaciment es situa entre dues zones aparentment desiguals (el Penedès i el Vallès), en les quals s'observa una marcada diferència en molts dels aspectes fonamentals del període. A conseqüència d'aquestes transformacions, ja des dels anys noranta s'ha hipotetitzat un eventual creixement demogràfic entre els dos horitzons (vegeu per exemple Martín, 1992), en

gran mesura recolzat per l'augment en el nombre de jaciments i la proliferació de necròpolis en la fase final del període.

Considerant aquestes qüestions, el Neolític mitjà representa un cas idoni per posar a prova el desenvolupament metodològic proposat en aquesta Tesi Doctoral, en presentar problemàtiques relacionades tant amb les trajectòries demogràfiques com amb els aspectes vinculats a la regionalització i la territorialitat. En aquest sentit, s'ha adoptat una perspectiva de recerca orientada a la confecció d'un model cronològic i a la reconstrucció de les trajectòries demogràfiques mitjançant l'ús de tècniques de quantificació, assumint que els models són meres eines per la inferència i que el tractament de les dades comporta inevitablement una certa acció de transformació de la realitat. Així doncs, la interpretació dels resultats s'ha realitzat d'acord amb els supòsits introduïts en els models i la certesa de les dades disponibles, amb l'objectiu de comparar diferents opcions d'anàlisi i aportar una nova perspectiva pel cas d'estudi.

2. Descripció dels objectius i hipòtesis de treball

Els objectius generals de la Tesi Doctoral consisteixen tant en el desenvolupament d'un marc d'anàlisi espacial de les trajectòries paleodemogràfiques, com en la seva aplicació en un cas d'estudi, amb l'objectiu d'abordar problemàtiques específiques relacionades amb la territorialitat de les poblacions humanes. Així doncs, s'ha formulat una proposta metodològica ajustada a les preguntes arqueològiques del cas d'estudi, adequant els procediments a les dades disponibles i l'estat del coneixement actual.

Dins dels objectius metodològics, s'ha plantejat l'avaluació dels diferents mètodes de reconstrucció paleodemogràfica mitjançant la comparació formal entre la SPD de les datacions radiocarbòniques i l'anàlisi aorístic dels jaciments. Aquest objectiu ha estat formulat amb la intenció d'interpretar les diferències observades amb relació als processos involucrats en les dinàmiques poblacionals, contextualitzant els resultats dels mètodes emprats d'acord amb les particularitats del cas d'estudi. Tanmateix, s'ha proposat la utilització de diverses opcions per l'obtenció de la trajectòria poblacional amb l'anàlisi aorístic, les quals han implicat la formulació de diferents models cronològics. L'objectiu d'aquest procediment ha estat la comparació i interpretació dels efectes generats pels models cronològics sobre les reconstruccions poblacionals, permetent una lectura crítica de les implicacions i avantatges de cada opció amb relació a les problemàtiques del cas d'estudi. Per altra banda, s'ha plantejat la utilització de tests de significació estadístics per l'avaluació de l'estacionarietat espacial de les dinàmiques demogràfiques, adaptant les propostes actuals (enfocades a les datacions radiocarbòniques) per tal de portar-se a terme amb els resultats de l'anàlisi aorístic de jaciments. Aquest objectiu específic s'ha formulat amb la intenció d'obtenir una base més sòlida per la inferència sobre els aspectes territorials, en proporcionar estimacions independents relatives a les diferències en les trajectòries poblacionals regionals. Així doncs, mitjançant aquests mètodes es planteja avaluar les capacitats i l'abast de la metodologia en un cas d'estudi particular, el qual presenta els reptes de centrar-se en una regió relativament reduïda i contenir tan sols dues fases arqueològiques.

Atesa la necessitat de formular models cronològics regionals per la reconstrucció paleodemogràfica, la Tesi Doctoral incorpora un segon bloc d'objectius específics de caràcter metodològic, centrats en el desenvolupament d'un model bayesià jeràrquic de datacions radiocarbòniques que consideri la dimensió espacial de manera explícita. Així doncs, el principal objectiu d'aquest bloc és la introducció d'un terme d'autocorrelació espacial en els models bayesians de fase, el qual permeti minimitzar els errors de mostreig associats a l'heterogeneïtat espacial. Tanmateix, aquest terme es planteja amb la finalitat d'estudiar les diferències cronològiques en la implantació territorials dels fenòmens arqueològics, permetent la interpretació dels mateixos d'acord amb la seva expressió geogràfica. Paral·lelament, es planteja l'objectiu de minimitzar l'error de mostreig vinculat amb la sobrerepresentació de certs jaciments (amb relació al nombre de datacions), mitjançant la utilització d'un esquema jeràrquic que tracti individualment cada context arqueològic.

D'aquesta manera, es pretén explorar diverses opcions d'implementació i avaluar els seus avantatges i inconvenients, en funció de les preguntes de recerca i l'estructura de les dades disponibles, i centrant-se en l'estimació de la incertesa en els límits de les fases. Per altra banda, aquest bloc compren un segon objectiu específic centrat en l'estudi de la relació entre les dues fases definides pel cas d'estudi, en concret l'existència o no d'una relació de contigüïtat entre aquestes. Així doncs, l'objectiu inclou la comparació dels resultats d'acord amb les possibles interpretacions derivades del cas d'estudi, permetent la seva contextualització i aportant una nova perspectiva. En aquest sentit, el principal avantatge de l'enfocament adoptat en la Tesi Doctoral és la possibilitat de definir les assumpcions del model de manera explícita, configurant així les hipòtesis d'investigació i facilitant la seva contrastació formal. Concretament, el model ha estat plantejat de manera que pugui incloure diverses explicacions per a una mateixa problemàtica, postulant diferents tipus de relacions entre les fases arqueològiques i avaluant dels resultats segons l'ajustament del model a les dades disponibles.

Per altra banda, la Tesi Doctoral planteja un segon objectiu general enfocat a tractar les problemàtiques específiques del cas d'estudi, mitjançant el marc metodològic desenvolupat i posant a prova les seves capacitats d'anàlisi i inferència. Així doncs, la metodologia pretén aproximar-se a diverses preguntes relacionades amb les dimensions espacial i temporal, així com amb els mecanismes involucrats en alguns dels processos de transformació cultural i evolució poblacional. Específicament, les preguntes relacionades amb aquests aspectes inclouen tant la identificació dels esdeveniments d'inici i final de les fases com de la duració temporal dels mateixos (incloent-hi les estimacions pels jaciments individuals), així com la determinació cronològica de l'episodi de transició i les seves variacions regionals. En aquest sentit, la Tesi Doctoral es planteja explorar les implicacions territorials i geogràfiques de les fases, identificant els gradients d'adopció dels canvis culturals i l'establiment diferenciat de les manifestacions arqueològiques.

Tanmateix, es planteja la utilització de diferents assumpcions respecte a la relació entre les unitats culturals del cas d'estudi, permetent l'avaluació d'aquestes en clau d'hipòtesis de treball. Finalment, un dels objectius específics principals és l'estudi i interpretació de les dinàmiques demogràfiques i les variacions poblacionals de les comunitats humanes, amb la intenció d'avaluar els possibles processos involucrats d'acord amb el context arqueològic del cas d'estudi. Concretament, es planteja realitzar una lectura crítica de les implicacions de cada una de les opcions d'anàlisi, així com de la idoneïtat de les assumpcions i del tractament de les dades. Per altra banda, l'estudi d'aquestes dinàmiques poblacionals s'ha plantejat en funció de la seva expressió territorial, amb l'objectiu d'entendre les diferències i les potencials interaccions entre les diferents regions.

A conseqüència dels objectius descrits en aquest apartat, la Tesi Doctoral es planteja la hipòtesi general d'una equivalència entre les inferències derivades de l'estudi dels dos *proxies* paleodemogràfics (les datacions radiocarbòniques i el nombre de jaciments), tant a un nivell general com en referència a les diferències regionals o territorials. Aquesta hipòtesi es posarà a prova mitjançant tests estadístics de significació, els quals

serviran també per contextualitzar i interpretar les assumpcions dels models amb relació a les particularitats del cas d'estudi. En aquest sentit, s'han plantejat dues hipòtesis de treball principals en la formulació del model cronològic, consistents en l'existència o no d'una relació de seqüencialitat entre les fases del cas d'estudi, i les quals han estat explorades d'acord amb els seus possibles processos associats. Per altra banda, l'assignació de les fases a les mostres radiocarbòniques s'ha plantejat també com una hipòtesi de treball, avaluant l'ajustament de les dades a les classificacions proposades i permetent una lectura crítica de les seves implicacions interpretatives.

Finalment, el darrer objectiu plantejat en la Tesi Doctoral és la reflexió sobre les capacitats i l'abast de les metodologies plantejades, mitjançant la discussió crítica dels seus resultats i la formulació de propostes de millora. Concretament, aquest objectiu pretén proporcionar una línia teòrica respecte a les metodologies d'anàlisi, en funció dels principals reptes identificats durant l'execució de la recerca, i la qual serà abordada en estudi posterior.

3. Fonamentació teòrica

3.1. Incertesa Temporal

3.1.1. Cronologia relativa

Complexos crono-culturals

La construcció de perioditzacions ha estat un dels principals objectius de la disciplina des dels inicis de l'arqueologia científica, amb la configuració del paradigma historico-cultural i el model difusionista com a principal mecanisme explicatiu dels fenòmens arqueològics (Trigger, 1989). Malgrat la superació d'aquest model inicial, la disciplina ha continuat necessitant les perioditzacions per tal d'analitzar i interpretar els canvis observats en el registre, d'acord amb uns marcs de referència operatius que implícitament tractin la dimensió temporal. Com a conseqüència, la definició dels períodes arqueològics continua implicant una classificació de la "cultura" humana en l'espai i el temps (el que Bevan & Crema (2021) anomenen *culture-historical pigeonholes*), tot i les dificultats pràctiques i conceptuals originades per l'heterogeneïtat en el tipus d'evidències i la natura fragmentària del registre. Malgrat això, l'arqueologia ha estat capaç d'utilitzar aquestes classificacions per estudiar els canvis en una gran varietat de fenòmens des d'una òptica diacrònica, mitjançant la confecció de sèries temporals i l'establiment de trajectòries de llarga durada.

No obstant això, la dificultat en la definició de les classificacions crono-culturals ha comportat la proliferació de nomenclatures i terminologies específiques, tals com "període", "fase", "horitzó", "fàcies", etc., les quals malgrat la seva utilitat pràctica en contextos de recerca específics, no deixen de reflectir una naturalesa jeràrquica que rarament ha pogut ser sistematitzada o formulada amb una finalitat generalista. En aquest sentit, una de les principals problemàtiques ha estat la definició de la dimensió espacial d'aquestes classificacions crono-culturals, atesos els processos de

regionalització o difusió cultural que experimenten les poblacions humanes i que obstaculitzen les temptatives d'una caracterització "culturalment coherent" pels diferents territoris. Aquesta problemàtica es veu encara més agreujada pel fet que els elements diagnòstics de les classificacions poden tindre a priori ritmes d'implantació i consolidació diferenciats, podent manifestar trajectòries heterogènies contràries als conjunts coherents que s'espera identificar.

No és inusual, ateses aquestes dificultats, que les transformacions culturals, socials o econòmiques de les comunitats humanes siguin ubicades precisament en les "transicions" entre els períodes, en comptes de ser traçades com processos de transformació de mitja o llarga durada. En aquest sentit, el terme de "transició" entre períodes es defineix de forma pràctica com una connexió que articula dues realitats observacionals del registre (en un sentit fenomenològic), les quals manifesten una entitat suficientment marcada per a ser conceptualitzades com a diferents. Així doncs, aquestes transicions rarament es converteixen en l'objecte d'estudi per si mateixes, i en l'àmbit pràctic venen a representar la incertesa associada a la resolució espacial i temporal del registre arqueològic.

Construcció de seriacions i elements diagnòstics

La confecció de les perioditzacions i classificacions crono-culturals s'ha establert tradicionalment mitjançant sèries tipològiques d'artefactes, en les que els anomenats "fòssils directors" han exercit un rol predominant en la definició dels conjunts arqueològics. Aquestes tipologies sovint han incorporat elements diagnòstics de caràcter marcadament heterogeni, com trets morfològics, aspectes funcionals o estils decoratius (especialment pel cas de la ceràmica). En aquest sentit, la construcció de tipologies tradicionals ha combinat aspectes funcionals, econòmics i estètics (o simbòlics) per la definició dels complexos crono-culturals, atribuint-los una identitat "cultural" (tal com s'ha discutit en l'apartat anterior). Tanmateix, les tipologies i seriacions van incorporar ràpidament tècniques estadístiques per definir els conjunts d'artefactes, tals com els mètodes d'ordenació (*principal components analysis, correspondence analysis, etc.*) o

d'agrupació (*cluster analysis*), a més d'incloure altres tipus d'evidències per la caracterització i definició dels períodes (com els patrons d'assentament, les pràctiques funeràries o les evidències d'estratègies econòmiques específiques).

Un dels factors que han ajudat més en la construcció d'aquestes seriacions ha estat les mateixes seqüències estratigràfiques dels jaciments, especialment aquelles en què es veuen representats diversos períodes o fases arqueològiques. En efecte, la identificació de processos deposicionals i la capacitat de relacionar estratigràficament els diferents episodis dins d'un mateix dipòsit va suposar el principal mètode de datació abans de l'adveniment dels mètodes de datació absoluta, gràcies a la possibilitat de relacionar els contextos deposicionals a escala regional o continental. No obstant això, malgrat la recurrència de certes relacions estratigràfiques entre conjunts de diferents contextos arqueològics (és a dir, l'aparició de certs elements "per sobre" o "per sota" de forma repetitiva), el fet és que en la pràctica aquests apriorismes sovint han condicionat la interpretació dels mateixos dipòsits arqueològics, especialment aquells més complexos o que presenten importants alteracions postdeposicionals.

En aquest sentit, és important considerar que en molts casos els contextos arqueològics són en realitat palimpsests de diferents episodis d'ocupació i abandonament, i que sovint la definició de "capes" o "nivells" culturals responen a creacions arbitràries amb una finalitat merament pràctica (Pettitt & Zilhão, 2015). Aquest problema es veu agreujat pel fet que, en molts casos, els elements que apareixen "aparentment descontextualitzats" (és a dir fora dels contextos esperats) són sistemàticament interpretats com el resultat de certa mobilitat entre capes, sovint sense evidències clares dels processos postdeposicionals que podrien haver causat aquestes alteracions. Per aquest motiu, s'ha emfatitzat la importància de demostrar la integritat estratigràfica dels jaciments (Pettitt & Zilhão, 2015), o si més no (atès el problema epistemològic del terme "demostrar") portar a terme estudis guiats per hipòtesis específiques sobre els processos deposicionals dels dipòsits en què apareixen aquestes problemàtiques (com per exemple anàlisis de micromorfologia).

3.1.2. Cronologia absoluta

Una de les grans revolucions en el camp de l'arqueologia ha estat la incorporació dels mètodes de datació absoluta, especialment aquells basats en el concepte de "rellotges isotòpics". En efecte, el mètode de datació per radiocarboni (^{14}C) ha dominat la cronometria arqueològica i els estudis paleoambientals centrats en els darrers cinquanta mil anys, transformant la pràctica arqueològica i la interpretació dels fenòmens prehistòrics des del moment en què es va generalitzar el seu ús (Bayliss, 2009; Wood, 2015; Pettitt & Zilhão, 2015). Concretament, va transformar les cronologies establertes amb anterioritat, acumulant evidències per a una refutació del model difusionista de la prehistòria. L'anomenada "segona revolució" (Bayliss, 2009) va arribar a partir dels anys setanta amb l'establiment del mètode de calibració, coincidint amb l'abandonament de l'enfocament historico-cultural i el sorgiment de la Nova Arqueologia. Aquesta segona revolució no només va comportar una reformulació de les perioditzacions (en presentar variacions de centenars d'anys respecte a les mediacions no calibrades), sinó que es va acompanyar d'una proliferació de datacions associada a la millora dels preus, una millora en les tècniques d'extracció i de laboratori, i un canvi en el raonament probabilístic de les cronologies (Bayliss, 2009). Concretament, a partir dels anys vuitanta es va introduir la tècnica de l'AMS (*Accelerator Mass Spectrometry*), augmentant considerablement la precisió dels mesuraments i reduint notablement la quantitat de material necessari per realitzar les datacions. Aquest factor va possibilitar la formulació de noves preguntes arqueològiques, com l'establiment del temps en els processos de domesticació o els estudis sobre dispersió de poblacions humanes, gràcies a la possibilitat de datació de mostres de vida curta (Bayliss, 2009).

Els principals reptes associats amb la datació per radiocarboni involucren aspectes relacionats tant amb els procediments de recollida i anàlisi de laboratori com amb els mateixos processos deposicionals i postdeposicional, la majoria dels quals es poden considerar limitacions del mètode. Els errors de mesurament causats per les contaminacions de la mostra, introduïts durant el treball de camp o en el tractament del laboratori, van ser una font de biaix important durant les primeres dècades, no obstant

això, amb la introducció del mètode d'AMS i els procediments d'extracció moderns aquest problema ha perdut notablement la seva rellevància (en part gràcies a la formació dels arqueòlegs). Tanmateix, moltes de les datacions obtingudes mitjançant el mètode de radiocarboni convencional continuen formant part dels conjunts de dades actuals, les quals en molts casos responen a "agregats" de matèria orgànica carbonitzada de procedència vegetal. Aquestes datacions presenten la problemàtica de no estar datant un esdeveniment concret (com seria el cessament en la incorporació de ^{14}C atmosfèric per part d'un espècimen concret), i per tant introdueixen un important biaix en la interpretació dels fenòmens sota estudi.

Altres errors que poden presentar les mostres són els derivats de les alteracions postdeposicionals del registre, especialment aquelles relacionades amb la integritat de la seqüència estratigràfica, així com les relacionades amb els processos tafonòmics i deposicionals. En aquest sentit, un problema notori és l'anomenat *old-wood effect*, el qual posa de manifest la possibilitat que fragments de matèria vegetal carbonitzada hagin entrat en els dipòsits anys o dècades després de l'esdeveniment de mort de l'espècimen en concret. Malgrat la manca d'estudis que tractin aquesta problemàtica de manera formal (per exemple mitjançant programes de datació específics), és recurrent observar una diferència entre les mesures de mostres de carbó i de mostres de vida curta, amb una aparent tendència a presentar dates més antigues per les primeres (vegeu una revisió recent en Kim *et al.*, 2019).

La principal solució per mitigar aquests problemes és l'eliminació de les datacions problemàtiques dels conjunts de dades, la qual cosa ocasiona en molts casos una pèrdua substancial de les dades disponibles per estudiar els fenòmens arqueològics. En aquests casos els criteris de selecció han de ser explícits i sistemàtics, per exemple eliminar les datacions sobre mostres agregades o que no corresponguin a taxons de vida curta. No obstant això, aquests criteris poden ser difícils d'aplicar, per exemple al no disposar d'informació precisa sobre els procediments o per disposar d'una identificació ambigua sobre el taxó de la mostra, per la qual cosa molts estudis opten per una selecció

subjectiva de les datacions (que en molts casos no és descrita apropiadament en les publicacions).

Així mateix, la principal problemàtica relacionada amb el procediment de datació per radiocarboni és de fet l'associació entre la mateixa mostra i l'esdeveniment que es pretén datar (Bayliss, 2009; Pettitt & Zilhão, 2015). En efecte, la mostra seleccionada ha de ser representativa de l'activitat humana sota estudi, i una falta de vinculació entre les dues pot comportar una interpretació errònia dels fenòmens i processos arqueològics. Aquest problema es minimitza en el cas que les mostres tinguin una vinculació directa amb l'objecte estudiat, com per exemple en el cas de restes humanes o llavors carbonitzades (i sempre que les preguntes de recerca es focalitzin en aquests elements). No obstant això, el problema s'agreuja si el que es pretén datar és un dipòsit arqueològic pel qual es disposi d'escassa o nul·la informació sobre la seva formació (contextos de coves, palimpsestos, etc.), inferint així la cronologia dels seus materials associats.

3.1.3. Fonts d'incertesa cronològica

Tal com s'ha assenyalat anteriorment (secció 3.1.1), les perioditzacions o classificacions crono-culturals constitueixen un marc de referència pràctic per l'estudi i quantificació dels canvis socials, econòmics o culturals de les comunitats humanes, mitjançant l'elaboració de sèries temporals. En concret, durant les darreres dècades s'ha experimentat un renovat interès en la reconstrucció de trajectòries de llarga durada per l'anàlisi de l'activitat humana, com són les dinàmiques paleodemogràfiques, l'impacte antròpic sobre el medi o l'emergència de la complexitat social, contribuint substancialment en els debats interdisciplinaris sobre els grans canvis del plistocè i l'holocè (Bevan & Crema, 2021). Malauradament, la construcció de cronologies o perioditzacions comporta implícitament una divisió arbitrària o "discretització" de la dimensió temporal (i espacial), introduint com a resultat un biaix en les lectures sobre els canvis o les continuïtats en els fenòmens arqueològics, per exemple en els comptatges o les dades de freqüència.

Recentment, Bevan & Crema (2021) han denominat aquesta problemàtica com el *modifiable temporal unit problem* (l'equivalent temporal del *modifiable areal unit problem* identificat en el camp de la geografia). Així doncs, en aquesta revisió s'han destacat els principals reptes i s'ha posat de manifest els possibles errors interpretatius derivats d'aquestes aproximacions pràctiques. Específicament, han remarcat la necessitat de tractar tant l'efecte de l'error de mostreig com les diferents formes d'incertesa inherents a la construcció de cronologies, advocant per l'establiment de metodologies específiques que minimitzin aquestes fonts de biaix. Tanmateix, Crema & Kobayashi (2020) han argumentat que un tractament parcial d'aquestes incerteses pot conduir a una interpretació substancialment errònia de les dades de freqüència, la qual sovint condueix a una falsa impressió que els canvis significatius es produeixen precisament en els límits de les fases o períodes. D'aquesta manera, s'ha emfatitzat la necessitat d'un tractament simultani de les incerteses cronològiques, al ser considerades com factors interrelacionats inherents a la pròpia discretització de la dimensió temporal, entre les quals és possible diferenciar les anomenades "incertesa dels límits de fase" (*phase boundary uncertainty*), "incertesa dins de la fase" (*within-phase uncertainty*) i "incertesa de l'assignació de fase" (*phase-assignment uncertainty*).

En primer lloc, la "incertesa dels límits de fase" es refereix a la incertesa dels paràmetres d'inici i final de les fases o períodes arqueològics, causada no sols per la complexitat dels canvis socioculturals estudiats (que difícilment reflecteixen línies de separació ben definides), sinó també per la mateixa incertesa associada als mètodes de datació absoluta, com és el cas de les distribucions irregulars de probabilitat de les datacions radiocarbòniques calibrades. Dins d'aquesta incertesa s'inclou l'estimació de la duració temporal d'aquests fenòmens, així com l'estimació del lapse temporal entre diferents fases o períodes. De fet, aquesta és la forma d'incertesa temporal que més atenció ha rebut en la disciplina arqueològica, amb dècades d'integració de models bayesians per l'anàlisi de datacions radiocarbòniques (Bayliss, 2009), malgrat que en molts casos es continuï establint estimacions puntuals per expressar els inicis i finals dels períodes, en lloc d'interval·ls de probabilitat.

La segona forma d'incertesa, la "incertesa dins de la fase", és aquella relacionada amb la probabilitat d'aparició dels elements d'estudi dins les mateixes fases o períodes, és a dir, la definició de la forma de la distribució dels esdeveniments dins dels mateixos períodes. Per exemple, si un esdeveniment determinat se situa en un període que s'inicia entre el 5500 i el 5300 aC. i acaba entre el 5000 aC. i el 4900 aC, quina seria la probabilitat que hagués succeït efectivament en l'any 5300? Aquesta incertesa sovint és tractada mitjançant una densitat de probabilitat constant o uniforme (invocant el "principi de raó insuficient", vegeu Crema, 2012), tanmateix, diversos estudis han posat de manifest l'existència d'una corba unimodal per descriure l'augment i disminució en el temps de la importància relativa dels elements arqueològics (l'anomenat *popularity principle*, vegeu les referències incloses en Crema & Kobayashi, 2020), suggerint diferents funcions matemàtiques per modelar aquests fenòmens (com les distribucions normal, beta, gamma o de *chi-square*). En concret, la discussió s'ha centrat en l'existència o no de simetria en aquestes distribucions, així com en les seves característiques (com la curtosi). No obstant això, Crema & Kobayashi (2020) insisteixen en el fet que no existeix una distribució que sigui millor a priori que les altres, per la qual cosa escollir una funció és un problema que depèn del context i el fenomen sota estudi. En aquest sentit, una de les solucions proposades ha estat el model trapezoidal (Lee & Bronk-Ramsey, 2012), el qual permet una certa flexibilitat per representar els increments, les estabilitzacions i les disminucions, sense perdre la simplicitat intuïtiva que caracteritza altres distribucions i podent capturar una gran variabilitat de formes possibles (inclosa la uniforme).

Finalment, la "incertesa de l'assignació de fase" és la incertesa associada a l'assignació dels esdeveniments estudiats a les diferents fases o períodes, causada principalment per les dificultats intrínseques dels dipòsits arqueològics i les classificacions tipològiques. Així doncs, les limitacions del registre arqueològic no només es manifesten en la quantitat i qualitat dels elements culturalment diagnòstics, sinó també en la capacitat dels arqueòlegs d'establir correctament la relació entre els artefactes exhumats i els seus contextos crono-estratigràfics (per exemple en el cas de palimpsests o alteracions tafonòmiques que hagin compromès la integritat del registre). Aquesta incertesa es pot

veure agreujada en el cas que l'atribució depengui de la freqüència relativa de diferents elements (posant de manifest la seva relació amb la *within-phase uncertainty*), o que un mateix element pugui ser assignat a dues o més fases, ja sigui per errors no aleatoris entre observadors o per una manca de definició genuïna (vegeu Crema (2015) per una revisió recent). Tanmateix, un altre de les problemàtiques relacionades amb aquesta incertesa és la dificultat d'establir la relació entre els artefactes culturalment diagnòstics i els elements emprats per obtenir les mesures de datació, la qual ha comportat una important càrrega subjectiva per part dels arqueòlegs, influint notablement en la construcció de les cronologies (Bayliss, 2009; Pettitt & Zilhão, 2015).

3.1.4. Estimació de la durada dels esdeveniments

Tal com s'ha esmentat en l'apartat anterior, un dels aspectes relacionats amb la "incertesa dels límits de fase" és l'estimació de la durada dels esdeveniments. En efecte, molts dels fenòmens estudiats en l'arqueologia no es conformen per esdeveniments puntuals, sinó que tenen una durada en el temps, com per exemple els períodes arqueològics o les fases d'ocupació d'un assentament. Un error molt freqüent és la confusió entre la incertesa cronològica i la durada esperada dels esdeveniments estudiats, per exemple en utilitzar la suma de les calibracions radiocarbòniques com a indicador d'un interval temporal, la qual cosa pot comportar interpretacions errònies sobre l'ocupació continuada d'un jaciment (Bevan & Crema, 2021). Aquesta problemàtica reflecteix la pròpia dificultat dels arqueòlegs en identificar els processos d'ocupació i abandonament dels assentaments humans, així com de caracteritzar les variacions intra- i inter- anuals dels mateixos (vegeu Crema & Kobayashi, 2020 per una reflexió). Tanmateix, posa en evidència la necessitat de diferenciar entre dos enfocaments diferents en referència al mateix concepte de "temps" (Dye *et al.*, 2023).

Així doncs, el concepte de cronologia pot ser descompost en esdeveniments puntuals (és a dir punts singulars en una escala temporal contínua ben definida). En aquest sentit, un procés continu inclouria dos esdeveniments fonamentals, com són l'inici i el final del període o fase (Bronk-Ramsey, 2009a). En general, aquests esdeveniments no estan

datats directament, i normalment s'infereixen mitjançant models matemàtics. Una visió específica del temps seria entendre els fenòmens com accions singulars, amb una relació transformativa entre aquestes. Aquesta visió formaria part consubstancial de la natura espaciotemporal del registre arqueològic, especialment a l'hora de definir les relacions estratigràfiques (on un episodi concret comença en el moment en què acaba l'anterior) (Dye *et al.*, 2023).

Per contra, una visió "substancial" del temps involucra una perspectiva genealògica dels esdeveniments, els quals poden presentar diferents "modes" de canvi, com ramificacions, reticulacions o transformacions (Dye *et al.*, 2023). D'acord amb aquesta conceptualització, seria possible elaborar seriacions filètiques basades en els canvis de les qualitats i les relacions dels artefactes, els quals en situar-los en el temps permetria fer inferències sobre processos d'evolució o transformació cultural. En un estudi recent, Dye *et al.* (2023) han proposat l'ús de l'àlgebra d'Allen per l'anàlisi "post hoc" de models bayesians de datacions radiocarbòniques, amb la intenció d'estudiar, des d'una perspectiva genealògica, els elements d'avituallament femení exhumats en necròpolis anglosaxones. Conceptualment, aquest estudi s'ajusta a una visió estrictament filogenètica, amb ancestres i descendents, però efectivament podria ser ampliada per estudiar conjunts sencers de cultura material (per exemple expressats en freqüències relatives d'estils ceràmics).

3.2. Paleodemografia

En termes generals, la paleodemografia ha utilitzat els canvis observats en les freqüències relatives de certs elements com indicadors de variacions en les trajectòries demogràfiques, com són el nombre de jaciments, la quantificació d'artefactes o estructures concretes, o les mateixes datacions radiocarbòniques. A causa de les similituds conceptuals i la semblança en molts dels seus problemes i limitacions, certs autors han emfatitzat la conveniència de reconstruir aquestes trajectòries poblacionals a partir de múltiples *proxies*, realitzant comparacions formals i contrastant hipòtesis específiques respecte a les divergències que s'observen entre ells (Palmisano *et al.*,

2017; Crema & Kobayashi, 2020; Palmisano *et al.*, 2021). No obstant això, molts d'aquests *proxies* presenten limitacions de precisió i exactitud cronològica, especialment aquelles relacionades amb les problemàtiques pròpies de la construcció de perioditzacions descrites en l'apartat 3.1, dificultant les tasques tant de reconstrucció de les trajectòries com de comparació entre elles. Per aquest motiu, s'han establert en els últims deu anys importants progressos en el tractament de les dades paleodemogràfiques, assentant les bases teòrico-metodològiques i aplicant-se en nombrosos casos d'estudi.

En efecte, aquest tipus d'estudis requereixen grans conjunts de dades que siguin comparables en una escala temporal àmplia, així com un aparell estadístic capaç de modelar una àmplia gamma de processos atesa l'heterogeneïtat en les potencials trajectòries poblacionals. En aquest sentit, les preguntes i hipòtesis que es pretenen abordar, com l'ecologia poblacional, la diversitat de sistemes o la fragilitat i robustesa de les poblacions humanes (vegeu per exemple DiNapoli *et al.*, 2021; Riris & Souza 2021), han d'ajustar-se a les capacitats oferides per les dades i la metodologia emprada, especialment en referència a la resolució temporal.

3.2.1. Comptatges

La paleodemografia ha tractat de reconstruir i estudiar les trajectòries poblacionals mitjançant el comptatge de diversos elements del registre arqueològic, com els conjunts de cultura material, el nombre de jaciments o certs elements relacionats amb les capacitats econòmiques (per exemple les sitges) (Crema, 2022). No obstant això, aquests *proxies* presenten cada un d'ells les seves problemàtiques i limitacions, tant en un sentit metodològic com en relació amb la mateixa correlació que podrien tindre amb la mida "real" de les poblacions que s'estudien. En aquest sentit, la comparació en la freqüència relativa d'un element concret entre dos o més períodes pot estar esbiaixada per les estratègies econòmiques, la visibilitat d'aquests elements en el registre arqueològic o els processos tafonòmics involucrats en la seva incorporació i preservació en els dipòsits. Com a conseqüència, els estudis paleodemogràfics han de ser capaços de

"calibrar" les evidències d'acord amb la seva representativitat en cada un dels períodes estudiats, la qual cosa pot comportar un gran esforç de processament i contextualització (que en molts casos supera les capacitats dels mateixos projectes de recerca, en treballar amb grans quantitats d'evidències obtingudes d'altres estudis previs). Aquest factor es veu encara més agreujat en el cas que els *proxies* no es basin només en els comptatges, sinó en altres propietats com la mida o importància dels assentaments o els volums de les capacitats d'emmagatzematge, en introduir una font addicional de biaix. Finalment, cal assenyalar que en certs casos el factor principal que condiciona els comptatges no és la correlació amb la variable que s'estudia, sinó la "visibilitat" d'aquests elements en el registre arqueològic o els biaixos de supervivència. Un clar exemple d'aquest efecte seria la quantificació de les restes humanes directes, la qual teòricament hauria de correlacionar de forma directa amb la població humana, però que en la pràctica la seva visibilitat està mediatitzada per les estructures socioeconòmiques i culturals de les comunitats humanes, com les pràctiques funeràries o les jerarquies socials.

Un dels elements que tradicionalment ha rebut una major atenció per la reconstrucció paleodemogràfica ha estat el nombre de jaciments, tot i que certs autors considerin que efectivament hagi estat infrautilitzat (Crema & Kobayashi, 2020). Així mateix, la noció de jaciment presenta certes problemàtiques conceptuals en tractar-se d'un terme operatiu per designar concentracions o agrupacions d'evidències arqueològiques en una àrea determinada, amb una finalitat majoritàriament pràctica des del punt de vista de la gestió patrimonial. De fet, en molts casos la relació entre jaciment i assentament no és necessàriament explícita, atesa la incertesa associada a la individualització de les ocupacions o a la identificació de la funcionalitat d'aquestes. En efecte, el terme "assentament" s'ha vist com un terme convenient però potencialment ambigu (Bevan & Crema, 2021), especialment en referir-se com una concentració d'unitats d'habitatge delimitades en un espai. En aquest sentit, els assentaments poden variar considerablement en tant en la seva mida com en la seva duració temporal (o estacionalitat), els quals en moltes ocasions són tractats de manera equivalent en les estimacions paleodemogràfiques. Tanmateix, l'àmplia diversitat en la tipologia de jaciments incorpora una altra problemàtica a l'hora de determinar el nombre

d'assentaments per un període determinat, en especial a causa de l'heterogeneïtat socioeconòmica de les comunitats humanes. Per exemple, donat un jaciment estrictament funerari (com una necròpolis) o de funció merament econòmica (com una cova d'establació o una explotació lítica), s'ha d'assumir que existia efectivament un assentament associat als voltants (però que no ha estat identificat)? Efectivament, aquest problema no només és rellevant per la necessitat de definir acuradament els tipus d'evidències, sinó que a més introdueix el problema del llindar per sota del qual considerem una agrupació d'evidències en l'espai com un mateix jaciment (*modifiable reporting unit problem*). Si posem el cas d'un jaciment de tipus "camp de sitges" separat per escassos kilòmetres d'un altre del mateix tipus (per exemple menys de 2 km), quins són els criteris per diferenciar entre dos assentaments diferenciats o un de sol amb una dinàmica de reubicació recurrent (per exemple amb cicles de menys de deu anys)?

Aquestes qüestions, les quals poden ser difícilment resoltes atesa la natura fragmentària del registre arqueològic, han estat abordades o bé mitjançant assumpcions (vegeu per exemple Crema, 2012; Palmisano *et al.*, 2017) o a través d'analogies etnogràfiques, classificant les societats prehistòriques segons el tipus d'estructures poblacionals i econòmiques, i utilitzant els paràmetres de mobilitat residencial o densitat dels assentaments d'acord amb els equivalents en societats modernes (vegeu Crema, 2022).

3.2.2. Anàlisi aorístic

Les reconstruccions poblacionals realitzades a través el nombre de jaciments ha experimentat un renovat interès gràcies a la introducció de l'anàlisi aorístic en l'arqueologia, el qual ha permès afrontar qüestions tant paleodemogràfiques com relatives als canvis en els patrons d'assentament (Johnson, 2004; Crema, 2012; Crema, 2013; Yubero-Gómez *et al.*, 2016). La lògica d'aquesta metodologia es basa en definir un conjunt d'esdeveniments situats temporalment en intervals cronològics específics, determinant la seva probabilitat d'ocurrència en cada un dels diferents blocs temporals establerts prèviament (per exemple lapses de deu anys). El concepte central del procediment és el fet de transformar els intervals de temps en distribucions de

probabilitat (anomenades "pesos aorístics"), atès que els esdeveniments es distribueixen de manera incerta dins d'aquests. Per exemple, en el cas d'una distribució uniforme i una resolució temporal anual, la probabilitat que un esdeveniment hagi esdevingut efectivament en cada un dels anys del seu interval és proporcional a la inversa de la duració del mateix (ja que cada any té la mateixa possibilitat). Tanmateix, les distribucions de probabilitat poden ser modelades d'acord amb diverses funcions matemàtiques, reflectint així diferents processos (com el citat *popularity principle*). Així doncs, aquesta metodologia permet afrontar formalment l'anomenada "incertesa dins de la fase", però continua sent vulnerable a les altres dues formes d'incertesa temporal.

Una de les aplicacions d'aquesta transformació dels intervals en probabilitats és el fet de sumar les distribucions obtingudes de cada esdeveniment i obtenir el que s'anomena "suma aorística", la qual permet identificar els blocs temporals amb una major o menor probabilitat d'esdeveniments. No obstant això, aquest procediment no només incorpora les problemàtiques relacionades amb el fet de sumar probabilitats, sinó que a més pot presentar artefactes espuris en els resultats (vegeu la discussió en Bevan & Crema, 2021) així com altres efectes causats pel mateix mostreig. En aquest sentit, Crema (2012) va introduir una tècnica de simulació *Monte-Carlo* destinada a pal·liar els efectes de l'error de mostreig, basada en l'assignació iterativa d'una data per cada esdeveniment i el còmput final de la mitjana i el percentil 95% per cada bloc temporal considerat (o bé, la construcció d'un *univariate kernel density estimate* per cada simulació). El resultat que s'obté és un *simulated envelope* que representa la incertesa associada a la mateixa reconstrucció de la trajectòria sota estudi, la qual és possible reduir mitjançant l'augment de la duració dels blocs temporals. Així mateix, aquest procediment permet traçar diferents tipus de trajectòries a més de les paleodemogràfiques, com els canvis en els patrons d'assentament (Crema, 2013; Yubero-Gómez *et al.*, 2016) o altres fenòmens associats al comptatge dels assentaments humans en un lapse de temps determinat.

A diferència d'altres aplicacions de l'anàlisi aorístic (com la criminologia, vegeu Ratcliffe, 2000), els assentaments humans no poden ser considerats per norma general com esdeveniments puntuals en l'escala temporal i amb una mateixa importància

efectiva, sinó que efectivament poden presentar variacions en mida o densitat d'unitats d'habitació, en el nombre d'ocupacions, o en duració i estacionalitat de les mateixes. Diversos estudis han plantejat solucions provisionals per tractar aquests factors, cada una amb les seves pròpies limitacions i problemàtiques intrínseques. Pel cas de la importància dels assentaments, s'ha proposat l'assignació de "pesos" per a cada jaciment, de manera proporcional a la seva àrea (Palmisano *et al.*, 2017) o al nombre d'unitats residencials, amb la intenció de reconstruir de manera més acurada la dinàmica poblacional estudiada. No obstant això, aquestes propostes no estan exemptes de dificultats pràctiques i conceptuals. En el cas de les àrees dels jaciments, la determinació de les mateixes depèn en gran manera de les intervencions arqueològiques realitzades, així com de la mateixa tipologia dels jaciments (per exemple els assentaments en cova amb eventuais ocupacions en l'exterior no detectades). Tanmateix, les fases més antigues d'un assentament a l'aire lliure poden haver estat arrasades o erosionades per les ocupacions posteriors, afegint un factor addicional d'incertesa a la ja complicada tasca d'individualitzar les fases dels assentaments.

Per altra banda, la durada de les ocupacions dels assentaments s'ha incorporat en les anàlisis aorístiques mitjançant l'assignació aleatòria d'un interval de temps per cada una (Palmisano *et al.*, 2017; Crema, 2012), obtenint com a resultat en la simulació *Monte-Carlo* les diferents combinacions possibles d'adjudicació temporal i durada dels esdeveniments. En aquest cas la dificultat recau en com modelar aquestes assignacions, ja que la utilització d'un mateix model pels diferents períodes (per exemple un valor aleatori obtingut d'una distribució normal amb mitjana de dos-cents anys i desviació de cinquanta, vegeu Palmisano *et al.*, 2017) efectivament ignora la relació entre aquest factor i la variabilitat en els patrons d'assentament de les diferents fases estudiades (les quals poden presentar pautes residencials molt dispars). Finalment, un aspecte en part relacionat amb l'anterior seria la determinació del nombre d'ocupacions d'un assentament per un mateix període. En aquest sentit, resulta essencial disposar d'informació addicional referent a aquest factor (com serien evidències directes d'abandonament i reocupació dels jaciments). En absència d'aquestes Yubero-Gómez *et al.* (2016) han proposat la utilització dels "pesos aorístics" dels assentaments en cada

bloc temporal com la probabilitat d'existència d'acord amb una distribució de Bernoulli, fent que la presència d'un assentament en un bloc sigui efectivament independent dels altres. Aquesta proposta aparentment resol el problema en permetre que una mateixa ocupació tingui presència en més d'un bloc temporal, no obstant això, també ocasiona que aquesta estigui eventualment absent en tots els blocs temporals, la qual cosa comporta que el mètode convergeixi al mateix resultat que s'obté amb el mètode *Monte-Carlo* original.

Més recentment, Crema & Kobayashi (2020), han establert les bases per tractar de manera simultània tant la "incertesa dels límits de fase" com la "incertesa de l'assignació de fase" dins de les mateixes simulacions *Monte Carlo* de l'anàlisi aorístic, amb l'objectiu de caracteritzar les diferents fàcies ceràmiques del període Jōmon al Japó i avaluar les seves trajectòries paleodemogràfiques. Concretament, aquesta proposta utilitza l'enfocament probabilístic de les cronologies bayesianes per mostrejar (de les distribucions a posteriori) els esdeveniments d'inici i final de cada fase en cada iteració, a la vegada que assigna una fase concreta d'entre les candidates per cada un dels esdeveniments estudiats (de manera proporcional a la variància de les seves distribucions).

3.2.3. *Dates as Data* (DAD)

La reconstrucció paleodemogràfica a través de les datacions radiocarbòniques ha experimentat un important auge en les darreres dècades, definint els principis teòrics i els procediments metodològics de l'enfocament anomenat *Dates as Data* (a partir d'ara DAD). La lògica subjacent d'aquest plantejament és l'estudi dels canvis en la freqüència en les datacions al llarg del temps, assumint que aquestes variacions preserven d'alguna manera el senyal d'una alta o baixa activitat humana, i per tant, d'una major o menor població (Crema, 2022; Crema & Bevan, 2021). Estrictament parlant, aquest enfocament utilitza deliberadament totes les datacions disponibles per una regió i rang temporal determinat (d'acord amb uns criteris d'higiene de les dades), mantenint la natura no especificada dels esdeveniments que efectivament estan datant. Aquest

aspecte es justifica pel fet que un conjunt de dades prou gran s'equilibra gràcies a la seva heterogeneïtat (de manera semblant a la llei dels grans nombres), mentre que si els esdeveniments del conjunt de dades estan efectivament definits (per exemple datacions d'enterraments humans) la importància recau en la correlació d'aquests esdeveniments i la població humana (i sobretot si aquesta és estacionària o no en el temps) (Crema 2022).

Així doncs, el DAD normalment reaprofitja les dades obtingudes amb altres finalitats i estratègies, introduint potencialment altres fonts de biaix. A un nivell teòric, aquest plantejament estableix una relació (no necessàriament lineal) entre la població i els productes antropogènics incorporats en el registre arqueològic, assumint que una major població resulta en un major nombre de mostres potencialment datables i, per tant, un augment en les datacions publicades (Crema & Bevan, 2021). Aquesta relació, que en efecte assumeix un origen antropogènic de les mostres, s'ha conceptualitzat també en el sentit de l'energia consumida per les poblacions (Freeman *et al.*, 2018), atès que la major part de les datacions corresponen a mostres de carbó o de material orgànic carbonitzat. Així doncs, s'estableix que l'energia utilitzada per una població seria el producte de l'energia consumida individualment per la mida de la mateixa població, possibilitant d'aquesta manera les inferències sobre aquesta.

Els primers plantejaments de reconstrucció paleodemogràfica a través de les datacions radiocarbòniques se situen a finals dels anys vuitanta, focalitzant-se en l'estudi del canvi en la freqüència de les datacions i la reducció dels efectes de l'error de mostreig, mitjançant la confecció d'histogrames i les tècniques de *bootstrap* (Rick, 1987). Posteriorment, Blockley *et al.* (2000) van proposar la utilització de la suma de les probabilitats calibrades, introduint així una major precisió cronològica i considerant la incertesa associada a la corba de calibració. Aquesta metodologia, anomenada *Summed Probability Distributions* (SPD), va experimentar un important impuls a mesura que es disposava de grans conjunts de dades, en gran part recopilats amb la intenció de realitzar aquest tipus d'estudis (per exemple Manning *et al.*, 2016). No obstant això, la problemàtica dels artefactes espuris generats per la suma de les calibracions (així com

altres qüestions) va imposar la necessitat d'un desenvolupament metodològic específic, el qual permetis reduir els efectes de l'error de mostreig, dur a terme tests d'hipòtesis formals, o ajustar models explicatius a les reconstruccions paleodemogràfiques.

En aquest sentit, Shennan *et al.* (2013) van proposar la comparació formal de les SPD amb tendències teòriques (generades d'acord amb un model nul, vegeu secció 3.2.4), possibilitant la detecció d'episodis de creixement o declivi poblacional puntuals. Així mateix, Timpson *et al.* (2014) van introduir un mètode de correcció del sobre mostreig (l'anomenat procediment de *binning*), mentre que Crema *et al.* (2016) i Crema *et al.* (2017) van proposar tests de significació per comparar diferents trajectòries empíriques o estudiar les variacions espacials en la taxa de creixement, mitjançant tests de permutació. En els anys següents van aparèixer mètodes alternatius per la reconstrucció de les trajectòries paleodemogràfiques, basats en els conceptes de *Kernel Density Estimation* (KDE) (Bronk-Ramsey, 2017; Price *et al.*, 2021) o de la regressió de Poisson, al mateix temps que es proposaven tècniques basades en anàlisis bayesians per tal d'inferir les taxes de creixement o analitzar les mateixes trajectòries d'acord amb múltiples models explicatius (vegeu Crema, 2022). Com a resultat d'aquest desenvolupament metodològic es disposa avui dia de diversos paquets de software implementats específicament per realitzar aquest tipus d'anàlisis, com *rcarbon* (Crema & Bevan, 2021) o *ADMUR* (Timpson *et al.*, 2021), els quals han contribuït notablement en la proliferació dels estudis paleodemogràfics.

3.2.4. Metodologia del DAD

El principal problema de la reconstrucció de les trajectòries paleodemogràfiques mitjançant l'enfocament del DAD és de fet la interpretació visual directa dels resultats, en especial en intentar identificar episodis de creixement o declivi poblacional o en comparar dues o més trajectòries. En aquest sentit, s'ha emfatitzat la dificultat de discernir entre fluctuacions genuïnes i artefactes generats per la mateixa metodologia (Crema & Bevan, 2021), assenyalant la propensió epistemològica de l'arqueologia a la sobre interpretació, així com el perill d'abusar d'aquestes tècniques com motors

d'inferència inductiva (Crema, 2022; vegeu també una crítica més general en Rubio-Campillo, 2018). Efectivament, la suma de les probabilitats no té en compte els errors de mostreig, els efectes de la calibració o la incertesa associada als mesuraments, per la qual cosa en molts casos les SPD incorporen biaixos que han de ser considerats prèviament abans de realitzar assumpcions sobre la forma concreta de les distribucions. Un procediment habitual ha estat l'aplicació de funcions de suavitzat (*smoothing functions*) com les mitjanes mòbils, amb la intenció de minimitzar els efectes de la calibració, així com les tècniques de *bootstrap* per abordar els problemes de l'error de mostreig. No obstant això, en molts casos aquestes tècniques no solucionen els problemes (més aviat els emmascaren, vegeu Crema, 2022), per això molts autors han optat per utilitzar els mètodes d'estimació per cKDE (*bootstrapped composite KDE*) amb la intenció de tractar simultàniament aquests problemes (McLaughlin, 2019). Malauradament, aquests incorporen el problema d'estimar un paràmetre addicional (el *bandwidth*) i presenten molta debilitat enfront de conjunts de dades reduïts (Crema, 2022).

En conseqüència, una solució adoptada per molts estudis ha estat l'ús de la inferència estadística formal, amb la intenció de tindre en compte les idiosincràsies de l'error de mostreig i els efectes de la calibració de forma efectiva. En aquest sentit, l'enfocament que inicialment va gaudir de major interès va ser la comparació de les SPD amb expectacions teòriques, mitjançant el marc dels tests d'hipòtesis i la utilització de models nuls. Així doncs, en el seu article fundacional Shennan *et al.* (2013) van proposar la generació de distribucions d'SPD teòriques d'acord amb hipòtesis específiques, a través dels mètodes de simulació condicional *Monte-Carlo*. En procediment consisteix a generar una trajectòria teòrica (el model nul) i simular d'acord a aquesta el mateix nombre d'esdeveniments que de datacions disponibles (expressats en anys del calendari), a continuació aquests es "retrocalibren" en valors de ^{14}C assignant de manera aleatòria els errors de mesurament (d'acord amb als errors de les datacions originals) per després calibrar-les i obtenir una realització en forma d'SPD. Aquest procés es repeteix un nombre de vegades determinat conformant així un *simulated envelope* que representa l'interval percentil de confiança (per exemple el 95%), amb el

que es compara l'SPD observada. D'aquesta manera s'obté un "p-valor" global amb el que acceptar o refutar el model nul, i en cas de refutar-lo, es procedeix a identificar els intervals que presenten desviacions significatives (siguin positives o negatives). Atès que no existeix un prior raonable sobre la forma esperada de la SPD (la qual pot ser de molts tipus) (Crema, 2022), la tendència teòrica sol ajustar-se a partir de la SPD observada, utilitzant un model de creixement concret com l'exponencial o el logístic (tot i que efectivament el model nul pot derivar-se d'altres evidències, veure Crema & Kobayashi, 2020). En aquest sentit, l'anàlisi en conjunt és molt sensible a l'elecció del model nul (és a dir, que depèn en gran manera de la nostra hipòtesis), i s'ha de considerar que obtenir p-valors baixos no implica directament una refutació del model teòric (sinó dels seus paràmetres, com per exemple la taxa de creixement)(Crema, 2022). A més, també s'ha de tindre en consideració el fet que el p-valor és de fet una funció de la grandària de la mostra, i els resultats depenen fortament de l'interval de temps absolut considerat i la granulometria de l'anàlisi, per la qual cosa un p-valor alt no ha d'interpretar-se com un bon ajustament del model nul (Crema, 2022).

Altres formes de test poden incloure la comparació de la taxa de creixement teòrica amb l'observada (en comptes de la trajectòria en si mateixa), així com la comparació de dues SPD (per exemple de diferents regions o tipus de mostres), mitjançant un *mark permutation test* (Crema *et al.*, 2016). No obstant això, aquestes aproximacions necessiten certes assumpcions referents al mostreig, com la independència i l'aleatorietat, i certament les dades de ^{14}C disponibles no solen ser una mostra aleatòria del que es podria datar (Crema, 2022). En aquest sentit, un problema notori és la variabilitat en la intensitat del mostreig entre jaciments (Crema & Bevan, 2021; Bevan & Crema, 2021), la qual efectivament no reflecteix la importància demogràfica dels assentaments, sinó més aviat l'heterogeneïtat de les estratègies d'investigació (resultat en part de la diversitat en els pressupostos i les modalitats d'excavació, com les intervencions d'urgència o les programades). Entre les solucions considerades cal mencionar la reducció manual de datacions (mitjançant criteris contextuais o de qualitat) així com la utilització de mètodes estadístics per la combinació de datacions, ambdues amb les seves pròpies problemàtiques i limitacions.

No obstant això, la solució que major atenció ha rebut ha estat el mètode introduït per Shennan *et al.* (2013) i millorat per Timpson *et al.* (2014), que consisteix en generar SPD locals per cada jaciment agrupant les datacions d'acord amb la seva proximitat temporal. Concretament, s'utilitza la distància mediana de les calibracions i un paràmetre h per establir les agrupacions (per exemple dos-cents anys), per després calcular la mitjana de les probabilitats per cada any del calendari (la qual cosa és equivalent a una normalització en cas que les distribucions individuals sumin 1). D'aquesta manera, cada agrupació (*bin*) es pot interpretar com un episodi d'ocupació individual, solucionant efectivament el problema del sobre mostreig. No obstant això, aquest procediment tracta la totalitat dels jaciments amb la mateixa importància efectiva, transformant l'SPD en un *proxy* relatiu a la intensitat d'assentaments. Aquest procediment, l'efecte del qual s'ha d'explorar mitjançant una anàlisi prèvia de sensibilitat (Crema & Bevan, 2021), comporta implícitament la reducció del senyal en els extrems de les distribucions de cada agrupació (en calcular la mitjana de les probabilitats), factor que no s'ha discutit en la literatura (i que podria ser tractat amb la formulació de mètodes alternatius, com per exemple el càlcul del valor màxim de probabilitat per cada any del calendari).

Un altre factor a considerar en la construcció de SPDs i la seva comparació amb tendències teòriques és l'efecte de la normalització de les datacions individuals en la suma resultant. En efecte, al calibrar una datació amb l'equació estàndard (vegeu secció 5.1.3) l'àrea sota la corba no suma 1, per la qual cosa la seva normalització sembla teòricament més justificable (Crema & Bevan, 2021). No obstant això, Weninger *et al.* (2015) van observar que aquest procediment genera fluctuacions espúries en la suma de les SPD en punts predictibles de la corba de calibració, provocant importants diferències a l'hora de comparar-les amb els models nuls. Així doncs, per norma general es recomana no estandarditzar les datacions individuals, tanmateix, s'han desenvolupat mètodes específics per reduir aquests efectes durant les simulacions condicionals *Monte-Carlo*, establint tècniques alternatives per assignar la probabilitat de simular els

esdeveniments d'acord amb els trams corba de calibració (vegeu Crema & Bevan, 2021).

3.2.5. Principals reptes i limitacions

En termes generals, les principals fonts de biaix amb la que s'enfronta la paleodemografia són les relacionades amb l'error de mostreig (i la seva heterogeneïtat), la representativitat dels *proxies* respecte a la població, i els efectes de la calibració. Malgrat les fortes crítiques que han experimentat aquestes aproximacions (en especial el DAD), les dues primeres problemàtiques es poden considerar efectivament comuns a totes les paleociències, essent la qüestió de la incertesa no aleatòria de la calibració l'única exclusiva de les reconstruccions paleodemogràfiques (Crema, 2022; Crema & Bevan, 2021).

Respecte a la representativitat dels *proxies* utilitzats, és important considerar sempre quins són els factors socioeconòmics que poden estar afectant el senyal demogràfic, en especial els aspectes de creació (producció) dels elements estudiats i el seu vincle amb les activitats humanes. En aquest sentit, la taxa de generació de material datable (pel cas de les datacions radiocarbòniques) no ha d'escalar necessàriament de manera lineal amb la població, veient-se afectat tant per la complexitat social com per les estratègies econòmiques. De la mateixa manera, les pautes residencials (com la mobilitat, la duració dels assentaments, etc.) poden tindre un fort impacte en el comptatge de jaciments, amb importants implicacions per la interpretació dels resultats. A aquesta qüestió s'ha de sumar la problemàtica de la pèrdua tafonòmica, associada tant a una menor probabilitat de perduració dels contextos més antics com al fet que certs materials antropogènics o tipus d'assentaments siguin menys identificables. No obstant això, alguns estudis han reportat efectes insignificants per la pèrdua tafonòmica, argumentant que pot ser modelada mitjançant un model exponencial sense grans implicacions en els resultats (vegeu Crema 2022).

No obstant això, la principal problemàtica amb què s'enfronten aquest tipus d'estudis és l'error de mostreig, i en especial la seva heterogeneïtat. Tal com ha assenyalat Crema (2022), en l'hipotètic cas que la correlació entre el *proxy* i la variable d'interès sigui perfecta, els efectes del mostreig sempre comportaran un potencial error en la interpretació de les dinàmiques estudiades. El problema s'ha tractat des dels inicis del plantejament del DAD (mitjançant les tècniques de *bootstrap*) i ha estat abordat també en la metodologia de l'anàlisi aorístic (Crema, 2012). En termes generals aquests errors es minimitzen quan els conjunts de dades són prou grans, no obstant això, aquesta qüestió sol ser dependent del context, així com de les preguntes científiques, l'escala i la granulositat de l'anàlisi (Crema, 2022). Tot i això, existeixen biaixos en el mostreig estructurats espacialment o cronològicament, els quals en ser ignorats poden induir a errors en les interpretacions. En aquest sentit, es destaquen tres tipus d'error de mostreig: la mencionada variabilitat en la intensitat del mostreig entre jaciments (vegeu secció 3.2.4), els efectes de les estratègies i preferències de la investigació, i el "promig" espacial i la no estacionarietat.

Respecte als factors relacionats amb la investigació, cal ressaltar que la intensitat en el mostreig (tant de datacions com de jaciments) no és constant en tota l'escala temporal, amb forts biaixos sistemàtics en certs períodes específics. Per exemple, existeix un gran interès per datar els contextos dels inicis de l'agricultura, però un clar desinterès pel període Romà o l'edat del ferro europea en general, a causa de l'escassa precisió en la corba de calibració o la disponibilitat d'altres indicis cronològics més fiables (Crema, 2022; Crema & Bevan, 2021). Aquest factor, pel qual no s'han realitzat estudis específics (vegeu Crema, 2022), resulta especialment problemàtic precisament quan el baixi no contradiu les expectatives (com en el cas dels inicis de l'agricultura), dificultant notablement la tasca de discernir entre un biaix real o una tendència estructural del fenomen. Una proposta per intentar abordar aquesta qüestió seria un estudi detallat de la provenença de les datacions, intentant predir aquest biaix en funció de si el mostreig respon a excavacions programades, d'urgència, etc.

Per altra banda, el "promig" espacial es refereix als efectes relacionats amb no considerar explícitament la distribució espacial dels *proxies*, assumint una mateixa trajectòria (en aquest cas paleodemogràfica) per totes les subregions sota estudi, i el qual és un factor especialment problemàtic en estudis d'escala continental. Efectivament, el resultat d'un "promig" espacial pot no ser representatiu de cap de les subregions, generant, per tant, una interpretació esbiaixada del fenomen (Crema, 2022). Malauradament, reduir l'àrea de la regió d'estudi incorre en un major error de mostreig (en disposar d'un menor nombre d'evidències), al mateix temps que augmentar-la comporta a un major "promig" espacial. Aquest factor de biaix està estretament relacionat amb el concepte d'"estacionarietat" espacial, segons el qual el valor esperat (o la variància) de la variable sota estudi és invariant a la translació. Aquesta assumptió, sovint raonable en estudis d'anàlisi espacial, resulta generalment falsa per casos com la paleodemografia, en la que no només existeixen diferències regionals en les estratègies socioeconòmiques (producte de la variabilitat en el medi ecològic i cultural), sinó que a més es presenten gradients poblacionals relacionats amb les mateixes dinàmiques d'expansió i reconfiguració poblacional. Tanmateix, el problema del "promig" espacial es manifesta també a causa de l'heterogeneïtat en les estratègies d'investigació de les diferents regions (en el sentit de les delimitacions administratives actuals), les quals sovint presenten importants variacions en el tipus i els pressupostos de les intervencions, els dissenys del mostreig o els interessos de recerca (Crema, 2022), factors que novament no han estat tractats en estudis específics (per exemple amb la intenció de correlacionar les trajectòries de les regions amb aquestes variables).

Finalment, un aspecte que relaciona estretament els dos *proxies* principals discutits en aquest capítol (és a dir, la paleodemografia inferida per les datacions radiocarbòniques i el nombre de jaciments), són els processos d'agregació (nuclearització) i dispersió poblacional. Tal com s'ha discutit en referència al procediment de *binning* (vegeu secció 5.1.3), la principal solució implementada per pal·liar els efectes de la variabilitat en el mostreig entre jaciments provoca que el senyal obtingut en la suma de les SPD es converteixi en un *proxy* relatiu a la densitat d'ocupacions humanes, sense considerar el seu impacte poblacional efectiu. Efectivament, el nombre de jaciments no és en realitat

un reflex de demografia d'una regió, sinó una combinació d'aquesta i els patrons d'assentament, els quals inclouen tant els canvis en la densitat residencial com en la duració i l'estacionalitat de les ocupacions (Crema, 2022). Aquest efecte s'ha reportat en diversos estudis que han comparat el senyal del SPD amb el nombre de jaciments o d'unitats residencials (Palmisano *et al.*, 2017; Crema & Kobayashi, 2020), interpretant que les discrepàncies entre les trajectòries reconstruïdes eren degudes a episodis de canvi en els patrons d'assentament. Concretament, Crema & Kobayashi, 2020) van observar moments amb tendències oposades entre la taxa de creixement derivada del comptatge d'habitatges i el senyal del SPD (interpretada com a *proxy* de creixement dels assentaments a causa del *binning*), els quals responien molt probablement als cicles de nuclearització i dispersió de les societats del període Jōmon (Crema, 2013), permetent així una lectura diferencial amb la qual inferir simultàniament (o si més no plantejar hipòtesis) tant del fenomen de fusió i fissió poblacional com la mateixa trajectòria paleodemogràfica. No obstant això, en molts casos resulta impossible determinar el nombre d'unitats residencials d'un assentament, fent impossible establir la relació entre les ocupacions del mateix i la seva incidència demogràfica.

3.3. Models Bayesians de fase

La utilització de models Bayesians ha esdevingut una tasca rutinària en el camp de l'arqueologia, convertint-se en el paradigma dominant per la construcció de cronologies prehistòriques (Pettitt & Zilhão, 2015; Buck & Meson, 2015). Concretament, aquests models han estat aplicats de manera genèrica tant per datar les seqüències internes dels jaciments com per l'elaboració de perioditzacions regionals, mitjançant la combinació de la informació prèvia i els mesuraments cronomètrics. Un ús apropiat d'aquesta metodologia pot ajudar a millorar la precisió cronològica, reduir les incerteses i ajudar en la detecció de *outliers*, permetent posar a prova hipòtesis sobre els processos arqueològics. Algunes de les preguntes abordades amb aquesta metodologia han estat l'estudi de les dinàmiques d'expansió humana, dels processos de transformació cultural o dels canvis en les tipologies dels artefactes (vegeu per exemple Crema *et al.*, 2022; Dye *et al.*, 2023), a més de la caracterització temporal dels episodis de formació dels

jaciments. El desenvolupament de models específics es va iniciar a finals dels anys vuitanta i principis dels noranta (Buck *et al.*, 1991), consolidant-se en la primera meitat dels noranta en un context en el qual la utilització de tècniques com la "matriu de Harris" era una pràctica consolidada en l'arqueologia. Finalment, la metodologia es va generalitzar entre els investigadors gràcies a la implementació de *software* especialitzat, convertint-se en la que s'ha anomenat la "tercera revolució del radiocarboni" (Bayliss, 2009).

La idea de la utilització dels models bayesians és obtenir distribucions de probabilitat a posteriori dels paràmetres d'interès, que en el cas de la cronologia responen tant als esdeveniments datats per les mostres, com als episodis d'inici o final d'un esdeveniment amb una duració temporal. D'acord amb el teorema de Bayes, la probabilitat a posteriori és equivalent al producte entre el *likelihood* i els *priors* (vegeu secció 5.1.1), definits respectivament com la funció de probabilitat dels paràmetres en model de les dades i el coneixement "previ" d'aquests (Buck & Meson, 2015). Pel cas de les datacions radiocarbòniques, el *likelihood* és el resultat de la calibració associada als mesuraments, i es defineix com la probabilitat d'obtenir el mesurament donada una data particular d'un esdeveniment (Bronk-Ramsey, 2009a). Per altra banda, els *priors* representen les "creences prèvies" que l'investigador té sobre els esdeveniments datats, els quals poden provenir d'observacions independents a l'acte del mesurament, d'hipòtesis de treball específiques, o de presumpcions subjectives. En molts casos els *priors* són modelats mitjançant distribucions de probabilitat, els paràmetres de les quals són estimats a posteriori per l'anàlisi, mentre que en altres ocasions representen limitacions o condicions en els paràmetres de les dades (per exemple restriccions d'ordre entre els esdeveniments). Tanmateix, s'ha de diferenciar entre els *priors* informatius (aquells que representen els aspectes de la realitat que es modela) i els anomenats *nuisance parameters* (aquells que tan sols són necessaris matemàticament, sense una contrapart en la realitat) (Buck & Meson, 2015). En aquest sentit, els *nuisance parameters* simplement expressen de forma responsable la incertesa o la carència d'informació, i no s'han d'interpretar com una forma més objectiva de *priors* (Buck & Meson, 2015). Així doncs, s'ha emfatitzat que la responsabilitat més gran dels usuaris arqueòlegs és

assegurar-se de la fiabilitat dels *priors* (especialment en el cas de les relacions estratigràfiques), així com justificar-los i descriure'ls explícitament (Pettitt & Zilhão, 2015; Buck & Meson, 2015). Efectivament, la informació introduïda en el model pot tindre importants efectes en el resultat final, comportant en molts casos un fort biaix en les interpretacions. Per aquest motiu, una estratègia apropiada en molts casos consisteix a formular diversos models amb diferents *priors* (els quals representin les nostres hipòtesis), per després comparar i contrastar les distribucions a posteriori resultants.

En el cas concret de l'estudi de les estratigrafies dels jaciments, s'ha de tindre en compte que els mesuraments no estan datant els dipòsits o estrats, sinó esdeveniments concrets l'associació amb els quals ha de ser interpretada amb cert grau de certesa (Bayliss, 2009). Efectivament, totes les mostres datades són presumptament més antigues que el dipòsit (amb certes excepcions), per la qual cosa resulta necessari avaluar si van "morir" i ser dipositades "quan" el dipòsit es va formar (Bayliss, 2009). Així doncs, problemes com les estratigrafies compromeses, les mostres mal etiquetades, o una interpretació incorrecta de la tafonomia poden tindre grans efectes en els resultats, en tractar-se de *priors* extremadament informatius (Bayliss, 2009).

Malgrat que aquests models hagin estat originalment desenvolupats pels contextos estratigràfics dels jaciments, el cert és que els seus formalismes són vàlids per l'estudi de diversos fenòmens arqueològics, en especial la construcció de cronologies regionals. Les primeres aplicacions se situen a principis de segle (Blackwell & Buck, 2003), amb la intenció d'estudiar les dinàmiques poblacionals de l'Europa del nord durant l'era postglacial, des d'una perspectiva espaciotemporal. Posteriorment, els principis dels models cronològics bayesians es van adaptar per estudiar les transicions regionals dels períodes, així com les restriccions d'ordre entre els mateixos o els processos d'expansió de l'economia productiva (vegeu per exemple Banks et al., 2019; Crema *et al.*, 2022). No obstant això, el principal problema que presenten aquestes aproximacions és molt similar al "promig" espacial descrit en la secció 3.2.5, atès que el resultat dependrà en gran manera de com han estat definides les regions. En aquest sentit, regions més grans redueixen considerablement la incertesa, però a expenses de perdre les variacions

internes (les quals poden ser importants pel tipus de preguntes que es plantegen). Tanmateix, la variació en la intensitat del mostreig entre regions pot comportar una important font de biaix, especialment en aquelles amb un reduït nombre jaciments (Crema *et al.*, 2022).

Així doncs, diversos autors (Pettitt & Zilhão, 2015; Buck & Meson, 2015) han emfatitzat la importància d'entendre els principis matemàtics i filosòfics en què es basen els models bayesians, ja que els resultats poden afectar profundament la comprensió dels fenòmens estudiats. En aquest sentit, la utilització de models bayesians no només ha d'estar orientada a tractar preguntes específiques, sinó que les assumpcions (en especial els *priors*) han de ser pertinents i justificables per tal de poder fer inferències amb els paràmetres obtinguts. Efectivament, la utilització per part d'arqueòlegs sense una formació específica pot comportar el risc de convertir l'anàlisi en una "caixa negra", amb la que s'obtenen certs resultats però no es comprenen ni les implicacions dels mateixos ni els mecanismes subjacents (tant en l'àmbit interpretatiu com matemàtic). Aquest perill s'ha incrementat a causa de la gran disponibilitat actual de paquets de *software*, els quals malgrat posar a disposició aquestes eines, poden afavorir un ús irreflexiu o inapropiat d'aquests.

3.3.1. Relacions temporals i priors

La construcció de cronologies mitjançant l'ús de models bayesians es fonamenta en la definició dels *priors*, els quals poden formular-se com restriccions en l'ordre i la durada dels esdeveniments, o establint les formes de les distribucions d'aquests.

En aquest sentit, un conjunt d'esdeveniments puntuals associats a un únic episodi es defineix en els models bayesians com una "fase", la qual pot respondre a una "fase estratigràfica" (pel cas d'una unitat identificada durant les excavacions) o a una "fase cronològica" (en un sentit més ampli, com per exemple una producció ceràmica regional). Aquest procediment d'agrupació resulta especialment útil per definir les relacions d'ordre entre episodis, sense necessitat d'establir la seqüència interna dels

esdeveniments de la fase. Una de les estratègies per construir aquestes agrupacions és modelar-les mitjançant una distribució predefinida, introduint-la com un *prior* en el model amb la intenció d'estimar els seus paràmetres. En absència d'informació precisa sobre la disposició dels esdeveniments dins de la fase, l'opció més parsimoniosa acostuma a ser la utilització d'una distribució uniforme, la qual estableix dos esdeveniments que la delimiten (els esdeveniments d'inici i final) i assumeix que les mostres datades tenen la mateixa probabilitat de produir-se en qualsevol punt entre aquests dos límits. Aquest *prior*, anomenat *uniform phase model* va ser formulat inicialment a principis dels anys noranta (Buck *et al.*, 1991), i ha demostrat ser especialment útil en un gran nombre d'aplicacions pràctiques. De la mateixa manera que es delimiten els límits de la fase, es poden obtenir d'aquest model dues distribucions d'interès: per una banda, l'interval de la fase, és a dir la diferència d'anys entre els paràmetres d'inici i final, per l'altre i l'envergadura, la qual determina la distància temporal entre l'esdeveniment datat més antic i el més recent. L'*uniform phase model* aprofita les propietats matemàtiques de la distribució uniforme (independència condicional de les dades als seus paràmetres), provocant la reducció de la incertesa en els límits en funció del nombre d'esdeveniments. Aquesta reducció de la incertesa està relacionada amb el fet que el model no està esbiaixat cap a una envergadura més llarga o curta (Bronk-Ramsey, 2009a; Bayliss, 2009), al contrari que si els esdeveniments datats es consideren efectivament independents (la qual cosa provoca una clara tendència a envergadures més llargues, fent que sembli que la fase comença abans i acaba més tard). Com a resultat, les probabilitats a posteriori obtingudes per les datacions individuals poden presentar una substancial reducció de la seva incertesa, especialment en aquelles situades a prop dels límits.

No obstant això, la conveniència d'imposar una distribució estadística a un conjunt de datacions pot resultar inapropiada (o inclús incòmode) per molts arqueòlegs, especialment al no entendre la necessitat matemàtica o les seves implicacions interpretatives (Bayliss, 2009). En aquest sentit, Lanos & Philippe (2017; 2018) han insistit en els inconvenients que les propietats matemàtiques del model puguin ocasionar, argumentant que es provoca un "efecte de contracció" en les dates estimades

dels mesuraments que afavoreix aquelles amb major precisió (ja que les datacions amb menor desviació atreuen els paràmetres d'inici i final de la fase). Per aquest motiu, proposen un model jeràrquic anomenat *Event Model* (Lanos & Philippe, 2018), el qual incorpora una estimació individual de la "sobredispersió" per a cada datació, i una tècnica de combinació pels casos en què es disposi d'indícis de contemporaneïtat. Així doncs, en el *Event Model* la fase no respon a un model estadístic, i les dates d'inici i final s'estimen directament del conjunt d'esdeveniments (de manera que l'inici el representarà l'esdeveniment més antic, i el final el més recent).

Per altres casos, imposar una distribució estadística a les dades pot formar part dels nostres objectius o hipòtesis, en pretendre estimar els paràmetres de les mateixes per tal de fer front a la "incertesa dins de la fase". En aquest sentit, s'han proposat diversos models amb la intenció modelar una gran varietat de fenòmens (Bronk-Ramsey, 2009a), estenent els mateixos principis i formalismes de l'*uniform phase model* a altres distribucions. Alguns exemples són el *ramped model* (que assumeix un creixement o decreixement lineal en el nombre d'esdeveniments), el model exponencial (similar a l'anterior, però amb una funció exponencial), o el model gaussià (que determina els límits de la fase d'acord amb l'interval d'una sigma en una distribució normal) . Aquests models poden efectivament capturar les dinàmiques de diversos fenòmens, com per exemple l'aparició de materials residuals en capes de destrucció (Bronk-Ramsey, 2009a). Tanmateix, molts dels fenòmens arqueològics d'escala regional poden presentar l'anomenat *popularity principle* (vegeu secció 3.1.3), mostrant asimetries en les distribucions o períodes d'estabilització. Per aquest motiu, alguns autors han optat per la utilització del model trapezoidal (Lee & Bronk-Ramsey, 2012; Crema & Kobayashi, 2020), posant de manifest la seva adequació al ser capaç de modelar les diferents tendències i trajectòries dels fenòmens. Cal recalcar, tot i això, que l'usuari d'aquests models ha de comprendre significat dels paràmetres estimats de les distribucions (Pettitt & Zilhão, 2015), els quals han de tindre una connexió amb la realitat estudiada per tal d'utilitzar-los com a font per les seves inferències.

Per altra banda, la definició de l'ordre temporal entre els esdeveniments o les fases constitueix un *prior* informatiu de gran utilitat en els models, permetent una millora substancial en la precisió cronològica. No obstant això, els indicis disponibles i les hipòtesis sobre aquestes relacions d'ordre han de tindre una fonamentació adequadament justificada (Pettitt & Zilhão, 2015), i els resultats del model s'han d'interpretar sempre d'acord amb les assumpcions que s'han imposat. En la seva forma més senzilla, l'ordre temporal s'implementa en els models a través d'una restricció, limitant les distribucions de probabilitat de les calibracions de tal manera que aquestes siguin satisfetes. Per exemple, si es disposa d'evidències (o d'alguna manera s'assumeix) que un esdeveniment datat és "anterior" a un altre, el model generarà unes distribucions a posteriori les incerteses de les quals tindran una menor superposició que les calibracions originals. De la mateixa manera, és possible establir seqüències entre diferents fases o agrupacions d'esdeveniments, mitjançant una definició d'ordre en els paràmetres de les distribucions que les modelen. Així doncs, si una fase s'assumeix que és anterior a un altre, el seu límit final haurà de ser sempre anterior al límit inicial de la segona, condicionant les distribucions a posteriori de les datacions que les conformen. Aquest formalisme és vàlid també pels casos en què no es desitja imposar una distribució estadística al conjunt de datacions, atès que en aquests els límits de les fases s'estimen igualment en d'acord amb les estimacions dels esdeveniments (Lanos & Philippe, 2018). Tanmateix, les restriccions d'ordre admeten la utilització d'esdeveniments pels quals no hi ha incertesa, com dates *ante-quem* o *post-quem* expressades en anys puntuals (per exemple gràcies a l'aparició d'una evidència numismàtica o una producció ceràmica, la cronologia de la qual es conegui amb una precisió excepcional).

Quan un model cronològic inclou més d'una agrupació d'esdeveniments es diu que és un model "multifase", i les relacions entre aquestes es defineixen segons les seves propietats (Bronk-Ramsey, 2009a). En aquest sentit, dues fases poden ser modelades amb una relació de seqüencialitat si el final de la primera és sempre anterior a l'inici de la segona, permetent que existeixi un eventual hiatus entre elles. Per altra banda, una relació de contigüïtat s'imposa en el model fent que el límit final de la primera fase sigui el mateix que el límit inicial de la segona, reduint així el nombre de paràmetres i

impedint l'existència de discontinuïtats. Finalment, dues fases permeten solapament quan no s'ha imposat cap restricció en els seus límits, fent que aquestes siguin independents l'una de l'altre. L'elecció de les relacions entre fases dependrà doncs de les evidències disponibles o les hipòtesis, fent que el resultat depengui substancialment d'aquestes. Una estratègia adequada per tal d'explorar les relacions consisteix a generar diferents models i comparar els seus resultats, utilitzant per exemple l'anomenat "*agreement index*" (el qual assigna un valor de concordança amb les dades per cada model, veure secció 6.1.2). Contràriament, altres investigadors (Dye *et al.*, 2023) han proposat l'anàlisi "post hoc" dels models com a mètode per explorar la probabilitat de cada tipus de relació, assumint inicialment independència entre les fases i adaptant l'àlgebra d'Allen per descriure diferents relacions entre els intervals (malgrat que la relació de contigüïtat difícilment pugui ser identificada).

Finalment, un altre *prior* informatiu que es pot incorporar en els models cronològics és la informació sobre la duració d'una fase o un hiatus, ja sigui en forma d'un valor exacte conegut o com una distribució estadística que representi el grau de certesa de què es disposa. Aquesta informació s'introdueix també com una restricció, limitant les distribucions a posteriori dels mesuraments o els límits de les fases per tal de satisfer-la. Per exemple, és possible imposar un mínim o un màxim d'anys entre els límits final i inicial de dues fases, o bé establir una distribució per modelar la distància entre aquests límits.

3.3.2. Estimació dels paràmetres i anàlisis dels resultats

En la formulació matemàtica dels models cronològics bayesians (vegeu apartat 6.1), tant els límits de les fases com els anys dels esdeveniments datats corresponen als paràmetres, els quals s'han d'estimar mitjançant el teorema de Bayes. No obstant això, el nombre de possibles combinacions entre paràmetres acostuma a ser excessivament alt com per aproximar una solució analítica, problema al qual s'hi afegeix la irregularitat de la corba de calibració. Per aquest motiu, el resultat dels models s'obté mitjançant la utilització dels mètodes de mostreig *Markov chain Monte Carlo* (MCMC), àmpliament

utilitzats per models bayesians (vegeu Buck & Meson, 2015). Aquests mètodes es basen en el mostreig iteratiu de les distribucions de probabilitat dels paràmetres, obtenint en cada pas de l'anàlisi una possible solució d'entre el conjunt total del model. Com a conseqüència de l'algoritme emprat, segons el qual cada mostra és dependent de l'anterior, la probabilitat d'una solució particular és directament proporcional a la seva densitat de probabilitat a posteriori (Bronk-Ramsey, 2009a), possibilitant l'aproximació d'aquestes a partir de les mateixes mostres (per exemple mitjançant un *Kernel Density Estimation*). La lògica subjacent d'aquests mètodes de mostreig consisteix a construir una cadena de Markov a partir d'uns valors inicials en els paràmetres, els quals aniran variant en cada iteració segons una funció aleatòria i un criteri d'acceptació (tenint compte la probabilitat a posteriori total del model). En teoria, el mètode garanteix l'exploració de tot l'espai mostral, sempre que el nombre d'iteracions sigui prou gran. No obstant això, els valors obtinguts en les primeres iteracions són sempre fortament dependents dels paràmetres inicials, per la qual cosa aquests acostumen a ser descartats al no ser representatius de la distribució a posteriori (l'anomenat *Burn-in*). Per altra banda, l'usuari ha de comprovar la convergència de l'algoritme, és a dir, ha d'assegurar-se de què el resultat pugui ser utilitzat per estimar les distribucions a posteriori dels paràmetres del model. Malgrat que molts dels *softwares* incorporin un sistema automàtic de verificació de la convergència (com OxCal), habitualment l'usuari executa múltiples vegades l'algoritme amb la intenció de comparar els resultats, acceptant els resultats si aquests no presenten una variació important entre execucions. Finalment, un altre factor a considerar és l'anomenat *thinning*, el qual consisteix en retindre només un subconjunt del resultat, amb la intenció de reduir la autocorrelació de les mostres generada pel mètode i aproximar-se el més possible a un mostreig independent (Buck & Meson, 2015).

Tal com s'ha assenyalat, la utilització adequada d'aquests mètodes requereix en realitat un coneixement tècnic especialitzat i una profunda comprensió dels seus fonaments i mecanismes, especialment a l'hora d'escollir el tipus d'algoritme en particular (per exemple *Gibbs sampler* o *Metropolis–Hastings algorithm*, vegeu Bronk-Ramsey, 2009a;

Buck & Meson, 2015), o les funcions dels mostrejadors dels paràmetres, a més dels aspectes descrits amb anterioritat.

4. Cas d'estudi: El Neolític mitjà a Catalunya

4.1. Historiografia

Els primers elements identificats del Neolític mitjà català van ser els enterraments en fossa, els quals Pere Bosch Gimpera va associar a una "cultura de sepulcres no megalítics", relacionant-los amb les manifestacions del sud-est peninsular. Aquest grup cultural es diferenciava de l'anomenada *Cultura de las Cuevas*, posteriorment vinculada amb la ceràmica "montserratina" (denominació que va fer servir Josep Colomines per designar la ceràmica cardial). Anys més tard, durant el bloqueig de la recerca catalana causat per la postguerra, Joan Maluquer de Motes va assenyalar els paral·lels de la "cultura dels Sepulcres de Fossa" (terminologia introduïda pels deixebles de Bosch Gimpera) amb les ceràmiques de "Bocca Quadrata" del Nord d'Itàlia, malgrat la forta influència que encara es tenia de la sistematització de Bosch Gimpera entre els cercles acadèmics. Ja en la dècada dels anys seixanta, Miquel Tarradell va proposar la desconexió de la "cultura dels Sepulcres de Fossa" i la "cultura d'Almeria", atribuint així una entitat pròpia per aquest grup cultural (Martín *et al.*, 2022b). En aquest context, es van suggerir diferents tipologies per la classificació dels enterraments, entre les quals cal destacar la sistematització de Muñoz (1965).

Paral·lelament, Jean Arnal va establir la divisió tripartita del Neolític en el territori francès, la qual consistia en un neolític inicial, mitjà i final relacionats amb els horitzons de les ceràmiques Cardial-Impreses, Chassey i Ferrières-Fontbouïse respectivament. No obstant això, la relació temporal entre l'horitzó Cardial i Chassey estava encara en debat, a causa de la falta de seqüències estratigràfiques clares (van Willigen *et al.*, 2011). Als anys setanta, Jean Guilaine va estendre (i sobretot augmentar) aquesta divisió tripartita al neolític català, en un context en què molts estudiants catalans van poder viatjar a França (entrant així en contacte amb noves metodologies i escoles de pensament). A partir de l'excavació de la Balme de Montboló (Pirineus Orientals), Guilaine i part dels seus deixebles van visitar diversos museus catalans amb la intenció de trobar paral·lels

amb els materials identificats, documentant així ceràmiques similars procedents de jaciments com la Cova de les Gritoreres (Vilanova de Sau) o la Cova del Toll (Moià) entre moltes d'altres (Guilaine *et al.*, 1972). Gràcies a aquestes revisions de materials i les noves intervencions, es va poder identificar un horitzó Montboló a Catalunya, que clarament relacionava les dinàmiques d'aquesta regió amb les observades en el Pirineu francès. En aquest sentit, la identificació de l'horitzó Montboló en el vessant nord del Pirineu es va vincular amb el descobriment de diferents grups ceràmics del sud-est francès (com Bizien, Fagien, Jouquien o els diferents grups "pre-chassey"), interpretats com el resultat d'un moment de fragmentació cultural que eventualment cobriria el buit cronològic entre els grups cardials i l'horitzó Chassey (van Willigen *et al.*, 2011; Guilaine *et al.*, 2022).

En les dècades posteriors, la investigació arqueològica de Catalunya va estar marcada per la introducció de nous mètodes d'excavació i registre, així com per la creació del Servei d'Arqueologia de la Generalitat de Catalunya. En aquest context, les intervencions de salvament van posar al descobert importants jaciments com la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès) (Llongueras *et al.*, 1982), Hort d'en Grimau (Castellví de la Marca) (Mestres, 1989) o Can Tintorer (Gavà) (Villalba *et al.*, 1986), ampliant considerablement el coneixement sobre el període del Neolític mitjà. Aquest nou panorama es va acompanyar de les primeres datacions radiocarbòniques de contextos catalans, especialment a partir de la creació del Laboratori de Datació per Radiocarboni de la Universitat de Barcelona en l'any 1985 (Martín, 1986-1989, Mestres *et al.*, 1991). El fet de poder precisar la cronologia absoluta dels horitzons neolítics catalans va influir notablement en la comprensió dels períodes, malgrat les limitacions i els problemes de representació d'aquesta època. En aquest sentit, el mètode de datació sovint requeria una gran quantitat de material, factor que comportava en molts casos la barreja d'ossos o carbons per un mateix mesurament (Oms *et al.*, 2016a).

Per altra banda, a mitjans dels anys setanta les excavacions a la Cova de la Font del Molinot (Pontons) van posar de manifest una nova fàcies ceràmica que no podia integrar-se en els conjunts dels horitzons Cardial o dels Sepulcres de Fosses, la qual

presentava produccions amb superfícies raspallades i nous elements decoratius (com els anomenats "bigotis"), a més d'elements de premsió, absents en els conjunts Montboló (Baldellou & Mestres, 1977; Mestres, 1981). Revisions posteriors van corroborar la seva associació cronològica amb l'horitzó Montboló, relacionant així aquesta fàcies (que es va anomenar ceràmica d'estil Molinot) amb el buit entre el Neolític cardial i el Neolític mitjà. En conseqüència, aquesta fase es va anomenar "Neolític antic Evolucionat Postcardial", terme definit per Guilaine a partir de les excavacions a Grotte Gazel (Salleles-Cabardès) i Grote Montboló (Guilaine *et al.*, 1972). D'aquesta manera s'emfatitzava la seva relació amb les produccions de període anterior, considerant-la com un "darrer grau d'evolució a partir del substrat cardial" atesa la seva semblança tipològica (Mestres, 1981).

Al mateix temps, la cada cop més clara presència de ceràmiques Montboló a Catalunya va permetre realitzar estudis més detallats sobre les formes i característiques decoratives (Petit & Rovira, 1981), posant de manifest la seva naturalesa com a elements de "transició" entre les fases ja conegudes. En aquest sentit, tant la desaparició de les decoracions (en favor de superfícies llises) com l'evolució de les tipologies va comportar que alguns investigadors insistissin en la seva relació amb el Neolític mitjà, malgrat que generalment es consideressin més properes a les formes del Cardial i es rebutgés una gènesi de les produccions dels Sepulcres de Fossa a partir de l'horitzó Montboló (Petit & Rovira, 1981). Així doncs, la definició d'aquests grups "precursors" del Neolític mitjà va implicar l'abandonament de les explicacions difusionistes dels anys cinquanta, especialment en referència a l'arribada de grups ètnics relacionats amb les ceràmiques Chassey del sud-est francès (van Willigen *et al.*, 2011), atès que molts dels elements definitoris d'aquesta fase apareixien gradualment en els horitzons considerats com anteriors (factor que indicava algun tipus d'evolució estilística, malgrat les dificultats en concretar-la).

Tant la revisió dels materials localitzats en els museus com la proliferació de noves excavacions van ajudar a circumscriure l'horitzó de ceràmiques Molinot a les estacions situades al sud del Llobregat, especialment a la regió penedesenca i el Camp de

Tarragona. Tanmateix, es va constatar la distribució de les ceràmiques Montboló des del nord de Llobregat fins al Pirineu, amb els seus límits occidentals en el Solsonès (existint jaciments amb materials mixtos Molinot i Montboló en les proximitats de la plana de Barcelona). Posteriorment, es van identificar altres fàcies ceràmiques relacionades amb aquesta fase, com les "Boques de l'Ebre" a la desembocadura del riu del mateix nom (Esteve, 2000), Juberrí en l'àmbit pirenaic (Fortó & Vidal, 2016) o el recentment definit grup d'Auvelles per la plana de Lleida (Oms *et al.*, 2019a). Així doncs, aquesta clara regionalització en les produccions ceràmiques es considera una característica de la fase cronològica compresa entre el Neolític antic i l'horitzó dels Sepulcres de Fossa, la qual sovint s'ha interpretat com un moment de fragmentació territorial i conformació d'identitats culturals diferenciades.

Aquesta fragmentació tindria efectivament el seu paral·lel amb la situació observada a França, en la que s'havien identificat diversos grups regionals que podrien conformar els estadis previs al Chassey. No obstant això, estudis posteriors van posar de manifest que només les fàcies Fagien i el "pre-chassen" de Fontbrégoua podrien ser considerats candidats d'una fase precursora (atesa la manca d'un epicardial recent en regions com la Provença), essent els horitzons de Montboló i Bize molt probablement contemporanis a la formació del grup Chassey (van Willigen *et al.*, 2011). En aquest sentit, resulta interessant assenyalar la presència de ceràmiques d'afinitat Chassey en alguns dels jaciments catalans, localitzats tant en contextos Montboló com Molinot, així com en la fase posterior dels Sepulcres de Fossa (la qual cosa indica una clara relació de contemporaneïtat entre aquests horitzons, i evidencia l'existència de contactes entre la regió de Catalunya i el sud-est francès).

Aquest factor, entre d'altres, ha incentivat que en els darrers anys s'hagi replantejat la periodització del Neolític català, passant a considerar-se els contextos Postcardials com a fases contingudes dins del Neolític mitjà. Així doncs, el període del Neolític antic es contempla avui dia com el conjunt d'horitzons associats al procés de neolitització, amb un episodi "pioner" d'expansió poc conegut (i que podria estar relacionat amb l'horitzó de la ceràmica *Impressa*, Mestres, 1992; Oms *et al.*, 2021a), un moment de consolidació

de les comunitats productores (l'horitzó Cardial), i un darrer estadi d'evolució en el que les decoracions anteriors desapareixen en favor d'altres motius impresos i incisos (l'anomenat estil Epicardial). El Neolític mitjà, doncs, s'iniciaria amb el declivi d'aquestes produccions de ceràmiques decorades i l'aparició de nous tipus i estils, configurant una fase que s'ha anomenat recentment Neolític mitjà Inicial (Mestres & Esteve, 2016; Edo *et al.*, 2019a; Martín *et al.*, 2022a; Tarrús & Carreras, 2022). Aquesta fase tindria forts vincles amb les esferes culturals del sud-est francès, participant d'alguna manera en les seves transformacions socioculturals. No obstant això, cal assenyalar la clara connexió transpirinenca ja des del període anterior (en especial en referència a les fàcies ceràmiques observades durant la fase Epicardial), factor que podria indicar l'existència de mecanismes comuns durant la desintegració dels grups epicardials i el sorgiment d'aquestes noves identitats culturals.

D'acord amb això, el període conegut com els Sepulcres de Fossa passaria a considerar-se com la fase final del Neolític mitjà, configurant l'anomenat Neolític mitjà Ple. En aquest sentit, l'aparent homogeneïtat d'aquesta fase ha estat recentment revisada i discutida, documentant-se diferents horitzons regionals associats sobretot a tradicions funeràries diferenciades. Així doncs, en el Prepirineu i el Pirineu, així com en certes parts de la Depressió Central, s'ha identificat un horitzó d'aquesta fase anomenat Solsonià (Castany, 2008), el qual es caracteritza pel tipus d'estructures funeràries (les cistes) i l'escassa o nul·la informació relativa a l'hàbitat. Per altra banda, les excavacions en jaciments com Ca n'Isach (Palau-saverdera) (Tarrús, 2017) van posar de manifest l'existència d'una fàcies ceràmica estretament relacionada amb l'horitzó Chassey, la qual es va anomenar Empordanès. Aquest grup regional, limitat a les comarques actuals de l'Alt i Baix Empordà (així com al Pla de l'Estany), estaria associat amb manifestacions funeràries força variades, entre les que destaquen cistes (amb túmul o sense), dòlmens i Sepulcres de Corredor, configurant el que alguns autors consideren les gènesis arquitectònica del megalitisme (Tarrús & Carreras, 2022).

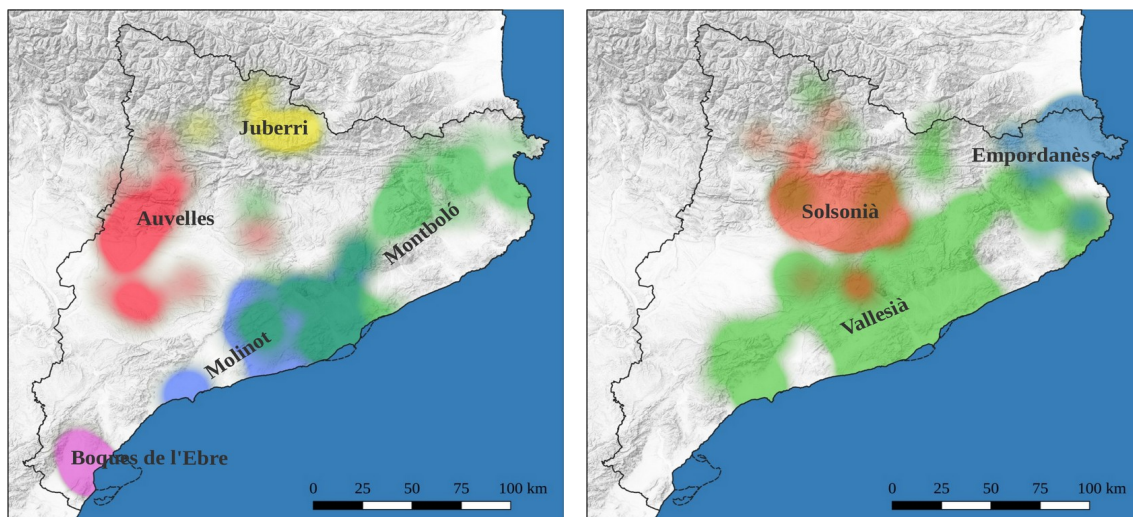


Fig. 1. Esquerra: mapa de distribució dels jaciments de la fase NMI, d'acord amb les fàcies Molinot, Montboló, Auvelles, Juberri, i Boques de l'Ebre. Dreta: mapa de distribució dels jaciments de la fase NMP, d'acord amb les fàcies del Solsonià, l'Empordanès i el Vallesià de Sepulcres de Fossa.

4.2. Manifestacions funeràries

Una de les característiques més destacades del Neolític mitjà és la visibilitat del món funerari, el qual experimenta una dinàmica de creixement gradual fins a convertir-se en un dels aspectes més documentats de la fase NMP (en la que s'observa una clara sobrerrepresentació d'aquestes manifestacions en detriment dels contextos d'hàbitat). En el període del Neolític antic les evidències d'inhumacions són en general escasses i poc conegudes, mostrant una tendència a la utilització de cavitats per dipositar els difunts, com en els casos de Cova Bonica (Vallirana), Cova de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles) o Can Sadurní (Begues) (Oms *et al.*, 2017; Gibaja *et al.*, 2018b; Edo *et al.*, 2019b). Per altra banda, es documenten alguns enterraments individuals a l'aire lliure, entre els quals destaca la fossa circular de la Plaça de la Vila de Madrid a Barcelona (Pou *et al.*, 2010), sense materials diagnòstics, però amb una datació que la situa en l'horitzó Cardial. Posteriorment, s'observen altres enterraments en fossa associats possiblement a ocupacions de l'horitzó Epicardial, entre els que hi figuren Ca l'Estrada (Canovelles) (Subirà *et al.*, 2015) o Reina Amàlia 31 (Barcelona) (González *et al.*,

2011), tots ells situats cronològicament en un moment en què ja es disposa de contextos del Neolític mitjà datats.

Durant el NMI continua documentant-se l'ús de les cavitats com recintes funeraris, amb clars exemples com Can Sadurní (Edo *et al.*, 2019a) o les coves del Pasteral (la Celler de Ter) (Bosch, 1985). Tanmateix, les inhumacions en fossa o en estructures reutilitzades (com sitges) proliferen notablement durant aquesta fase, les quals acostumen a ser individuals i en ocasions múltiples (de fins a cinc individus). Deixant de banda algunes excepcions, els més antics d'aquest tipus es documenten a partir de la segona meitat del cinquè mil·lenni, amb un notable increment a partir del 4200 ANE. La seva distribució sembla ser força homogènia per tot el territori català, amb una clara presència tant a les planes litoral i prelitoral com a les Terres de l'Ebre (Bosch *et al.*, 2023) i els Pirineus (Yàñez *et al.*, 2002). Les estructures acostumen a aparèixer aïllades o en petites agrupacions, però en alguns casos poden arribar a conformar el que semblen les primeres necròpolis, com el cas de Sant Pau del Camp (Barcelona), amb 24 inhumacions (Molist *et al.*, 2012). Aquest fenomen d'enterraments individuals en fossa reforça les evidències d'un vincle cultural transpirinenc, en presentar clars paral·lels amb les formes d'enterrament observades tant en l'esfera Chassey com amb el grup Cortaillod de Suïssa (Morell *et al.*, 2018a). Així doncs, aquest aspecte del Neolític mitjà formaria part d'un fenomen a gran escala, molt possiblement vinculat a les transformacions socioeconòmiques de les comunitats humanes d'aquest període.

En efecte, la ràpida renovació de la cultura material evidenciada a finals de la del NMI comportaria també una transformació en les manifestacions funeràries, conformant una nova realitat arqueològica en la fase del NMP. En aquest sentit, resulta interessant la progressiva disminució de la tradició dels enterraments en fossa en les regions franceses, que segons les datacions actuals s'iniciaria al voltant del canvi de mil·lenni (Morell *et al.*, 2018a), tot i que es continuen documentant fins a l'inici del Neolític final, amb exemples com Coste Rouge (Beaufort), Les Clavelles (Lurs), Sauzàs (Blagnac) o Les Martines (Roussillon) entre d'altres (Schmitt, 2015; Tchéremissinoff, 2016; Pons *et al.*, 2018). Aquest factor contrasta amb la realitat observada en el territori català, en el

que s'experimentaria un important increment d'aquesta pràctica funerària, posant de manifest una eventual fractura cultural entre els territoris del nord i el sud dels Pirineus (malgrat la clara intensificació dels contactes i la circulació de materials). En efecte, un dels aspectes més destacats de la fase del NMP és l'increment de les inhumacions individuals (i puntualment dobles i triples), les quals conformen en molts casos espais identificats com a necròpolis. Tanmateix, s'observa una diferenciació en les tipologies d'enterrament, que tindrien els seus fonaments en una certa regionalització territorial. Aquesta diferenciació es manifestaria en els enterraments en fossa de l'esfera del Vallès, les inhumacions en cista de la regió de Solsona i el Pirineu Central, i els primers Sepulcres de Corredor (així com altres expressions similars al megalitisme) en la regió de l'Empordà, les quals presentarien també tipologies diferenciades d'acord amb la seva cronologia (Castany, 2008; Tarrús & Carreras, 2022; Martín *et al.*, 2022a).

4.3. Aspectes socials i econòmics

Recentment, certs investigadors (Oms *et al.*, 2016a; Martín *et al.*, 2022a) han interpretat el darrer moment del NMI al Penedès com un episodi de creixement agropecuari i demogràfic, el qual hauria afavorit cert protagonisme en les xarxes d'intercanvi transpirinenques permetent la circulació de materials procedents de Llenguadoc, Provença, i nord d'Itàlia, reforçant les dinàmiques de transformació socioeconòmica internes. Aquest apogeu de l'esfera Molinot, juntament amb altres aspectes com l'augment de les diferències socials o la prominència de certs grups (o individus) dins de les comunitats, fomentarien el canvi cultural observat en la següent fase, el qual vindrà acompanyat d'una eventual reestructuració territorial que implicaria la basculació demogràfica entre la zona del Penedès i el Vallès (Oms *et al.*, 2016a; Martín *et al.*, 2022a).

Aquesta hipòtesi guanya credibilitat en considerar-se les primeres fases de l'explotació minera de Can Tintorer, en la que s'observa la presència de materials de la fàcies Molinot en algunes estructures, com la S1 (Martín *et al.*, 2022b; Morell *et al.*, 2023). Efectivament, l'augment de les diferències socials (afavorides pel creixement econòmic

de la regió penedesenca) originaria una forta demanda de béns de prestigi, la qual hauria permès la dedicació d'una part de la població a les tasques mineres. Aquesta especialització queda palesa en els signes d'estrès ocupacional dels difunts enterrats en les galeries amortitzades, així com en els seus aixovars, entre els que hi figuren elements associats als treballs miners (Martín *et al.*, 2022b). D'aquesta manera, l'activitat de Can Tintorer durant la fase del NMI hauria transformat gradualment molts aspectes socioeconòmics de la regió, generant una dinàmica que potenciarà els intercanvis a llarga distància i reforçaria els vincles transpirinencs, retroalimentant les dinàmiques de diferenciació social. Aquests intercanvis es manifestaran amb l'arribada de materials exògens, especialment durant la fase del NMP, com el sílex melat del sud-est francès, les destrals de roques metamòrfiques alpines, els vasos ceràmics de tipus "Bocca Quadrata" o l'obsidiana de la Sardenya (Terradas & Gibaja, 2002; Terradas *et al.*, 2014; Morell *et al.*, 2023).

Per altra banda, s'han identificat recentment dinàmiques de transformació econòmica comunes per les regions de Catalunya, el sud-est francès, Suïssa i el nord d'Itàlia, entre les quals destaca una substitució en el tipus de cultius que coincidiria cronològicament amb els altres canvis de tendència assenyalats. Concretament, aquest canvi comportaria l'abandonament dels cereals de tipus *free-threshing* a favor de taxons de tipus *glume wheats*, amb implicacions tant per les pràctiques de conreu com per les tasques de processat i emmagatzematge (Antolín *et al.*, 2024). Aquesta substitució, per la que no és possible traçar un gradient d'expansió amb les dades actuals, sembla presentar certa coherència pel que fa als taxons representats (*emmer*, *einkorn* i *Timophevi's wheat*), plantejant la possibilitat d'una introducció en forma de "paquet". Les hipòtesis sobre l'origen d'aquests canvis sovint s'han centrat en les influències externes o els factors climàtics, mecanismes que no ofereixen una explicació plenament satisfactòria. Per aquest motiu, Antolín *et al.* (2024) han hipotetitzat un canvi motivat per proliferació de plagues, explicació que serà explorada en propers estudis.

És possible, doncs, que aquestes transformacions es donessin en un context de profunds canvis interns en les societats dels grups regionals (augment de les desigualtats,

creixement econòmic o demogràfic, etc.), els quals s'influenciarien mútuament a causa dels seus forts vincles territorials, i compartirien eventualment alguns episodis disruptius (com per exemple les possibles plagues). El resultat d'aquestes transformacions es materialitzaria en nous grups regionals, la identitat dels quals es reforçaria amb la interacció entre els territoris, generant una reconfiguració de les estructures socials, econòmiques i culturals diferenciada.

En termes generals, l'hàbitat de la fase del NMI està millor documentat que el de la fase posterior, en part a causa del biaix provocat per la sobrerepresentació de les manifestacions funeràries del final del període. Les intervencions actuals continuen mostrant una major visibilitat dels hàbitats de la fase inicial, provocant en certs casos un important desconeixement d'aquests contextos durant la fase del NMP. Concretament, en les darreres dècades s'han identificat un gran nombre de jaciments de la fase inicial interpretats com a poblats "complexos", en els que es documenta una important varietat d'estructures funcionals. Alguns exemples d'aquests poblats es localitzen en les comarques gironines, el pla de Barcelona, el Penedès, la plana Occidental o inclús en la zona d'Andorra i la Cerdanya. En ells es constata la presència de diversos tipus de fosses i cubetes (a vegades estereotipades), un gran nombre de forats de pal i alguns fons de cabana (que poden ser de grans dimensions), sovint acompanyats de concentracions d'estructures de tipus sitja. A banda dels usos funeraris, es documenta també en la fase NMI un ús recurrent de les cavitats com a indrets associats a l'hàbitat, les quals són utilitzades com llocs d'emmagatzematge, estabulació d'animals o refugis estacionals.

Aquesta situació sembla transformar-se profundament durant la fase NMP, amb l'eventual disminució de les ocupacions en cova (que passen a ser marginals) i una clara dificultat per identificar els contextos d'hàbitat a l'aire lliure. Específicament, els poblats "complexos" semblen disminuir en nombre en la regió de Girona (amb l'excepció de Ca n'Isach), a la vegada que es documenta una important manca de dades tant al pla de Barcelona com a les zones del Pirineu, la plana occidental o les comarques del sud de Catalunya. Aquesta falta d'informació referent a l'hàbitat contrasta amb la ja esmentada major visibilitat del món funerari durant la fase NMP, la qual en molts casos pot

comportar una lectura esbiaixada sobre l'impacte demogràfic de les comunitats humanes. En aquest sentit, les interpretacions sobre la incidència poblacional s'han recolzat sovint en el nombre de jaciments, sense aplicar una valoració crítica referent a la representativitat que les manifestacions funeràries podrien tindre sobre els contextos habitacionals. Aquest podria ser el cas de la regió de Solsona i el Pirineu Central, en la que s'han documentat un gran nombre d'estructures funeràries aïllades de tipus cista, però en la que els contextos d'hàbitat són pràcticament desconeguts (tant per la fase Inicial com per la del Neolític Mitjà Ple). Aquesta manca d'informació afecta també les interpretacions que es podrien formular respecte a les capacitats de producció agrària, atès que en moltes regions les dades sobre les capacitats de les estructures d'emmagatzematge són molt reduïdes o inclús inexistents per la fase NMP.

Contràriament, per la zona de la depressió prelitoral es disposa d'un coneixement exhaustiu gràcies al gran nombre d'intervencions realitzades en els darrers anys, permetent una comparació entre les dues fases del període. Concretament, per la zona del Penedès s'observa un important declivi en el nombre de jaciments i d'estructures de tipus sitja en el canvi entre el NMI i el NMP (Mestres & Esteve, 2016), documentant-se també un canvi en les estratègies d'emmagatzematge, les quals passen d'unes capacitats al voltant dels 700 litres a més de 1000 (Oms *et al.*, en premsa). Tanmateix, durant la fase del NMP la regió del Penedès no disposa de jaciments que es puguin considerar necròpolis, mentre que es documenta un poblat "complex" (La Serreta, Vilafranca del Penedès) amb un gran fons de cabana, un possible fossat o estacada i una possible sitja comunal o d'acumulació d'excedent (de més de 3500 litres de capacitat) (Oms *et al.*, 2024).

Per altra banda, l'ocupació del Valès durant fase del NMI no presenta importants agrupacions de sitges (52 en total), així com tampoc la presència de poblats "complexos" (amb l'excepció de Ca l'Estrada, a l'inici de la fase). Al contrari, sembla experimentar un augment significatiu d'estructures funeràries i d'emmagatzematge durant la fase NMP (concretament, 128 sitges en total), interpretat com a evidència d'un possible creixement demogràfic. Efectivament, en aquesta fase del Neolític mitjà

vallesià es documenten grans agrupacions d'inhumacions, entre els que destaca el complex de Bòbila Madurell-Can Gambús (Roig & Coll, 2007; Martín *et al.*, 2017). En aquestes necròpolis s'identifiquen enterraments amb importants aixovars funeraris, amb la presència de nuclis de sílex melat, denes de variscita, peces d'obsidiana o ceràmiques de l'esfera Chassey i el nord d'Itàlia (Terradas & Gibaja, 2002; Terradas *et al.*, 2014; Borrell *et al.*, 2015; Martín *et al.*, en premsa). Tanmateix, la producció agrària sembla incrementar-se, amb un clar augment en el nombre de sitges i la presència d'estructures amb grans capacitats (que ocasionalment arriben fins als 3400 litres) (Oms *et al.*, en premsa). Així doncs, aquesta transformació asimètrica entre les regions del Penedès i el Vallès podria estar reflectint una reconfiguració territorial i poblacional associada als processos de canvi socials, econòmics i culturals viscuts al voltant de l'any 4000 ANE, en part articulats per l'activitat minera de Can Tintorer, jaciment que es localitza entre els dos territoris.

5. Materials

5.1. Datacions radiocarbòniques i jaciments arqueològics

Les dades referents a la informació cronomètrica han estat obtingudes gràcies a la recopilació prèvia de datacions radiocarbòniques, així com a la utilització de les bases de dades publicades en revistes especialitzades i treballs específics (Schmid *et al.*, 2019; Martínez-Grau *et al.*, 2021). Tanmateix, en el present treball s'han inclòs diverses determinacions radiocarbòniques inèdites, procedents de projectes d'investigació en curs o en fase de publicació dels resultats, les quals han estat cedides amb la condició de no ser referenciades. Els contextos d'aquestes datacions han estat revisats tant en la literatura acadèmica com en les memòries d'excavació dipositades en el Servei de Patrimoni Arqueològic i Paleontològic de la Generalitat de Catalunya, amb la intenció d'avaluar la seva associació amb la cultura material i la tipologia de les manifestacions del període estudiat.

D'aquesta manera, ha estat possible classificar cada una de les datacions utilitzades en el present treball segons la seva associació amb les fases arqueològiques NMI i NMP, d'acord amb el criteri de presència o absència dels elements diagnòstics en els jaciments. En aquest sentit, s'han utilitzat preferentment els elements ceràmics com indicadors de les fases (específicament els estils decoratius i la tipologia de cada una de les fàcies), a més d'altres indicis com la tipologia dels enterraments o l'abundància relativa d'elements exògens. En certs casos, la classificació de les mostres ha estat realitzada d'acord amb hipòtesis de treball específiques, especialment aquelles en la que l'associació era problemàtica o no es disposava d'informació suficient. Així doncs, s'ha elaborat un annex (Annex A) el que s'han detallat els criteris de classificació de cada una de les datacions radiocarbòniques pels diferents jaciments considerats en l'estudi, així com una descripció dels contextos arqueològics i les seves implicacions amb relació al cas d'estudi. En total s'han utilitzat 342 datacions radiocarbòniques, procedents de 82 jaciments diferents.

Per altra banda, les dades dels jaciments utilitzades en l'anàlisi aorístic han estat obtingudes mitjançant l'esforç conjunt de la comunitat arqueològica especialitzada en el període del Neolític mitjà de Catalunya, com a resultat de la celebració del congrés "El Neolític mitjà a Catalunya" (celebrat el 12 d'octubre de 2023 al Museu Diocesà i Comarcal de Solsona). Aquesta base de dades ha estat confeccionada a través de la informació disponible en el Servei de Patrimoni Arqueològic i Paleontològic de la Generalitat de Catalunya, la qual ha estat exhaustivament revisada i ampliada pels experts d'aquest període. Així doncs, han estat detallades tant les fàcies ceràmiques representades en els diferents jaciments, com les seves diferents tipologies funcionals (hàbitat, aspectes funeraris, etc.), permetent la classificació d'aquests contextos amb relació a les fases NMI i NMP.

Tanmateix, pel present treball s'han unificat els jaciments que figuraven amb múltiples entrades en el registre de la base de dades (com per exemple les necròpolis del Solsonià o les múltiples entrades individuals de les mines de Can Tintorer), amb la intenció de no generar una sobrerrepresentació d'aquests contextos en l'anàlisi aorístic. Finalment, les coordenades geogràfiques que faltaven s'han introduït en la base de dades a través de la consulta dels jaciments en el Geoportal de Patrimoni Cultural de la Generalitat de Catalunya (<https://sig.gencat.cat/portalsigcultura.html>), així com amb la seva localització individual mitjançant les descripcions publicades en la literatura arqueològica. Els contextos amb una associació incerta amb els materials diagnòstics de les fases (especificats com NMI? i NMP?) han estat exclosos de la base de dades, en no haver-se plantejat un tractament específic per aquests casos en el desenvolupament de la metodologia. Així doncs, s'han obtingut uns 171 contextos associats a la fase NMI i 276 a la fase NMP, d'un total de 421 jaciments arqueològics.

5.2. Definició de les regions d'estudi

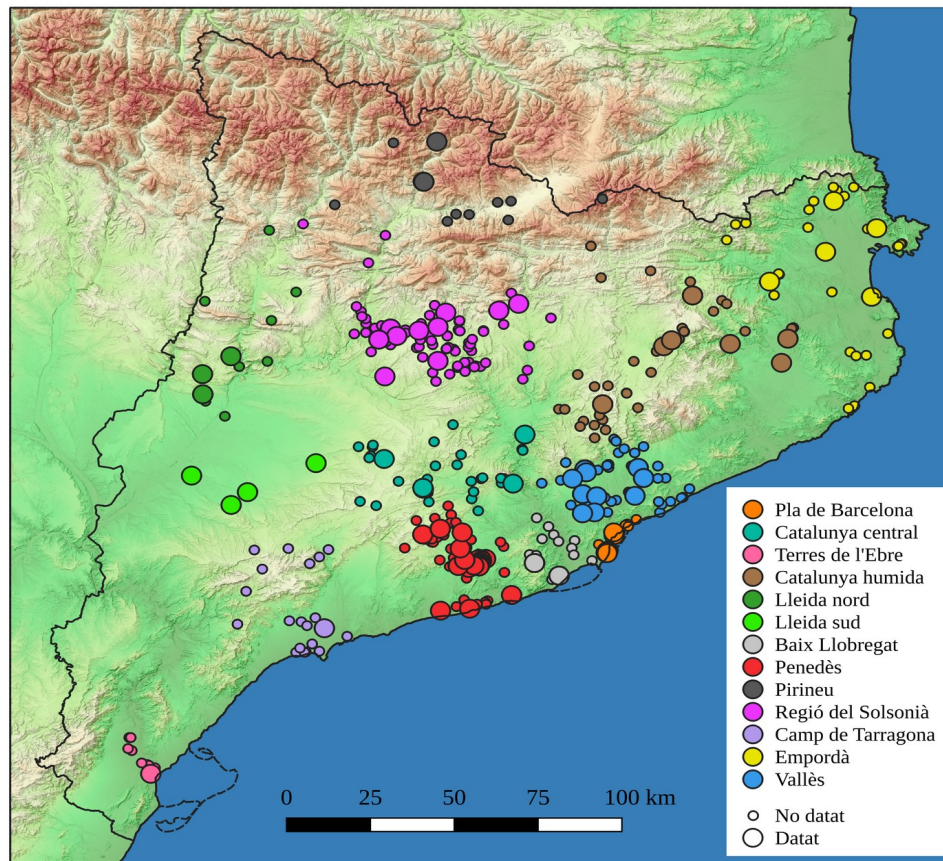


Fig. 2. Mapa dels jaciments inclosos en el treball, d'acord amb la definició de les regions d'estudi. La diferència en la mida dels punts indica si el jaciment disposa o no d'informació cronomètrica.

Amb la intenció de dur a terme les anàlisis plantejats en el present estudi, tant els contextos de les datacions arqueològiques com els jaciments han estat classificats d'acord amb una sèrie de regions d'estudi. Aquestes regions han estat definides amb criteris tant arqueològics com geogràfics, obtenint així una classificació pràctica que reflecteixi d'alguna manera els aspectes territorials de les comunitats del Neolític mitjà. A continuació es descriuen els criteris de classificació, especificant per cada regió els contextos dels quals es disposa de datacions radiocarbòniques, així com en nombre total de jaciments de cada fase.

Empordà

Aquesta regió la configura la comarca històrica catalana de l'Empordà (també coneguda com la regió de la Tramuntana). Per l'actual treball, la regió està definida pels jaciments de les comarques actuals de l'Alt Empordà, el Baix Empordà i el Pla de l'Estany, així com l'Alta Garrotxa.

La fase del NMI està representada estrictament per jaciments de la fàcies Montboló. Hi figuren diversos jaciments d'hàbitat, un dels quals (Ca n'Isach, Palau-saverdera) presenta estructures complexes. En l'aspecte funerari destaquen dues coves sepulcral i un enterrament en cista amb túmul (Vilanera, L'Escala), situat a escassos metres d'una petita agrupació de sitges de la mateixa cronologia. En total es disposa de 11 jaciments associats amb el NMI.

Pel que fa a la fase del NMP, aquesta regió inclou tots els jaciments de la fàcies Empordanès, així com algunes estacions associades amb la fàcies del Vallesjà. L'hàbitat està representat tan sols per uns pocs jaciments, entre els que destaquen el poblat de Ca n'Isach i la Serra del Mas Bonet (Vilafant). Tots els assentaments domèstics s'associen a materials de la fàcies Empordanès. Contràriament, el món funerari està àmpliament representat, amb manifestacions variades que inclouen cistes (amb o sense túmul), dòlmens, sepulcres de corredor i fosses. El sud de la regió presenta enterraments associats majoritàriament a la fàcies del Vallesjà, sense evidències d'hàbitat. Finalment, les zones de la Bisbal de l'Empordà i el Pla de l'Estany mostren una possible convivència entre les fàcies del Vallesjà i l'Empordanès. En total, aquesta fase compta amb 28 jaciments.

Es disposa de cinc jaciments amb datacions. El poblat de Ca n'Isach (Tarrús *et al.*, 2016; Tarrús, 2017) està representat en les dues fases, mentre que per la Cova d'en Pau (Tarrús & Bosch, 1990) només es disposa d'una datació de la fase NMI. Tanmateix, el túmul de Vilanera (Codina *et al.*, 2021; Tarrús & Carreras, 2022) compta amb tres datacions radiocarbòniques, dues de les quals massa recents per associar-se al únic vas Montboló

recuperat. Finalment, el Sepulcre de Tires Llargues (Tarrús & Carreras, 2022) i la Serra del Mas Bonet (Rosillo, 2011) han proporcionat datacions associades amb materials de fase NMP.

Catalunya humida

Regió definida principalment pel seu règim pluviomètric. La conformen les comarques actuals d'Osona, el Gironès i el Moianès, així com el nord-oest de la Selva i les zones sud del Ripollès i la Garrotxa. S'han inclòs els jaciments del municipi de Caldes per criteri de proximitat, a més de la Cova de l'Endal (Gallifa), en considerar-la en el límit muntanyós d'aquesta regió.

Els jaciments de la fase del NMI presenten una clara associació amb la fàcies Montboló, amb alguns contextos mixtos (amb Montboló i Molinot) en la zona del Moianès. Es constaten diversos assentaments d'hàbitat (alguns en cova), entre els quals destaca el jaciment a l'aire lliure de la Dou (La Vall d'en Bas), amb diverses estructures de combustió estereotipades en cubeta, fosses i evidències d'estructures aèries. El món funerari està representat principalment per coves, així com algunes cambres amb túmul en el municipi de Tavertet, associades a materials Montboló. Aquesta fase suma un total de 15 jaciments.

Pel que fa a la fase del NMP, els jaciments s'associen a la fàcies del Vallesità. Pràcticament, es desconeix l'hàbitat a l'aire lliure d'aquesta fase, excepte pel jaciment de Les Goges (Sant Julià de Ramis), molt proper a la Necròpolis de Sant Julià de Ramis. Tanmateix, es documenten diverses cavitats d'ús domèstic. Per altra banda, es disposa d'un elevat nombre de jaciments estrictament funeraris, entre els que hi figuren enterraments aïllats i algunes necròpolis, com Puig d'en Roca (Girona) o Can Gelats (Aiguaviva). La tipologia dels enterraments inclou fosses i cistes (amb túmul i sense). En total, la fase del NMP compta amb 29 jaciments.

S'han datat set jaciments d'aquesta regió. Per les coves de Grioterres (Castany, 1995) i Pixarelles (Àlvarez *et al.*, 2022) es disposa de datacions de les dues fases, mentre que la Cova del Toll (Oms *et al.*, 2020) només està representada per l'ocupació de la fase NMI. D'aquesta fase també es disposa de datacions del jaciment de La Dou (Alcalde *et al.*, 2012; Alcalde *et al.*, 2016; Picart, 2014; Cámara, 2022) i la Cova del Pasteral (Bosch, 1985; Mestres *et al.*, 1991). Finalment, s'han datat les necròpolis de Puig d'en Roca (Gibaja *et al.*, 2017b; Gibaja *et al.*, 2017c) i Can Gelats (Augé & Subils, 2017; Gibaja *et al.*, 2017b), associats a la fase del NMP.

Vallès

Regió definida per les comarques actuals del Vallès Oriental i Vallès Occidental, a excepció de la Cova de l'Endal, que ha estat inclosa en la regió de la Catalunya humida. Els municipis de Bigues i Riells del Fai, la Garriga i l'Ametlla del Vallès, tot i poder-se considerar de la Catalunya Humida, s'han integrat en aquesta regió en considerar-se més relacionats amb l'esfera cultural del Vallès. Tanmateix, s'han inclòs els jaciments de la comarca actual del Maresme, atès que representa una zona marginal sense dades radiomètriques i amb escassos vestigis del Neolític mitjà, més relacionada amb el Vallès que amb el Pla de Barcelona (excepte pel municipi de Tiana, que s'ha incorporat a la regió del Pla de Barcelona per criteri de proximitat).

La fase del NMI en aquesta regió està relativament poc representada en comparació amb la fase posterior. Compta amb un total de 11 jaciments, tots amb evidències d'hàbitat. En alguns jaciments es constata la presència d'estructures funeràries en contextos domèstics, com en el cas dels Mallols o Ca l'Estrada (Canovelles). Els materials ceràmics remetent tant a la fàcies Molinot com Montboló, excepte en alguns jaciments, com Ca l'Estrada, en els que tan sols es documenten decoracions en forma de "bigotis" i cordons llisos.

Contràriament, la fase del NMP engloba una gran quantitat de jaciments, alguns d'ells amb evidències d'hàbitat, com la Bòbila Madurell (Sabadell), amb un gran fossat de més

de 20m. Malauradament, les estructures de tipus domèstiques són escassament conegudes, amb un gran nombre de sitges però sense gaires indicadors d'estructures complexes. Per altra banda, l'aspecte funerari està extensament documentat, amb un gran nombre de necròpolis i alguna estructura funerària aïllada. Els contextos arqueològics d'aquesta fase remetent a la fàcies del Vallesià, amb un total de 41 jaciments.

Es disposa d'onze contextos amb datacions. Associats només a la fase del NMI es compta amb els jaciments de Ca l'Estrada (Roig *et al.*, 2020; Roig, 2023), Vinya del Regalat (Vicente, 2008) i Els Mallols (Francès, 2007), mentre que per la fase del NMP es disposa de datacions del Camí de Can Grau (Pou & Martí, 2018a; Morell *et al.*, 2018b), Bòbila d'en Joca (Martín & Casas, 2018), Horts de Can Torras (Roig & Coll, 2018; datacions inèdites), Plaça Major de Castellar (Roig, 2018a), Ca l'Arnella (Pou & Martí, 2018b; datació inèdita), Bòbila Madurell (Martín *et al.*, 2017; Gibaja *et al.*, 2017a; Roig & Coll, 2011) i Can Fatjó dels Aurons (Roig, 2018b). Finalment, Can Roqueta (Carlús *et al.*, 2008; Oliva *et al.*, 2018) presenta datacions de les dues fases, una de les quals associada a un vas Chassey.

Pla de Barcelona

Aquesta regió engloba tots els jaciments del Pla de Barcelona, excepte el municipi de l'Hospitalet del Llobregat, que ha estat inclòs en la regió del Baix Llobregat. Per l'est arriba fins al Turó de Montgat, incorporant el municipi de Tiana (en el qual es documenta un sol jaciment, massa allunyat del nucli de la comarca del Maresme).

La fase del NMI està molt ben representada, amb una important agrupació de jaciments en l'actual barri del Raval, els quals corresponen a ocupacions de tipus domèstica amb algunes estructures funeràries. Aquest complex arqueològic presenta una àmplia varietat d'estructures, com un fons de cabana en el Carrer Reina Amàlia 31-33 (amb estructures exteriors associades, entre les quals destaquen dos enterraments infantils), una gran estructura de combustió en Reina Amàlia 38-38bis, o una agrupació de fosses funeràries

a Sant Pau del Camp, jaciment que ha estat interpretat com un espai de doble ús (hàbitat i necròpolis). Els materials ceràmics recuperats en aquests jaciments remetent tant a la fàcies Montboló com Molinot, amb certes reminiscències arcaiques en el jaciment del Conservatori del Liceu, així com una absència d'aquests estils en Sant Pau del Camp, on només s'han recuperat decoracions en forma de "bigotis". Tanmateix, es documenta una segona zona ocupada en el jaciment de LAV Sagrera Josep Soldevila 1, en el que han aparegut una gran quantitat d'estructures i un enterrament infantil, amb ceràmiques que tampoc presenten els motius decoratius de les fàcies Montboló o Molinot (Gómez & Molist, 2023). Finalment, s'ha inclòs en aquesta zona el jaciment de Baetulo, en el que han aparegut materials tant de la fase NMI com NMP. En total, aquesta regió compta amb 10 jaciments associats a la fase del NMI.

Per la seva banda, la fase NMP d'aquesta regió compta amb un assentament de caràcter domèstic, LAV Sant Andreu, en el que també va aparèixer un enterrament en sitja. Tanmateix, es documenten diversos jaciments de tipus funerari, mostrant una major dispersió pel territori de la regió. Tant la zona de LAV sagrera com l'actual barri del Raval denoten una continuïtat en l'ocupació entre les dues fases estudiades, factor que podria indicar una certa persistència en els patrons d'assentament d'aquesta regió. De la mateixa manera que en la fase l'anterior, el NMP d'aquesta regió inclou un total de 10 jaciments.

Es disposa de nou jaciments datats, entre els que hi figuren les ocupacions de LAV Sagrera Josep Soldevila 1 (Arroyo, 2016a) i LAV Sant Andreu (Arroyo, 2016b), associades a les fases NMI i NMP respectivament. Tanmateix, de la fase del NMI es disposa de datacions dels jaciments Carrer Aurora (Monforte-Barberán *et al.*, 2023), Reina Amàlia 31-33 (González *et al.*, 2011; Harzbecher & González, 2016a; González *et al.*, 2017), Reina Amàlia 38-38bis (Harzbecher & Gonzalez, 2016b; Fernández *et al.*, 2018), Sant Pau del Camp (Gómez *et al.*, 2008; Molist & Gómez, 2016, una de les datacions inèdita) i el Conservatori del Liceu (Bordas *et al.*, 2013), tots ells de la zona de l'actual barri del Raval. Finalment, les datacions dels jaciments del Carrer del Pi

(Cebrià & Miró, 2018) i la Plaça de la Gardunya (Velasco, 2018), tot i no presentar materials ceràmics clarament diagnòstics, han estat associades a la fase del NMP.

Baix Llobregat

Regió definida pels jaciments de la comarca actual del mateix nom, excepte per la Serra del Montserrat (que ha estat inclosa en la regió de la Catalunya central). Engloba les estacions des de Martorell fins a la desembocadura del Llobregat (incloent-hi els municipis de l'Hospitalet del Llobregat i Gavà), així com els vessants sud-occidentals de la serra de Collserola, els contraforts nord-occidentals del massís del Garraf, i les Muntanyes de l'Ordal.

Es documenten 7 jaciments de la fase del NMI, els quals es corresponen majoritàriament a ocupacions en cova de tipus hàbitat, excepte per la Cova de Can Sadurní (Begues), en la que s'han documentat diversos enterraments (a més d'evidències d'ocupació domèstica). Tanmateix, destaca la presència d'aquesta fase en les Mines de Gavà, en les que també s'han localitzat enterraments.

La fase del NMP la conformen 10 jaciments, entre els quals es documenten enterraments en fossa aïllats i un hàbitat escassament conegut. Tanmateix, en aquesta fase es dona l'apogeu de l'activitat minera en complex de Can Tintorer (Gavà), el qual inclou tant les mateixes galeries d'explotació com el Sepulcre de les Ferreres.

Aquesta regió compta tan sols amb dos jaciments datats, la Cova de Can Sadurní (Antolín *et al.*, 2017; Edo *et al.*, 2019a), associades només a la fase NMI, i el complex de Can Tintorer (Villalba *et al.*, 1986; Bosch & Borrell, 2009; Morell *et al.*, 2023), amb datacions tant del NMI com del NMP, els dos molt ben representats pel que fa al nombre de datacions.

Penedès

Aquesta regió la conforma el territori històric del Penedès. S'inclouen tot els jaciments de les comarques actuals de l'Alt Penedès i el Baix Penedès, així com els jaciments de l'actual Garraf. Tanmateix, s'ha inclòs la Serra d'Ancosa fins al municipi de la Llacuna, incorporant tres jaciments que tradicionalment es consideren dins la zona penedesenca, així com el municipi de Querol.

La fase del NMI està àmpliament representada, amb un total de 58 jaciments. Es documenten diverses ocupacions en cova, moltes d'elles situades en Serra d'Ancosa, i les quals sovint presenten evidències d'enterraments. Tanmateix, l'hàbitat a l'aire lliure compta amb un gran nombre de jaciments, majoritàriament situats en l'actual població de Vilafranca del Penedès o els municipis adjacents. En moltes d'aquestes ocupacions es constata la presència d'enterraments, així com un gran nombre d'estructures d'emmagatzematge. Tots els jaciments s'associen amb materials ceràmics de la fàcies Molinot (així com alguns efectius Montboló), a excepció de certs contextos funeraris en les que no s'han recuperat materials diagnòstics.

Per altra banda, la fase del NMP compta amb només 24 jaciments, la gran majoria associats amb estructures funeràries de la fàcies del Vallesià. Les evidències d'estructures d'emmagatzematge són relativament més baixes, així com la presència d'ocupacions de tipus domèstiques, les quals es concentren en els municipis de Vilafranca del Penedès i Vilanova i la Geltrú. Es destaca el jaciment complex de la Serreta, amb un possible fossat i una sitja de grans dimensions, i el qual mostra una continuïtat d'ocupació respecte a la fase anterior.

De la fase del NMI es disposa d'un gran nombre de jaciments datats, entre els que hi figuren la Cova Foradada (Cebrià *et al.*, 2011; Moreno-Ibáñez *et al.*, 2021, datació inèdita), Pou Nou (Nadal & Mestres, 2019; Antolín *et al.*, 2024, dues inèdites), Els Cirerers (Feliu, 2019), Cal Pere Pastor (VVAA, 2015, datacions inèdites), Camí de Santa Maria dels Horts (VVAA, 2015, datació inèdita), Camí de Mas Romeu (VVAA,

2015, datacions inèdites), La Serreta Nord (VVAA, 2015, datacions inèdites), Mas Pujó (Esteve *et al.*, 2012; Oms *et al.*, 2016b), Hort d'en Grimau (Mestres, 2019a; Mestres & Martín 1996, dues inèdites), Guixeres de Vilobí (Oms *et al.*, 2021c), Cova de la Guineu (Equip Guineu, 1995; Bergadà *et al.*, 2018, una datació inèdita) i el Turó de la Font del Roure (Senabre *et al.*, 1994; Mestres & Martín, 1996). Per altra banda, la fase del NMP està representada per jaciments com els Garrofers del Torrent de Santa Maria (Martín & Miret 1990), Cinc Ponts (Esteve *et al.*, 2012; Oms *et al.*, en premsa), Vinya de Cal Monjo (VVAA, 2015, datació inèdita) i possiblement la Cova de Sant Llorenç (Borrell *et al.*, 2014). Finalment, es documenten cinc jaciments amb datacions de les dues fases, com Els Pujols (VVAA, 2015, datacions inèdites), La Serreta (Oms *et al.*, 2024), Pujolet de Moja (Mestres *et al.*, 1997; Fontanals-Coll *et al.*, 2016; Mestres, 2019b), Mas d'en Boixos (Bouso *et al.*, 2019, datacions inèdites) i Cova de la Font del Molinot (Baldellou & Mestres, 1977; Mestres, 1981; Martín & Mestres, 2002, dues inèdites).

Catalunya central

Aquesta regió ha estat definida per criteri d'utilitat, atès que no pot considerar-se una zona amb entitat pròpia (ni en sentit geogràfic ni arqueològic). Engloba jaciments de diferents fàcies, els quals no han estat inclosos en altres regions per localitzar-se excessivament lluny dels seus nuclis. Comprèn la comarca actual de l'Anoia (exceptuant els jaciments de la Serra d'Ancosa), les zones sud de les comarques de Bages i la Segarra, i el nord de la Conca de Barberà (territori anomenat La Baixa Segarra). Tanmateix, s'ha inclòs la Serra de Montserrat, en considerar-la massa lluny de la resta de jaciments de la regió del Baix Llobregat i molt propera als jaciments del municipi del Bruc (a l'est de l'Anoia).

La fase del NMI està representada per 8 jaciments, tots de caràcter domèstic, tant a l'aire lliure com en cova. Al nord de la Serra d'Ancosa (en contacte amb la regió del Penedès) es documenten jaciments amb ceràmiques de la fàcies Molinot, entre els quals destaca Cal Sitjo (Sant Martí de Tous) i Vilars de Tous (Sant Martí de Tous), el darrer interpretat com un espai de producció lítica. Apareixen també estacions amb materials de la fàcies

Montboló i conjunts mixtos (Molinot i Montboló), com les coves Gran i Freda de Montserrat (Collbató).

Per la seva banda, la fase del NMP la conformen 30 jaciments, la major part associats a la fàcies del Vallesià. No obstant això, es documenten cistes del tipus Solsonià, com la Plana del Torrent, Cal Pessetero (Castellfollit del Boix), o Can Muset (Castellolí), les quals han estat incloses en aquesta regió per situar-se excessivament allunyades del nucli del Solsonià. L'hàbitat està representat per uns pocs jaciments, entre els que hi figuren dues ocupacions en cova (una d'elles en la Cova Freda de Montserrat). La resta d'estacions es corresponen amb enterraments aïllats, així com petites agrupacions d'estructures funeràries (com la necròpolis del Pla Riu Marcetes, Manresa).

S'han datat cinc jaciments en aquesta regió. Per la fase del NMI es disposa de dades dels jaciments de Vilars de Tous (Clop *et al.*, 2005) i Cal Sitjo (Gómez *et al.*, 2023), mentre que la fase del NMP compta amb datacions de La Plana del Torrent (Ros, 2000; Morell *et al.* 2018a), Pla Riu Marcetes (Gibaja *et al.*, 2018a) i la Cova Freda de Montserrat (Oms *et al.*, 2019b; Antolín *et al.*, 2023). Tanmateix, es disposa de dues datacions del jaciment de Cal Sitjo que han estat considerades en el present estudi com representatives de la fase NMP.

Pirineu

Aquesta regió inclou tots els jaciments de la zona pirenaica, situats en altituds superiors als 1000 m (excepte pels jaciments del sud del Ripollès). Es tracta d'una zona amb escasses evidències, majoritàriament concentrades en la comarca de la Cerdanya i Andorra.

La fase del NMI la conformen tots els jaciments de la fàcies del Juberrià. Es documenten diverses ocupacions d'hàbitat en cova, així com un únic jaciment a l'aire lliure de caràcter domèstic (el Camp del Colomer, Sant Julià de Lòria). L'aspecte funerari tan sols està documentat per la cista de la Tomba de Segudet (Ordino) i

possiblement per la cova de les Encantades (Arsèguel). En total, aquesta fase compta amb 8 jaciments.

Per altra banda, la fase del NMP està representada només per un jaciment hàbitat a l'aire lliure, una cavitat d'ús indeterminat i dos jaciments amb cistes funeràries, entre els quals destaca la Feixa del Moro (jaciment molt proper al Camp del Colomer).

Els tres jaciments amb datacions corresponen al Camp del Colomer (Fortó *et al.*, 2018), la Tomba de Segudet (Yáñez *et al.*, 2002; Oms *et al.*, 2018) i la Feixa del Moro (Remolins *et al.*, 2018; Oms, 2018; Oms *et al.*, 2018), tots tres en el Principat d'Andorra.

Regió del Solsonià

Regió definida d'acord amb un criteri arqueològic, en la que s'han inclòs tots els jaciments de la fàcies del Solsonià amb l'excepció de tres jaciments de la regió de la Catalunya central. La conformen les comarques actuals del Solsonès i el Berguedà, així com la meitat sud de l'Alt Urgell i el nord de les comarques de la Segarra i Bages.

La fase del NMI és poc coneguda, amb només 3 jaciments de tipus domèstic (un dels quals presenta una inhumació en sitja). Les ceràmiques remetent a les fàcies Montbolò i Auvelles, la darrera representada pel jaciment de Collet de Brics d'Ardèvol (Pinós). No es disposa de dades radiomètriques d'aquesta fase, per la qual cosa el NMI d'aquesta regió no ha estat inclòs en el present estudi.

Per altra banda, la fase del NMP inclou una gran quantitat de jaciments (en concret 83), associats en la seva àmplia majoria a la fàcies del Solsonià (de la qual es documenten cistes aïllades o configurant petites necròpolis). L'hàbitat del Solsonià és escassament conegut, amb només el jaciment de l'Hàbitat de la Roqueta (Cardona) i altres cinc jaciments dubtosos, destacant-se també el possible assentament d'extracció minera de Vall Salina (Cardona). Tanmateix, es documenten diversos assentaments de la fàcies del

Vallesià, com el cas de Ca l'Oliaire (Berga), situats majoritàriament en planes al·luvials i els quals responen a ocupacions de tipus hàbitat amb alguns enterraments. Finalment, s'ha inclòs en aquesta regió el jaciment de la Baga d'Armengol (Sagàs), el qual presenta ceràmiques amb decoracions del tipus Chassey.

Es disposa de deu jaciments amb datacions radiocarbòniques, nou dels quals responen a enterraments en cista de la fàcies del Solsonià: Serrat de les Tombes (Farguell & Guerrero, 2022; Morell *et al.*, 2018a), Tomba del Moro (Castany, 2008; Morell *et al.*, 2018a), Vilar de Simosa (Castany, 2008; Morell *et al.*, 2018a), Megàlit del Bisbe (Castany, 2008; Morell *et al.*, 2018a), Ceuró (Castany, 2008; Morell *et al.*, 2018a), El Llord (Castany, 2022a; Morell *et al.*, 2018a), Cista dels Garrics de Caballol (Castany, 2022b; Morell *et al.*, 2018a), Povia (Castany, 2008; Morell *et al.*, 2018a) i El Solar (Castany *et al.*, 2022c; Morell *et al.*, 2018a). Tanmateix, pel jaciment de Ca l'Oliaire (Martín *et al.*, 2005) es disposa d'una única datació, procedent d'un enterrament individual en fossa.

Plana de Lleida i Prepirineu

Aquesta regió ha estat definida segons un criteri arqueològic, agrupant tots els jaciments de la fàcies Auvelles excepte el Collet de Brics d'Ardèvol (Pinós), que ha estat inclòs en la regió del Solsonià. A causa de la seva àmplia extensió territorial, aquesta regió ha estat dividida en dos subregions. La zona del nord (Lleida nord) està configurada pels jaciments del tram prepirinenc del Segre fins a l'inici de la plana a Balaguer, mentre que la zona del sud (Lleida sud) la conformen la resta de jaciments del pla de Lleida (incloent-hi les comarques actuals del Segrià, l'Urgell i el nord de les Garrigues).

La zona de Lleida nord està representada per un total de 11 jaciments a l'aire lliure de caràcter domèstic (tots ells associats a la fase del NMI), entre els quals destaca el jaciment epònim de la fàcies Auvelles (Castelló de Farfanya). Tanmateix, es documenten diferents ocupacions d'hàbitats en cova, com la Cova Gran de Santa Linya (Les Avellanes i Santa Linya) o possiblement la Balma dels Vilars (Os de Balaguer). No

es disposa de dades sobre els aspectes funeraris, factor que contrasta amb la resta de regions. Es disposa de tres jaciments datats: Auvelles (Oms *et al.*, 2019a; Antolín *et al.*, 2024), Balma dels Vilars (VVAA, 2000, datacions inèdites) i Cova Gran de Santa Linya (Mora *et al.*, 2018), el darrer amb una datació especialment recent. No hi ha evidències de la fase NMP en aquesta zona.

Per altra banda, la zona de Lleida sud la conformen 4 jaciments amb materials associats a la fàcies Auvelles, tots ells amb datacions disponibles: Quatre Pilans (Gallart *et al.*, en premsa), el Collet de Puiggrós (Piera *et al.*, 2007), L'Espina C (Piera, 2016) i el Pla de Gardelo (Piera, 2009; Piera, 2016). Aquests jaciments estan configurats per diverses estructures tipus sitja, cubetes i forats de pal, així com estructures funeràries en els jaciments del Pla de Gardelo i el Collet de Puiggrós. La fase del NMP és escassament coneguda, amb la possible ocupació a l'aire lliure del Serró (Lleida, Segrià), en què s'han documentat materials ceràmics llisos associats a una datació excessivament recent per la fase NMI (Equip Sarró, 2000). No obstant això, aquesta datació no ha estat inclosa en el present estudi atesa la manca d'una definició clara de la fase NMP en la zona.

Camp de Tarragona

Es tracta de la regió històrica del Camp de Tarragona, en la que s'han inclòs els jaciments de les comarques actuals del Tarragonès i Baix Camp, així com les estacions pròximes a la Serra del Montsant (el sud de la Conca de Barberà, el Priorat i el sud de les Garrigues). Només es disposa d'un jaciment datat, l'Aeroport de Reus (Bravo *et al.*, 2014; Bravo, 2022, amb una datació inèdita).

La fase del NMI està representada per 6 jaciments, concentrats majoritàriament en la plana, i en els que s'han documentat ceràmiques de la fàcies Molinot. Tanmateix, es constata la possible presència d'aquesta fase en les Muntanyes de Prades, amb el jaciment de Cantacorbs (Rojals - Montblanc). L'aspecte funerari està documentat pel

mateix jaciment de l'Aeroport de Reus, en el que es documenten tant estructures domèstiques com funeràries.

Per altra banda, la fase del NMP la configuren un major nombre de jaciments (17 en total), entre els que figuren nou associats amb activitats domèstiques (gairebé tots concentrats en la plana), i vuit jaciments estrictament funeraris, tots ells pròxims a la Serra del Montsant. Les manifestacions funeràries són majoritàriament en fossa, associades a la fàcies del Vallesjà.

De les tres datacions disponibles de l'Aeroport de Reus, una està associada amb un fragment de ceràmica raspallada de tipus Molinot, mentre que les altres dues provenen d'estructures funeràries sense materials diagnòstics.

Terres de l'Ebre

Aquesta regió està formada pels jaciments de les comarques actuals del Baix Ebre i el Montsià, atesa la manca d'evidències poblacionals durant el Neolític mitjà en la Terra Alta i la Riera d'Ebre. Es tracta d'una zona mal representada a nivell cronomètric, amb un sol jaciment datat, Masdenvergenc (Bosch *et al.*, 2023).

La fase del NMI està representada per un total de 19 jaciments, amb diverses ocupacions de caràcter domèstic així com sepultures aïllades o conformant necròpolis. Els enterraments acostumen a ser en fossa, ocasionalment amb rics aixovars. Els jaciments es troben majoritàriament en la ribera sud del riu Ebre, resseguint el seu traçat fins al municipi de Roquetes i amb una important concentració en Amposta. Els contextos d'aquests jaciments remetent a la fàcies Boques de l'Ebre. Es disposa de dues determinacions radiomètriques procedents de l'únic jaciment datat (Masdenvergenc), el qual consisteix en una necròpolis excavada d'antic i revisada recentment.

La fase del NMP és poc coneguda, amb tan sols 4 jaciments dubtosos. Atesa la falta de definició d'aquesta fase crono-cultural i la inexistència d'informació cronomètrica, el NMP d'aquesta regió no ha estat considerat en el present estudi.

6. Metodologia

6.1. Detalls metodològics

6.1.1. Calibració i model de fase

Les datacions radiocarbòniques consisteixen en mesuraments d'una proporció isotòpica, i per interpretar-les en un sentit temporal és necessari un aparell estadístic que incorpori la informació de la corba de calibració. Així doncs, el resultat d'una observació y_i és proporcionat pel laboratori com una mitjana en l'escala radiocarbònica i una desviació estàndard ($x_i \pm s_i$), la qual ha d'associar-se a un vector d'anys del calendari en forma de distribució probabilística (és a dir, relacionar un valor de probabilitat a cada any considerat en un rang preestablert). Amb aquesta intenció, és necessari fer l'assumpció de què la cronologia pot descompondre's en "esdeveniments", els quals representen punts singulars en una escala temporal continua (Bronk-Ramsey, 2009a). En una determinació radiocarbònica, l'esdeveniment θ_i suposa l'any en què la mostra va interrompre el seu metabolisme, al deixar d'incorporar ^{14}C en el seu organisme. D'acord amb el teorema de Bayes, la probabilitat de què un esdeveniment específic s'hagi dut a terme en un any concret s'expressa com:

$$p(\theta_i | y_i) \propto p(y_i | \theta_i) p(\theta_i) \quad [1]$$

on $p(\theta_i)$ és el *prior* o informació prèvia al mesurament, $p(y_i | \theta_i)$ és el *likelihood* (versemblança) de la determinació donat el paràmetre θ_i , i $p(\theta_i | y_i)$ representa la probabilitat a posteriori d'un any concret donats el *prior* i el *likelihood*. En el cas en què només es disposi d'una sola observació, la informació prèvia sobre la data de l'esdeveniment (el *prior* en [1]) es defineix segons una distribució uniforme, de manera que la determinació radiocarbònica s'associa amb θ_i directament mitjançant la corba de calibració. Així doncs, per tal de dur a terme el procés de calibració, la data de l'esdeveniment és modelada d'acord a següent model bayesià:

$$\theta_i \sim \text{Uniform}(t_1, t_2) \quad [2]$$

$$x_i \sim \text{Normal}(\mu(\theta_i), \sigma_i) \quad [3]$$

$$\sigma_i = \sqrt{s_i^2 + \sigma(\theta_i)^2} \quad [4]$$

on $\mu(\theta_i)$ representa el valor de concentració de ^{14}C en la corba de calibració per θ_i (comparable amb l'edat radiocarbònica convencional x_i), i $\sigma(\theta_i)$ és la desviació derivada dels errors observats en la corba per θ_i . D'acord amb aquest model, la probabilitat a posteriori de θ_i és proporcional al la densitat de probabilitat de x_i en una distribució normal [3], la qual està centrada en $\mu(\theta_i)$ i té una desviació estàndard igual a la rel quadrada de la suma dels quadrats de les incerteses de la determinació i de la corba [4]. Atès que la informació prèvia del paràmetre θ_i s'assumeix com una constant, en la pràctica s'estableix un interval de temps fix sobre el període històric al qual pertany l'esdeveniment, expressat per uns límits inferior (t_1) i superior (t_2).

Per contra, si es disposa de dos o més esdeveniments datats associats a un mateix procés continu (com una fase estratigràfica o un fenomen regional), la utilització d'un *prior* constant resulta inadequat, atès que comporta a una sobreestimació de la duració del procés (Bronk-Ramsey, 2009a). En aquest cas, és preferible modelar la data dels esdeveniments de manera que es delimitin per dos paràmetres addicionals (anomenats *boundary events*), construint així un "model de fase". En aquest sentit, les determinacions es consideren condicionalment independents, i el paràmetre θ_i , relacionat amb les observacions, es modela d'acord al següent model bayesià:

$$\theta_i \sim \text{Uniform}(\alpha, \beta) \quad [5]$$

$$\alpha \sim \text{Uniform}(t_1, t_2) \quad [6]$$

$$\beta \sim \text{Uniform}(t_1, t_2) \quad [7]$$

on els paràmetres α i β representen, respectivament, l'inici i el final de la fase analitzada. Aquest model es pot generalitzar per incorporar més d'una fase (model multifase),

mitjançant l'ús d'una "variable d'índex" addicional. Aquesta variable s'implementa a través de nombres enters que relacionen cada observació amb la seva fase corresponent, construint una llista de paràmetres α i β amb un valor per cada una de les categories úniques. El model de fase implica que els valors de θ_i estiguin restringits pels hiperparàmetres α i β , provocant un augment de $p(\theta_i)$ inversament proporcional a la seva dispersió (atès que la densitat de probabilitat de la distribució uniforme és relativa a la diferència entre el seu inici i final). Aquest efecte genera una compensació entre les probabilitats del *prior* i el *likelihood*, causant la reducció de la incertesa en les probabilitats a posteriori de les observacions situades entorn dels límits de la fase (vegeu l'apartat 3.3 per la discussió respecte a aquest efecte). Tanmateix, la incertesa en la distribució dels paràmetres α i β disminueix en funció del nombre d'esdeveniments continguts en la fase (al mateix temps que es genera l'efecte mencionat anteriorment), obtenint com a resultat unes probabilitats a posteriori amb una major precisió cronològica quan es disposa d'un nombre suficientment elevat d'observacions.

Alternativament es poden modelar els esdeveniments datats d'acord amb altres distribucions estadístiques, sempre que es disposi d'evidències que suggereixin l'ús inapropiat d'un model uniforme. Finalment, és possible incorporar diferents tipus de restriccions en els paràmetres del model, com un ordre en les dates estimades de les observacions (per exemple $\theta_1 > \theta_2 > \theta_3 \dots$), en els paràmetres d'inici i final de les fases ($\beta_1 > \alpha_2$) (vegeu secció 3.3.1). Aquestes restriccions s'implementen formalment en el model mitjançant una distribució de probabilitat en l'espai de $\{0, 1\}$ de tal manera que $p(1) = 1$ si la condició és satisfeta i $p(0) = 1$ en el cas contrari. Els valors de probabilitat a posteriori obtinguts amb el model són finalment normalitzats numèricament i expressats com un histograma o mitjançant una tècnica de *kernel smoother*.

6.1.2. Model de fase jeràrquic i model de fase espacial

Tal com s'ha comentat, el model de fase pot utilitzar-se per modelar un fenomen a escala regional, com l'inici i final d'una fase cultural (en termes generals) o la producció i utilització d'un element específic de la cultura material. No obstant això, per obtenir

unes estimacions imparcials (no esbiaixades) dels paràmetres del model és necessari que les mostres haguin estat seleccionades de manera aleatòria i independent (Crema *et al.*, 2022). En aquest sentit, l'heterogeneïtat en les estratègies d'investigació i variabilitat en la intensitat del mostreig entre jaciments (vegeu seccions 3.1.2 i 3.2.5) provoquen que rarament es compleixi aquesta assumpció, introduint una font de biaix en l'anàlisi. Efectivament, en molts casos un sol jaciment d'una regió determinada pot contribuir amb una substancial quantitat de datacions, i ignorar la independència del mostreig en aquests casos pot comportar que les inferències del model siguin més representatives de l'inici i final de l'ocupació del jaciment que de les dates d'inici i final de la fase per la regió estudiada. Per tal d'afrontar aquesta problemàtica sense tindre que reduir manualment les datacions dels jaciments (per exemple considerant només la més antiga i la més recent de cada un d'ells), és possible modelar els *boundary events* d'una fase regional d'acord amb un model bayesià jeràrquic (Crema *et al.*, 2022):

$$\theta_{i,j,k} \sim \text{Uniform}(\alpha_{j,k}, \beta_{j,k}) \quad [8]$$

$$\alpha_{j,k} \sim \text{Uniform}(v_k, v_k) \quad [9]$$

$$\beta_{j,k} \sim \text{Uniform}(v_k, v_k) \quad [10]$$

on $\theta_{i,j,k}$ és la data associada a la mostra i del jaciment j en la regió k , $\alpha_{j,k}$ i $\beta_{j,k}$ representen l'inici i final de la fase en el jaciment, i v_k i v_k són els *boundary events* de la regió k , els quals es modelen de la mateixa manera que en [6] i [7]. D'aquesta manera, les inferències sobre la fase en la regió determinada es basen en les dates d'inici i final de les ocupacions dels jaciments, sense que es canviï la interpretació dels paràmetres d'interès v_k i v_k . En aquest cas, els jaciments amb un gran nombre de datacions continuen proporcionant més informació, però en termes d'una major precisió respecte a l'estimació de les seves duracions. Com a resultat, les distribucions de probabilitat a posteriori de v_k i v_k presentaran una major incertesa que en el cas d'un model de fase convencional (en ajustar-se segons el nombre de jaciments en lloc del nombre d'observacions), però tindran potencialment una major precisió a l'hora de capturar les dates reals d'inici i final de la fase (que tindran més possibilitats de coincidir amb la moda o la mediana de les distribucions) (Crema *et al.*, 2022).

A diferència d'altres mètodes, aquest model jeràrquic presenta l'avantatge d'acceptar restriccions (o *priors*) en casos en què s'analitzi de més d'una regió o fase (vegeu Crema *et al.* (2022) per un exemple d'utilització de restriccions amb l'objectiu d'emular una "ona d'avançament" entre diferents àrees). No obstant això, l'error de mostreig pot encara incorporar un fort biaix en les estimacions, especialment en aquelles regions poc representades per les dades (tant en el sentit del nombre de jaciments com del nombre de datacions disponibles). En efecte, és possible disposar d'una regió amb una gran representativitat (per exemple, en tractar-se d'una àrea amb una forta incidència d'excavacions d'urgència), mentre que una altra regió adjacent compti tan sols amb un reduït nombre d'evidències. En aquest cas, és molt possible que les inferències sobre l'inici i final de la fase difereixin notablement entre les dues àrees (especialment les seves incerteses), donant la falsa impressió de què existeixi un gradient o una implantació diferenciada malgrat la seva proximitat geogràfica. En aquest sentit, una opció per modelar els *boundary events* consisteix en garantir la correlació espacial entre els paràmetres, de manera que regions pròximes geogràficament presentin valors similars en u_k i v_k . Això es pot dur a terme incorporant un terme de variació local per cada regió individual, el qual representi un efecte aleatori espacialment autocorrelacionat dins de l'esquema jeràrquic del model. Aquesta assumpció pot satisfer-se mitjançant un model de procés gaussià (Crema *et al.*, 2022), modelant la variació d'acord amb una distribució normal multivariant:

$$u_k = u_G + \zeta_k^{[u]} c \quad [11]$$

$$v_k = v_G + \zeta_k^{[v]} c \quad [12]$$

$$\zeta_k^{[u]} \sim \text{MVNormal}(0, \Sigma) \quad [13]$$

$$\zeta_k^{[v]} \sim \text{MVNormal}(0, \Sigma) \quad [14]$$

on $\zeta_k^{[u]}$ i $\zeta_k^{[v]}$ son les variacions locals, u_G i v_G representen els valors globals dels *boundary events* per a tota la regió considerada (és a dir, els valors esperats d'aquests paràmetres), c és una constant definida prèviament, i Σ és la matriu de covariància que estableix el grau d'autocorrelació espacial entre les diferents àrees. Una opció per definir

aquesta matriu de covariància Σ es d'utilització d'un model exponencial quadràtic, el qual es construeix a partir de la matriu de distàncies de les diferents regions (Crema *et al.*, 2022):

$$\Sigma_{i,j} = \eta^2 \exp\left(-0.5 (d_{i,j}/\rho)^2\right) + \mathbf{I}_{i,j} \varepsilon^2 \quad [15]$$

on la covariància $\Sigma_{i,j}$ entre la regió i i j disminueixi exponencialment en funció de la seva distància geogràfica $d_{i,j}$, d'acord amb un paràmetre ρ que controla el rang espacial de la correlació i un valor màxim de covariància igual al quadrat de η (que es tradueix en anys del calendari a través de la constant c en [11] i [12]). Tanmateix, el terme ε^2 representa un valor de covariància addicional que s'introdueix en el model per raons algorítmiques (com l'aparició d'autovalors no positius en la descomposició de la matriu, vegeu Crema *et al.*, 2022), el qual a efectes pràctics es fixa en una quantitat d'escassa magnitud (com per exemple $10e-4$, en cas de considerar un espai euclidià de dues dimensions).

Finalment, per l'avaluació de les dades radiocarbòniques respecte als supòsits dels models s'ha adoptat la proposta de Bronk-Ramsey (2009a) anomenada *agreement index*, la qual consisteix a utilitzar la superposició entre el *likelihood* i les distribucions a posteriori obtingudes com indicadors de possibles problemes en el model. Aquesta proposta, al contrari que altres formes de detecció d'*outliers*, presenta l'avantatge de no afectar el model en si mateix, permetent l'avaluació d'aquest un cop obtinguts els resultats. El seu càlcul es du a terme d'acord amb la següent expressió:

$$F_i = \frac{\int p(y_i|\theta_i) p_1(\theta_i|\mathbf{y}) d\theta_i}{\int p(y_i|\theta_i) p_0(\theta_i|y_i) d\theta_i} \quad [16]$$

en la que $p_1(\theta_i | \mathbf{y})$ representa la probabilitat a posteriori del model cronològic, i $p_0(\theta_i | y_i)$ la probabilitat de la determinació donat un prior constant, la qual és la mateixa que el *likelihood* $p(y_i | \theta_i)$. Així doncs, els resultats individuals de F_i es multipliquen per 100, considerant-se els valors per sota del 60% com indicadors de problemes, ja sigui en les

mateixes datacions o en els supòsits del model (Bronk-Ramsey, 2009a). Tanmateix, cal remarcar el fet que els valors de F_i poden ser majors de 1, suggerint que la datació és més probable d'acord amb el model cronològic que segons un prior constant.

6.1.3. Summed Probability Distribution (SPD) i test de significació

Tal com s'ha descrit en la secció 3.2.4, una de les metodologies utilitzades per reconstruir les trajectòries paleodemogràfiques consisteix a construir el que s'anomena "suma de les distribucions de probabilitat de les calibracions" (SPD), la qual consisteix efectivament en agregar els valors de probabilitat de les calibracions individuals per a cada any del calendari d'un interval temporal preestablert. No obstant això, i ateses les problemàtiques derivades de la suma de les probabilitats normalitzades (les quals poden generar pics artificials en el resultat, vegeu Crema & Bevan, 2021), és necessari introduir prèviament la "equació estàndard de calibració" (Bronk-Ramsey, 2009a):

$$p(t_i|y_j) \propto p(y_j|t_i) p(t_i) \propto \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_j^2}} \exp\left(-\frac{(x_j - \mu(t_i))^2}{2\sigma_j^2}\right) \quad [17]$$

en la que t_i és l'any del calendari considerat, i σ_j representa l'error combinat de l'observació y_j i la corba de calibració, calculat de la mateixa manera que en [4]. Al contrari que amb el model de calibració bayesiana [2-3], els valors de la distribució obtinguda amb l'equació estàndard de calibració no sumen necessàriament 1, per la qual cosa a efectes pràctics és tractada com una funció de versemblança (*likelihood*) (malgrat incloure efectivament la informació prèvia de la corba de calibració, veure Bronk-Ramsey (2009a) per una definició formal). Així doncs, la SPD es construeix mitjançant la suma de les probabilitats de les observacions donat cada un dels anys del calendari considerats (Shennan *et al.*, 2013):

$$\text{SPD}(t_i) = \sum_{j=1}^n p(y_j|t_i) \quad [18]$$

on n és el nombre de datacions disponibles, $p(y_j | t_i)$ és el resultat individual de [17] per l'observació y_j , i t_i representa típicament cada un dels anys del calendari en el lapse temporal considerat. Tanmateix, per reduir els efectes de l'error de mostreig, es calcula la mitjana dels valors obtinguts amb [17] per cada *bin* definit amb el criteri establert per Timpson *et al.* (2014), el qual consisteix en agrupar les datacions de cada jaciment segons la seva distància temporal. Específicament, es calcula la mediana en la data de les calibracions per cada jaciment i s'agrupen d'acord amb un mètode d'agrupació jeràrquic (per exemple el *complete-linkage clustering*), establint els grups mitjançant un "tall" en els dendrogrames a una determinada altura (h), la qual es defineix prèviament per l'investigador. Alternativament, un cop construïda la SPD és possible calcular la taxa de creixement entre blocs temporals específics, amb la intenció d'obtenir una estimació sobre el canvi poblacional en lloc d'una trajectòria en valors absoluts, a través del càlcul del seu creixement geomètric:

$$r(t_i) = \left(\frac{SPD(t_{i+1})}{SPD(t_i)} \right)^{\frac{1}{\Delta t}} - 1 \quad [19]$$

on $SPD(t_{i+1})$ i $SPD(t_i)$ són els valors obtinguts amb [18] per t_{i+1} i t_i (els quals poden representar valors agregats, per exemple 100 anys), i Δt és la duració d'aquests blocs.

Per tal d'evitar la interpretació visual directa dels resultats de les SPD, és preferible adoptar un marc de test d'hipòtesis, mitjançant la formulació d'un model nul i la seva comparació amb la trajectòria observada (vegeu secció 3.2.4). El procediment involucra la realització d'una simulació condicional Monte-Carlo, amb la intenció tant de refutar el model nul (mitjançant un p-valor global) com de detectar episodis concrets amb desviacions significatives (Shennan *et al.*, 2013; Timpson *et al.*, 2014). La trajectòria teòrica sovint s'estima ajustant un model a les dades observades en la SPD (per exemple amb un model exponencial o un model logístic) a través del mètode de mínims quadrats. No obstant això, és possible utilitzar trajectòries paleodemogràfiques estimades amb altres mètodes (com l'anàlisi aorística), modificant la interpretació del test de significació, que en aquest cas avaluarà els canvis en la densitat de datacions

radiocarbòniques segons la seva correspondència amb altres *proxies*. El test es realitza de la següent manera: 1) un cop obtingut el model nul, es procedeix a simular n esdeveniments en anys del calendari (on n és el nombre de *bins* amb què s'ha construït la SPD), amb una probabilitat proporcional a la distribució normalitzada de la trajectòria teòrica; 2) s'assigna un error de mesurament a cada esdeveniment simulat, mitjançant el mostreig amb reemplaçament dels errors de les observacions originals; 3) cada una de les dates simulades es "retrocalibren" per obtenir l'anàleg d'una determinació radiocarbònica, utilitzant la generació aleatòria d'un valor d'acord amb una distribució normal (la qual està centrada en el valor corresponent de ^{14}C en la corba de calibració, i una desviació estàndard igual a la calculada amb [4]); 4) les datacions simulades es calibren amb [17] i es genera una realització de la SPD teòrica sumant les n determinacions, d'acord a [18]; i 5) es repeteixen els passos del 1 al 4 un nombre predeterminat de vegades, generant un *simulated envelope* amb el que es compara la SPD observada (i el qual el s'espera que contingui el 95% de les dades).

Finalment, les SPD s'estandarditzen localment amb la intenció d'eliminar la tendència del model nul i les fluctuacions espúries a curt termini (generades per la calibració). Aquesta operació es porta a terme calculant la mitjana i la desviació estàndard de les simulacions per cada any del calendari t_i , per després realitzar una transformació de puntuació Z tant en la SPD observada com en les simulades. A continuació, es procedeix a identificar els episodis de creixent o declivi poblacional (*booms* i *busts*), definits com les dates t_i en que la SPD observada és superior al percentil 0.975 (o inferior al 0.025) del *simulated envelope* (vegeu Timpson *et al.* (2014) per una discussió sobre l'impacte dels falsos positius i els falsos negatius, i el seu possible tractament). Amb l'objectiu d'obtenir el "p-valor" global del test, es calcula un estadístic relatiu a l'àrea total dels episodis identificats fora del interval de confiança tant de la SPD observada com de les simulades, és a dir, la suma de les diferències absolutes entre el valor observat (o simulat) i el valor de percentil (95%) del *simulated envelope*. Així doncs, el "p-valor" s'obté utilitzant la fórmula $(r + 1) / (n + 1)$, on n és el nombre total de simulacions i r és el nombre de simulacions en les que l'estadístic és tan o més gran que l'estadístic de la SPD observada (aplicant la correcció de North *et al.* (2002) pel càlcul de "p-valors"

empírics en simulacions Monte-Carlo). En cas de refutar el model nul, és possible doncs procedir a la interpretació de les seccions que han mostrat divergències respecte a l'interval de confiança, les quals són mostrades en un gràfic com intervals vermells (punts calents) o blaus (punts freds) segons corresponguin a una major o menor tendència respecte a la dinàmica poblacional esperada.

6.1.4. Anàlisis aorístic i simulacions Monte-Carlo

Una alternativa per reconstruir les trajectòries paleodemogràfiques consisteix a utilitzar els comptatges d'evidències que tinguin algun tipus de vinculació amb l'impacte poblacional d'una regió i període determinat, com per exemple el nombre de jaciments o unitats residencials (vegeu l'apartat 3.2 per una discussió en profunditat). En aquest sentit, la simple quantificació d'aquestes evidències pot implicar un fort biaix en els resultats, especialment en comparar dos o més períodes històrics, atès que no es té en consideració la durada d'aquests. La solució més senzilla per abordar aquesta problemàtica podria consistir en dividir el nombre d'evidències entre intervals de temps predeterminats, obtenint així una estimació relativa a la durada d'aquests lapsos temporals (per exemple, dividir el nombre de jaciments observats en un període entre el nombre de dècades d'aquest, possibilitant així una comparació formal amb una segona estimació per un altre període). No obstant això, en el cas de disposar d'elements diagnòstics que coincideixin temporalment (com fàcies ceràmiques que convisquin en moments concrets), aquesta solució resulta inadequada, al no disposar d'un tractament foral per efectuar els comptatges. En efecte, a l'estimar el nombre de jaciments en dues fases solapades temporalment, l'èmfasi es posa en la diferència entre els seus "jaciments per dècada" (i la interpretació en clau paleodemogràfica es derivarà d'aquesta), sense considerar la possibilitat que existeixi un creixement demogràfic precisament en el lapse de solapament de les dues fases.

Així doncs, l'opció més convenient sembla ser la utilització un mètode probabilístic, el qual sigui capaç de reconstruir les trajectòries emulant d'alguna manera una sèrie temporal (contràriament a l'ús d'estimacions puntuals associades a fases o períodes

arbitraris). En aquest sentit, l'anàlisi aorístic representa una solució adequada pel tractament probabilístic d'esdeveniments (tant discrets com continus) en una escala temporal, en permetre incorporar la incertesa associada a la falta de precisió cronològica d'aquests. Concretament, l'anàlisi aorístic assumeix que l'interval de temps τ en què existeix un determinat element cultural és conegut, i que aquest element es pot associar efectivament amb l'esdeveniment que es pretén estudiar. D'aquesta manera, l'esdeveniment tindrà una probabilitat d'haver-se produït $p>0$ per qualsevol fracció de temps dins de τ , i una probabilitat $p=0$ per qualsevol porció fora de τ (Crema, 2012). Per una fracció temporal t_i determinada, és possible calcular la probabilitat d'haver-se produït l'esdeveniment d'acord amb la següent expressió (Crema, 2012):

$$p(t_i) = \frac{\Delta t_i}{\Delta \tau} \quad [20]$$

on Δt_i és la durada de t_i , i $\Delta \tau$ és la duració de la vigència de l'element cultural associat a l'esdeveniment. Així doncs, quan tots els valors de Δt tenen el mateix valor fix φ es compleix el concepte principal de l'anàlisi aorístic, el qual assumeix que la probabilitat de l'esdeveniment està uniformement distribuïda en el temps. Aquesta assumpció, que pot considerar-se com la millor aproximació del coneixement disponible sobre el sistema (invocant així el *principle of insufficient reason*, Crema, 2012), pot efectivament no ser adequada en certs casos, per al qual cosa és possible modificar [20] per tal d'adaptar-se a altres distribucions estadístiques que s'ajustin millor al fenomen estudiat (vegeu secció 3.2.2).

Com a conseqüència, un cop definits els blocs temporals per un lapse cronològic determinat (amb duracions iguals a φ) es calcula, per cada esdeveniment, la probabilitat d'haver-se produït en cada un d'aquests blocs, mitjançant [20] i configurant així els "pesos aorístics". Malgrat que en la formulació inicial de Ratcliffe (2000) s'especificqués que les durades de $\Delta \tau$ havien de coincidir amb la resolució de φ , en la pràctica és possible adaptar [20] de manera que no es compleixi aquest requisit, de forma similar a com s'utilitzen altres distribucions no uniformes (Crema, 2012). Finalment, els "pesos

aorístics" calculats per cada esdeveniment són agregats per cada un dels blocs temporals mitjançant la suma dels seus valors (anomenada "suma aorística"), generant una serie temporal similar a la obtinguda amb la metodologia de la SPD.

D'aquesta manera la "suma aorística" proporciona una trajectòria del fenomen estudiat, la qual podria ser interpretada com la més convenient ateses les assumpcions de l'anàlisi i l'estat del coneixement. No obstant això, la dinàmica reconstruïda amb aquesta metodologia no té perquè representar necessàriament la més probable d'entre les possibles trajectòries, les quals efectivament han estat ocultades a expenses d'obtenir una línia singular en la sèrie temporal. En efecte, la "suma aorística" emmascara la incertesa associada a la mateixa natura probabilística dels esdeveniments, donant la falsa impressió de certesa en el seu resultat (vegeu Crema (2012) per una discussió en profunditat). Aquest factor resulta especialment problemàtic quan s'avalua el canvi en els comptatges entre dos blocs temporals (com per exemple al calcular la taxa de creixement), així com en els casos en que s'estudia una variable derivada de la interacció entre els esdeveniments (com en el cas de l'anàlisi del canvi en els patrons d'assentament, per exemple al calcular el grau d'agrupació o dispersió entre jaciments).

En aquest sentit, el nombre d'esdeveniments que puguin haver succeït en un bloc temporal concret implica més aviat una distribució probabilística per si mateixa, en lloc d'una suma de probabilitats individuals. Aquesta distribució es podria obtenir mitjançant el còmput de totes les permutacions possibles dels esdeveniments assignats en els diferents blocs temporals, no obstant això, aquest càlcul resulta prohibitiu computacionalment, ja que el nombre d'aquestes permutacions creix per sobre d'un factor exponencial. Per aquest motiu, Crema (2012) va introduir el mètode de simulació Monte-Carlo per l'estimació de les dinàmiques que impliquen el comptatge d'esdeveniments particulars, amb la intenció de tant de possibilitar l'estudi de les interaccions entre aquests com de generar un *simulated envelope* que emuli la seva distribució de probabilitat donats uns blocs temporals predefinits.

Aquesta metodologia consisteix en simular n possibles trajectòries, construïdes mitjançant el comptatge dels esdeveniments en cada un dels blocs temporals. Per portar-ho a terme, en cada simulació s'assigna aleatòriament un bloc temporal per a cada esdeveniment, d'acord a la probabilitat definida pel seu "pes aorístic" (calculat amb [20]). Posteriorment es calcula la freqüència d'esdeveniments de cada bloc temporal, i es genera la trajectòria d'acord a la variable d'interès. Així doncs, les n series temporals obtingudes amb aquest procés iteratiu es resumeixen en un *simulated envelope* (per exemple representat per un interval de confiança del 95%). Alternativament, és possible assignar un any del calendari específic per cada esdeveniment d'acord amb la distribució de probabilitat del seu element cultural associat, per després agrupar les dates segons els blocs temporals o bé construir un *kernel density estimate* univariant (metodologia que resulta més adequada si efectivament s'utilitzen altres distribucions no uniformes). Aquest mètode és fàcilment adaptable per tractar esdeveniments continus (és a dir, amb una duració temporal), al possibilitar l'adjudicació (empírica o aleatòria) de la durada dels esdeveniments en les simulacions (vegeu Crema (2012) per una definició formal del càlcul dels "pesos aorístics" en esdeveniments continus).

Tanmateix, la tècnica de la simulació Monte-Carlo permet el tractament de les diferents incerteses descrites en la secció 3.1.3, no només la "incertesa dins de la fase" (modelada amb la distribució de probabilitat associada a cada element de cultura material), sinó també la "incertesa de l'assignació de fase" i la "incertesa dels límits de fase". En aquest sentit, Crema & Kobayashi (2020) van introduir l'assignació aleatòria de la fase mitjançant una distribució multinomial, les probabilitats de la qual es defineixen de forma relativa a la variància de les distribucions de probabilitat de les fases candidates. Per altra banda, la "incertesa dels límits de fase" pot ser fàcilment introduïda en les simulacions a través del resultat obtingut en un model de fase (vegeu secció 3.2.2), establint l'inici i final de τ mitjançant el mostreig aleatori de les distribucions de probabilitat dels paràmetres (o utilitzant directament el resultat de la Cadena de Màrkov executada durant l'estimació del model bayesià). Tanmateix, aquest mètode pot estendre's per altres distribucions en els elements culturals (els paràmetres de les quals

s'hagin estimat amb un model bayesià de fase), com per exemple els models trapezoidals emprats en l'estudi original de Crema & Kobayashi (2020).

6.1.5. Avaluació de l'estacionarietat espacial

Un cop reconstruïda la trajectòria paleodemogràfica, ja sigui amb la tècnica de la SPD o amb l'anàlisi aorístic descrit en els apartats anteriors, és possible posar a prova l'estacionarietat espacial de la tendència observada, mitjançant un test de permutació que contempli la utilització del concepte de l'estadística espacial local (Crema *et al.*, 2017). Així doncs, aquesta tècnica pretén identificar àrees que presentin una desviació estadísticament significativa respecte a un model nul (positiva o negativa), el qual hipotetitza l'homogeneïtat de la trajectòria per tota la regió d'estudi. L'objectiu d'aquest test resulta especialment rellevant per l'estudi dels fenòmens poblacionals, els quals, com s'ha discutit en la secció 3.2.5, es veuen condicionats tant per les diferències locals en les estratègies socioeconòmiques com per les dinàmiques d'expansió i reconfiguració poblacional.

Originalment, el test va ser desenvolupar per utilitzar-se amb les dades radiocarbòniques (és a dir, adoptant l'enfocament del DAD), no obstant això, els seus formalismes són efectivament aplicables a les reconstruccions obtingudes amb l'anàlisi aorístic, en tractar-se del mateix tipus d'estimacions (la suma de probabilitats). Més específicament, el test posa a prova la diferència en la taxa de creixement, definida en la secció 6.1.3 (i que és calculada a través de la fórmula [19]). D'aquesta manera s'evita tractar amb la magnitud de la densitat poblacional, que podria comportar interpretacions esbiaixades relacionades amb la variabilitat en el mostreig. Així doncs, el model nul representa en aquest cas la taxa de creixement global de la regió d'estudi, obtinguda empíricament a través de la reconstrucció paleodemogràfica, i el que es pretén identificar són les diferències espacials en les regions, les quals poden haver experimentat un creixement significativament més alt o més baix en comparació amb aquesta tendència global (anomenats punts "calents" o "freds" respectivament).

Donat un conjunt de jaciments $i=1,2, \dots L$, el procediment implica (Crema *et al.*, 2017): 1) l'obtenció d'un *proxy* paleodemogràfic local a través de la suma ponderada dels valors individuals dels diferents jaciments; 2) calcular la taxa de creixement entre els blocs temporals definits prèviament; i 3) comparar les taxes de creixement local amb la tendència global (el model nul). Pel cas de les datacions radiocarbòniques, les mostres de cada jaciment i són primerament agrupades d'acord amb el procediment de *binning* descrit en la secció 6.1.3, per després ser calibrades amb [17] i normalitzades numèricament per tal que la seva distribució sumi 1. Els resultats s'agregen de manera que la suma de probabilitat de cada jaciment sigui igual al seu nombre de *bins*, i finalment es procedeix a sumar les probabilitats d'acord amb cada un dels blocs temporals. Altrament, pel cas de l'estimació aorística, s'obté el "pes aorístic" de cada jaciment i cada fase representada en aquest mitjançant [20], per després agregar els seus valors de forma que la suma sigui igual al nombre de fases identificades en el jaciment. Alternativament, és possible obtindre un anàleg dels "pesos aorístics" mitjançant el procediment de simulació Monte-Carlo descrit en la secció 6.1.4 (en el cas que es vulgui introduir les diferents incerteses associades a les perioditzacions dels elements culturalment diagnòstics), calculant així la mitjana de les vegades en què l'esdeveniment ha estat assignat a cada bloc temporal i utilitzant aquests valors com els "pesos aorístics" del jaciment.

A continuació es procedeix a generar una SPD o "suma aorística" ponderada a través de la combinació dels valors de tot el conjunt L , de forma que la contribució de cada jaciment en l'estimació del jaciment j sigui proporcional a la seva distància geogràfica. Això es pot dur a terme mitjançant una funció de decaïment, en la que el pes de cada parella de jaciments i i j es calcula, per exemple, d'acord amb la de la següent expressió:

$$w_{i,j} = \exp\left(-\frac{d_{i,j}^2}{h^2}\right) \quad [21]$$

on $d_{i,j}$ és la distància euclidiana entre els jaciments i i j , i h representa un valor de *bandwidth* definit prèviament per l'investigador (el qual determina el radi d'interacció

entre assentaments). De manera alternativa es poden utilitzar altres mètriques no-euclidianes (com distàncies de cost obtingudes amb superfícies de fricció) o altres funcions de decaïment. Així doncs, per cada localització i cada bloc temporal es calcula la suma ponderada de tots els valors individuals de SPD o "pes aorístic" obtinguts prèviament (és a dir, el valor agregat de les probabilitats dels *bins* o les fases associades als jaciments), utilitzant l'esquema de ponderació definit en [21]:

$$w \text{ SUM}_{i,t} = \sum_{j=1}^L w_{i,j} \text{ SUM}_{j,t} \quad [22]$$

on $\text{SUM}_{i,t}$ és la SPD o "suma aorística" de la localització i en el bloc temporal t . És necessari recalcar, tanmateix, que la localització i és inclosa en el conjunt L de tal manera que la seva contribució en el sumatori de [22] no és fraccionària, atès que [21] és igual 1 en el cas d'una distància $d_{i,j}$ nul·la. D'aquesta manera, s'obtenen L trajectòries locals, una per cada localització del conjunt de jaciments, per les quals es procedeix a calcular la taxa de creixement amb [19] per cada parella de blocs temporals contigus.

Així doncs, el test de permutació consisteix en aleatoritzar les localitzacions de cada trajectòria local, abans de calcular la suma ponderada i obtenir les taxes de creixement. Això es fa un nombre predeterminat de vegades, on les coordenades dels jaciments son assignades aleatòriament d'entre les disponibles en el conjunt L , per després calcular la suma ponderada d'acord amb [22]. D'aquesta manera, en cada iteració s'obté una taxa de creixement, generant un vector de valors simulats per cada una de les transicions entre blocs temporals. Les desviacions respecte al model nul s'identifiquen, doncs, com aquelles localitzacions on la taxa de creixement és significativament més gran o petita que la distribució de taxes de creixement simulades. Els "p-valors" d'aquestes desviacions es calculen mitjançant la fórmula $(r + 1) / (n + 1)$, on n és el total de simulacions, i r és el nombre de rèpliques on el valor observat de la taxa de creixement és superior (pels punts "calents") o inferior (pels punts "freds") als valors simulats (aplicant la mateixa correcció que en el cas del test de significació de les SPD, vegeu secció 6.1.3). Atès el perill de incórrer en l'error de tipus I (segons el qual es

podria refutar incorrectament el model nul), Crema *et al.* (2017) proposen, tanmateix, adoptar la perspectiva del *false discovery rate*, calculant els "q-valors" tant per les desviacions positives com negatives. Així doncs, mentre que un p-valor de 0.05 implica que, sota la hipòtesi nul·la, hi ha un 5% de probabilitat d'obtenir un resultat igual o més extrem que l'observat simplement per casualitat, un q-valor per sota de 0.05 significa que, entre els resultats declarats significatius, s'espera que el 5% siguin falsos positius.

6.2. Disseny Experimental

6.2.1. Definició dels models cronològics

Amb l'objectiu d'avaluar les implicacions de les diferents opcions d'implementació, s'han plantejat un total de sis models cronològics, incloent-hi les diferents opcions jeràrquiques exposades en l'apartat 6.1, i establint dues possibles relacions entre les fases del NMI i el NMP. Aquests models han estat emprats tant per realitzar inferències cronològiques sobre els paràmetres, com per la construcció dels intervals de l'anàlisi aorístic, possibilitant així la seva comparació. En aquest sentit, les diferències en els resultats s'han tractat a nivell interpretatiu, sense efectuar formalment una selecció de models i considerant les diferents opcions com hipòtesis de treball (amb la intenció de suggerir possibles línies d'actuació futures).

En tots els casos, els models s'han implementat d'acord amb l'estructura jeràrquica definida per les equacions [8-11], en la que les datacions s'integren en models de fase individuals per cada un dels jaciments, reduint així l'error de mostreig associat a la sobrerrepresentació. Pels valors de $\mu(\theta_i)$ i $\sigma(\theta_i)$ s'ha utilitzat la corba de calibració IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020). Els esquemes dels models han consistit en: 1) un model multifase global, en què cada jaciment contribueix individualment en l'estimació dels paràmetres d'inici i final de les dues fases generals; 2) un model multifase regional, en què s'estima l'inici i final de cada regió de manera independent i on cada jaciment contribueix només a l'estimació dels paràmetres de la regió a la qual pertany (que al seu torn s'inclou en les dues fases globals); i 3) un model multifase regional en el que els

paràmetres d'inici i final de les fases de cada regió estan autocorrelacionats espacialment d'acord amb les equacions [11-14], utilitzant la funció de covariància definida per [15], i estimant els valors mitjans d'inici i final global (que representa el valor "esperat" d'aquests paràmetres per tota l'àrea d'estudi).

Paral·lelament, per cada un dels models definits anteriorment s'han implementat dues versions diferenciades, representant cada una d'elles una relació diferent entre les dues fases (NMI i NMP). Específicament, s'ha implementat un model *a* en què les fases són independents l'una de l'altre, permetent tant la superposició entre aquestes com l'existència de possibles hiatus, menters que el model *b* s'ha definit d'acord amb una restricció de seqüencialitat entre el NMI i el NMP, de manera que la segona fase sempre s'iniciï després de la primera. Aquesta restricció s'ha implementat de manera senzilla pels models 2 i 3, establint la condició que, per cada regió, el paràmetre de final del NMI sigui anterior al paràmetre d'inici del NMP: $v_{k,FASE[1]} > v_{k,FASE[2]}$. A efectes pràctics, això s'ha dut a terme mitjançant la distribució de probabilitat en l'espai de $\{0, 1\}$ definida en la secció 6.1.2, assignant una probabilitat de 0 en cas que la condició no hagi entat satisfeta durant el mostreig dels paràmetres de la MCMC. D'aquesta manera, la condició només s'avalua per cada regió individualment, influint de manera indirecta en l'estimació de les fases generals del model 2 o els valors mitjans del model 3.

Contràriament, el model 1 presenta la dificultat de què aquesta condició no pot ser efectivament satisfeta per les fases globals, atès que les diferències cronològiques entre les regions no permeten establir una separació clara entre les fases. Això és degut al fet que les distribucions de probabilitat de les datacions més recents de la fase NMI presenten valors de 0 en els trams més antics de les datacions del NMP, impossibilitant que la MCMC s'iniciï. Com a conseqüència, s'ha optat per una implementació en la qual es determinen, per cada regió, l'esdeveniment (datat) més recent de la fase NMI i el més antic de la fase NMP, per després avaluar la condició de seqüencialitat entre aquests: $\min(\theta_{i,k,FASE[1]}) > \max(\theta_{i,k,FASE[2]})$. Així doncs, per cada regió *k*, l'esdeveniment més recent de la fase NMI sempre és anterior al més antic del NMP, mentre que els paràmetres d'inici i final de les fases poden presentar solapaments a un nivell global.

Els priors utilitzats pels paràmetres d'inici i final de les fases globals (pel model 1), les fases regionals (pel model 2), o els valors mitjans (pel model 3), han consistit en una distribució uniforme definida per un interval de temps constant, amb un màxim de 7500 BP. i un mínim de 4500 BP. D'aquesta manera, no ha estat necessari introduir cap informació cronològica addicional en els models, a excepció de la condició de seqüencialitat en les versions *b*.

Pel model 3, s'ha definit una matriu de distància per les tretze regions, amb l'objectiu d'aplicar la funció de covariància [15] i establir el grau d'autocorrelació entre elles. Aquesta matriu ha estat construïda mitjançant distància mínima entre jaciments per cada parella de regions, és a dir, calculant totes les distàncies entre els jaciments de la regió *A* i la regió *B*, i seleccionant el valor mínim. Com a conseqüència, aquesta matriu no representa un espai euclidià de dues dimensions, atesa la presència d'autovalors negatius després d'aplicar la funció de covariància. Així doncs, ha estat necessari establir un valor ϵ^2 suficientment gran per a garantir aquest requisit, representant el valor de covariància mínima entre les regions (el qual en el cas dels models *a* i *b* finals s'ha fixat en 0.3). Per altra banda, el model 3 ha requerit la incorporació de priors pels paràmetres η i ρ de la funció d'autocorrelació espacial, pels quals no es disposa d'informació independent proveint d'altres línies d'evidència arqueològica (i que efectivament poden tindre una important incidència en el resultat final). Per tal d'avaluar el seu efecte, s'ha explorat l'espai paramètric amb tres valors per cada un d'ells: 0.1, 1 i 2 per η , i 5, 20 i 60 per ρ , utilitzant el model de seqüencialitat entre fases (variant *b*). El resultat d'aquesta exploració (vegeu secció 7.1) ha suggerit la utilització d'una distribució que permeti un ventall ampli de valors per η i ρ . Així doncs, s'han utilitzat dues distribucions Gamma per modelar aquests paràmetres, les quals garanteixen valors positius i presenten certa asimetria, esbiaixada a la dreta (vegeu Crema *et al.* (2022) per una aplicació similar). Pel cas de η , s'ha utilitzat un paràmetre de forma de 10 i una escala de 0.142 (truncada entre 0.05 i 5), de tal manera que la seva moda se situa al voltant de 1. Per altra banda, ρ s'ha modelat amb una forma de 55 i una escala de 0.4 (truncada entre 1 i 200), presentant així una moda al voltant del valor 20.

6.2.2. Configuració de la MCMC, diagnòstic i representació gràfica

L'estimació de les probabilitats a posteriori dels paràmetres dels models ha estat obtinguda utilitzant el mostreig de *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC), mitjançant els paquets *nimble* (de Valpine *et al.*, 2017) i *nimbleCarbon* (Crema & Shoda, 2021) de R (R Core Team, 2024). En els tres models plantejats, tant els paràmetres de θ com els paràmetres d'inici i final de les fases (de les distribucions uniformes) s'han mostrat emprant l'algoritme *Metropolis-Hasting adaptive random walk sampler*, amb un valor per *adaptInterval* de 20.000 i un *adaptFactorExponent* de 0.1, els quals han mostrat una major convergència en les execucions de prova. Els paràmetres de η i ρ del model 3 han estat mostrats de la mateixa manera. Tanmateix, els valors de v_G i $\zeta^{[v]}$, i v_G i $\zeta^{[v]}$ del model 3 han estat inferits utilitzant l'algoritme *automated factor slice sampler* (Tibbits *et al.*, 2014), amb la intenció de tenir en compte les potencials correlacions entre aquests paràmetres (vegeu Crema *et al.* (2022) per una aplicació similar).

Per a les exploracions dels paràmetres de la funció de covariància (vegeu secció 7.1), s'ha executat una sola cadena amb 1.500.000 iteracions (la meitat dedicades a *burn-in*) i un valor de *thin* de 25 (obtenint així 30.000 mostres de les distribucions de probabilitat). Per altra banda, pels models finals s'han executat quatre cadenes amb 8 milions d'iteracions cadascuna (la meitat dedicades a *burn-in*) i un valor de *thin* de 100 (amb un total de 40.000 mostres per cada cadena). La convergència de les cadenes ha estat avaluada utilitzant el criteri de diagnòstic de Gelman-Rubin (Gelman & Rubin, 1992), el qual ha retornat valors per sota de 1.01 per a gairebé tots els paràmetres dels models, a excepció d'alguns paràmetres que han reportat valors pròxims a 1.03. L'examinació visual dels gràfics ha suggerit una causa d'aquest factor deguda a la forma multimodal de les seves distribucions, per la qual cosa s'ha considerat que no existeixen problemes des del punt de vista de la inferència (vegeu Crema *et al.*, (2022) per uns resultats similars).

Els resultats dels models s'han resumit mitjançant el càlcul de la mediana de les distribucions d'inici i final de les fases regionals, les quals s'han representat en mapes

d'acord amb els seus valors (vegeu apartat 7.2). D'aquesta manera, tots els jaciments de cada regió presenten la mateixa magnitud, evitant així mostrar els valors associats a les seves estimacions individuals (és a dir, l'inici i final de les ocupacions dels jaciments, la qual cosa comportaria un fort biaix interpretatiu).

Paral·lelament, s'han elaborat diversos mapes a intervals de temps regulars de 50 anys (vegeu secció 7.2.2), en els quals s'ha calculat la probabilitat acumulada de cada fase per cada regió, interpolant els seus valors. Aquest procediment s'ha dut a terme de manera similar a la representació anterior, assignant el mateix valor de probabilitat a tots els jaciments d'una mateixa regió. Per obtenir aquest valor, s'ha calculat la probabilitat acumulada de l'inici i el final de cada fase per separat (en el cas del paràmetre final, de manera invertida), i s'ha seleccionat el valor mínim entre les dues. D'aquesta manera, el valor de probabilitat arriba a 1 al final de la distribució d'inici, per després decaure fins a 0 d'acord amb la distribució del paràmetre final. Cal tenir en compte que, en el cas que hi hagi un solapament important entre les dues distribucions, la seva probabilitat acumulada no arriba a 1 (ja que s'està seleccionant el valor mínim entre les dues). Posteriorment, els valors de probabilitat han estat interpolats mitjançant un procediment de kriging simple (amb un valor esperat o tendència de 0) i un model geoestadístic esfèric amb un rang de 40 km, un *sill* de 0.05 i un *nugget* de 0. En els mapes finals, les rampes de color de les dues fases s'han combinat per tal de representar la incertesa associada a la possible convivència d'aquestes. El resultat és una combinació de colors que reflecteix la magnitud dels seus valors, calculada a través de la mitjana dels canals RGB.

Tanmateix, s'han elaborat gràfics de les distribucions de probabilitat del model 3, mostrant els paràmetres d'inici i final de cada regió per separat (vegeu Annex B). D'aquesta manera s'han representat els seus valors en l'escala temporal de forma contínua, permetent la comparació directa dels resultats. Amb la intenció de reflectir millor la variació de les estimacions regionals, les distribucions regionals s'han mostrat conjuntament amb la distribució esperada dels paràmetres d'inici i final (és a dir, v_G i v_G), de tal manera que es pugui apreciar visualment la seva divergència.

Finalment, pel cas del model 3b (model d'autocorrelació espacial amb relació de seqüencialitat entre fases), s'ha calculat l'any més probable de transició entre les dues fases, el qual ha estat utilitzat com un valor orientatiu per visualitzar el possible canvi cultural estudiat (tot i no poder considerar-se una inferència estrictament). Aquest any s'ha calculat a través del còmput del valor mitjà entre el final del NMI i l'inici del NMP en cada iteració de la MCMC, determinant la mediana de la distribució així obtinguda (que en el cas de distribucions unimodals, equival al punt d'intersecció entre les distribucions del final del NMI i l'inici del NMP). Al contrari que en els casos anteriors, el còmput s'ha realitzat també per aquelles regions en les quals s'ha considerat l'absència d'una de les fases, utilitzant la distribució de probabilitat regional inferida únicament a través de l'autocorrelació espacial. Aquesta transició s'ha representat com una línia discontinua en els gràfics de les distribucions de probabilitat de les fases regionals (vegeu Annex B), així com en l'elaboració d'un mapa en forma de "camp aleatori" acompanyat d'isolínies. Per l'elaboració del mapa s'ha seguit el mateix procediment descrit pels mapes de probabilitat acumulada, però interpolant el valor de transició mitjançant kriging ordinari i un model geoestadístic esfèric amb un rang de 40 km, un *sill* de 4000 i un *nugget* de 0. Al mapa resultant de la interpolació se li han extret isolínies a intervals de 25 anys, i s'han mostrat conjuntament amb el camp aleatori (vegeu secció 7.2.2).

6.2.3. SPD, anàlisi aorístic i test de significació

La SPD ha estat construïda amb el paquet *rcarbon* (Crema & Bevan, 2021) de R, utilitzant totes les datacions considerades pel model bayesià i calibrant-les d'acord amb l'equació [17], mitjançant la corba de calibració IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020). Amb la intenció de comparar els resultats, s'han calculat les SPD tant de les datacions normalitzades com de les datacions no normalitzades, tot i que només la SPD de datacions no normalitzades s'ha emprat per als tests de significació. Tanmateix, s'ha utilitzat el procediment de *binning* (vegeu seccions 3.2.4 i 6.1.3), definint les agrupacions dins de cada jaciment d'acord amb un valor *h* de 100 anys. Per tal de minimitzar els artefactes generats per errors de mostreig i els efectes de la calibració (els

quals poden conduir a una sobre-interpretació del resultat), s'ha aplicat una mitjana mòbil de 50 anys a les SPD obtingudes, facilitant la seva comparació amb el resultat de l'anàlisi aorístic. Paral·lelament, s'han construït SPDs individuals utilitzant només les datacions de cada una de les regions definides en l'estudi, amb la intenció de proporcionar una lectura visual de les trajectòries paleodemogràfiques locals (vegeu Annex B).

Per l'anàlisi aorístic, s'han definit un total de 18 blocs temporals, establerts de manera constant amb intervals de 100 anys. Per cada un dels models cronològics, s'han utilitzat les mostres dels paràmetres de la MCMC per establir els límits de les fases, simulant un esdeveniment per cada fase registrada en cada un dels jaciments de la base de dades. Aquesta simulació ha consistit a seleccionar a l'atzar un únic any del calendari entre l'inici i el final de la fase, obtenint així el mateix nombre de dates simulades que mostres dels paràmetres en els models cronològics (en aquest cas 40.000). Posteriorment, per cada iteració de les simulacions es comptabilitza el nombre d'esdeveniments de cada bloc temporal, obtenint una distribució de comptatges tant per la trajectòria general com per cada una de les regions individualment.

Aquesta distribució de comptatges s'ha resumit mitjançant el càlcul de la mitjana, la mediana i el quantil 95%, construint un gràfic de barres en el que es mostren tant els valors de tendència central com la dispersió de la distribució (és a dir, els valors dels quantils 0.025 i 0.975). De manera paral·lela, en cada iteració de la simulació s'ha calculat un *kernell density estimate* dels anys singulars dels esdeveniments, així com els pesos aorístics de cada jaciment individualment, amb la intenció d'utilitzar-los en els tests de significació. Pel cas del *kernell density estimate*, s'ha fet servir la funció *density* de R amb l'opció de selecció automàtica del paràmetre de *bandwidth*, mentre que els pesos aorístics dels jaciments s'han calculat mitjançant el comptatge dels anys individuals de l'interval temporal de la fase per cada un dels blocs temporals, normalitzant el resultat per tal que la seva suma sigui igual a 1.

El test de significació de la SPD s'ha realitzat amb la funció *modelTest* del paquet *rcarbon* de R (Crema & Bevan, 2021), establint un nombre de simulacions igual a 10.000 i aplicant el procediment de *binning* de la mateixa manera que en l'obtenció de la SPD descrita anteriorment. Tanmateix, s'ha utilitzat una mitjana mòbil de 50 anys, i la SPD final s'ha normalitzat amb l'objectiu de poder comparar-la amb el model nul (però utilitzant les distribucions no normalitzades de les datacions). El model nul (vegeu secció 6.1.3) s'ha definit d'acord amb la mitjana dels valors dels *kernell density estimate* obtinguts en les simulacions de l'anàlisi aorístic, de manera que el test compari les dues línies d'evidència arqueològica. Per altra banda, la taxa de creixement s'ha calculat amb una distància de 100 anys entre l'any focal i l'any de retrocés, modificant l'equació [19] per tal que el resultat es multipliqui per aquest valor de distància (vegeu Crema & Kobayashi (2020) per una implementació similar).

Finalment, el test d'estacionarietat espacial de les datacions radiocarbòniques s'ha realitzat amb la funció *sptest* del paquet *rcarbon* de R (Crema & Bevan, 2021), establint el nombre de simulacions en 10.000 i construint la SPD de la mateixa manera que en el test descrit anteriorment. Els blocs temporals emprats han estat els mateixos que en l'anàlisi aorístic (amb intervals fixos de 100 anys), i el valor de h en l'equació [21] s'ha fixat en 28 km (valor equivalent a utilitzar un valor ρ de 20 en la funció de covariància definida en l'equació [15]). D'altra banda, el test d'estacionarietat espacial dels jaciments no datats s'ha efectuat amb una versió modificada de la funció *sptest*, adaptada per permetre la utilització dels pesos aorístics dels jaciments en lloc de les distribucions de probabilitat de les datacions radiocarbòniques, els quals s'han calculat mitjançant la mediana de totes les simulacions per cada bloc temporal. El test s'ha portat a terme utilitzant els mateixos blocs temporals que en el cas anterior, amb un nombre total de simulacions de 10.000. No obstant això, els pesos aorístics s'han agregat, per cada jaciment, d'acord amb una funció de ponderació fixa, la qual estableix que els pesos siguin igual a 1 per jaciments dins d'un radi h , i 0 pels jaciments fora d'aquest rang. S'ha optat per aquest esquema de ponderació atès que els pesos aorístics dels jaciments d'una mateixa regió són els mateixos, evitant així resultats significatius espuris. El valor de h ,

en aquest cas, s'ha fixat en 14 km, el qual representa un bon valor mitjà de la distància entre jaciments d'una mateixa regió.

7. Resultats

7.1. Exploració dels paràmetres d'autocorrelació espacial

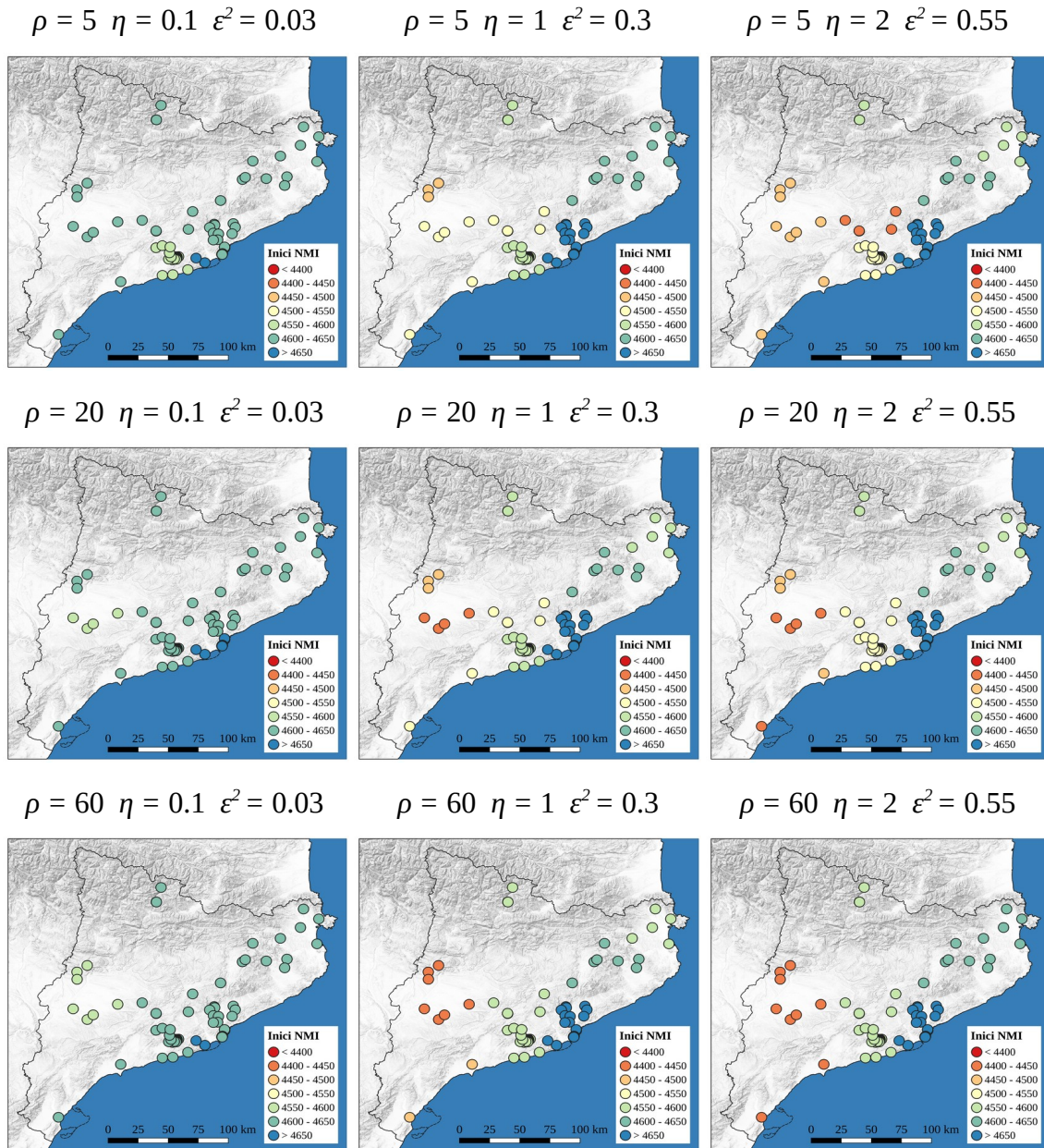


Fig. 3. Exploració dels paràmetres ρ , η i ε^2 , representant la data mediana de l'inici de la fase NMI (model seqüencial).

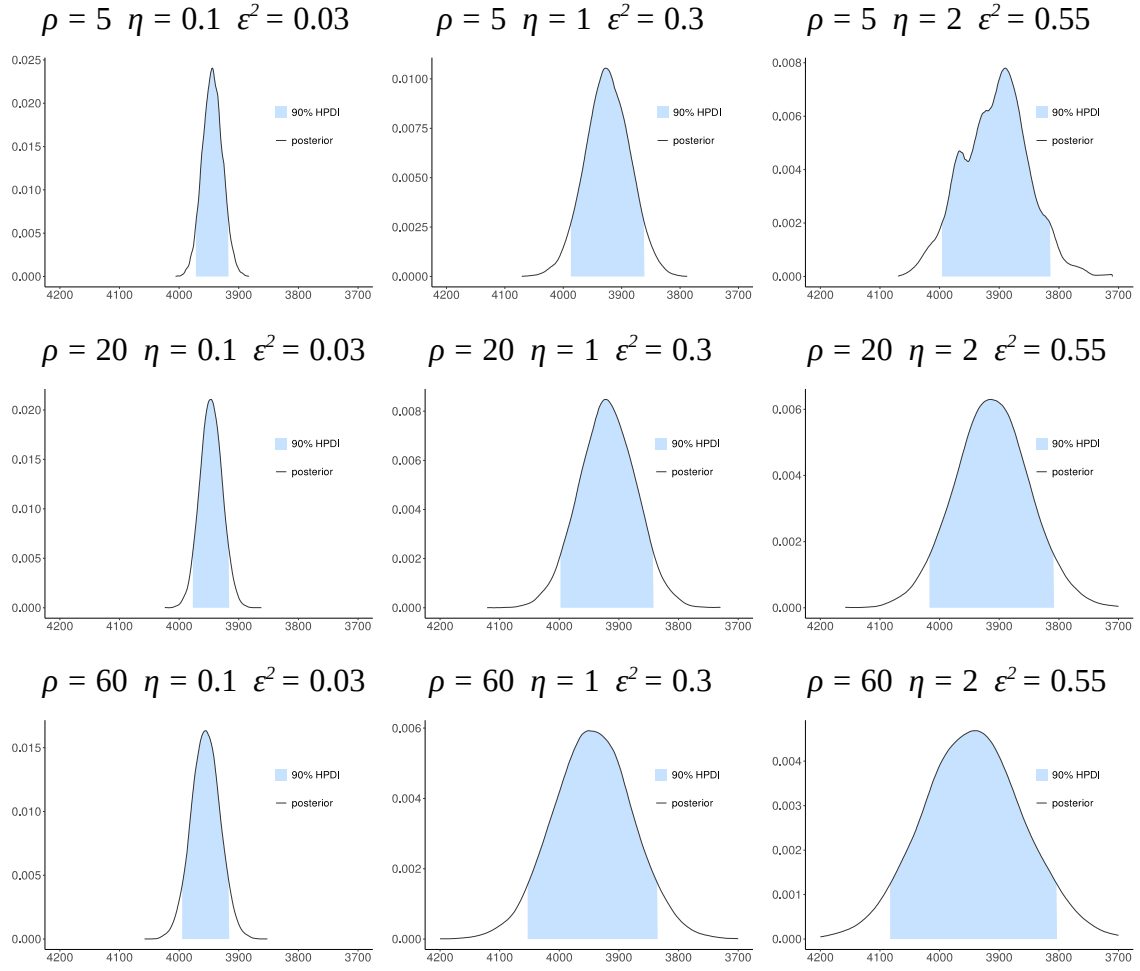


Fig. 4. Exploració dels paràmetres ρ , η i ϵ^2 , representant la distribució de probabilitat del valor esperat per l'inici de la fase NMP del model seqüencial ($v_{G, \text{FASE}[2]}$).

L'exploració dels paràmetres d'autocorrelació espacial ha mostrat un important efecte de η en l'estimació de les fases regionals, paràmetre que es troba estretament relacionat amb el valor de la constant c (i que en aquest cas ha estat fixada en 100). Aquesta relació es basa en el fet que les variacions locals $\zeta^{[u]}$ i $\zeta^{[v]}$ són modulades per la constant c en les equacions [11-12], permetent un major o menor ajustament dels paràmetres d'inici i final de fases regionals. És a dir, atès que la distribució normal multivariada de les equacions [13-14] està centrada en 0, i que la matriu de covariància està definida per η i ρ , la magnitud del paràmetre η actua com el principal responsable de la variació local de les fases, el qual es tradueix en anys del calendari a través de la constant c .

En la figura 3 pot apreciar-se aquest efecte sobre l'estimació de l'inici de la fase NMI, en la que es mostra una escassa variació quan el valor de η s'ha fixat en 0.1 (columna de la dreta). Efectivament, els valors d'inici de la fase es mostren especialment homogenis, amb una variabilitat que no supera els 100 anys, mentre que un valor de 2 en η (columna de l'esquerra) presenta una variació de més de 250 anys entre les diferents regions, permetent així un major ajustament a les dades radiocarbòniques. Per altra banda, el paràmetre ρ actua conjuntament amb η , provocant una major similitud en els valors d'inici de la fase segons la distància entre les regions, però sense afectar substancialment en la dispersió dels seus valors. Així doncs, es pot afirmar que un valor baix en ρ , conjuntament amb un valor alt en η , genera un resultat que convergeix a l'esperat si s'utilitza un model de regions diferenciades sense autocorrelació espacial (model 2b, figura 6). Contràriament, si es fixa un valor baix en η , el resultat convergeix a un model global sense autocorrelació espacial (model 1), en el que els paràmetres d'inici i final de les fases tendeixen als valors mitjans de tota la regió d'estudi, amb un efecte reduït del paràmetre ρ (atès que la variació permesa per η resulta excessivament limitada com per afectar substancialment a la variació de ρ).

En aquest sentit, un altre efecte important que cal mencionar és l'impacte η i ρ sobre l'estimació de la mitjana (o valor esperat) de l'inici i final de les fases, és a dir, els paràmetres u_G i v_G en les equacions [11-12]. De manera similar que en l'efecte mencionat anteriorment, el fet de fixar η amb un valor baix provoca que el resultat s'assimili a la utilització d'un model global (sense estimació de la variació entre regions), la qual cosa implica que les distribucions de probabilitat de u_G i v_G convergeixin a les distribucions de u i v obtingudes amb un model del tipus 1, atès que les variacions locals $\zeta^{[u]}$ i $\zeta^{[v]}$ presenten una incidència mínima sobre el resultat. Com a conseqüència, les distribucions de probabilitat de u_G i v_G mostren una menor incertesa, en comparació amb les obtingues amb valors més alts de η (figura 4). Aquest efecte es pot explicar per les propietats matemàtiques de la mateixa distribució uniforme, la qual, com s'ha assenyalat en l'apartat 3.3, redueix la incertesa en els seus paràmetres d'inici i final en funció del nombre d'evidències que s'incloguin en aquesta. Així doncs, en reduir el valor de covariància η , el model respon de manera similar a com actuaria en el cas d'absència

d'autocorrelació espacial, tractant tots els jaciments de la regió d'estudi conjuntament per l'estimació de v_G i v_G . Al contrari, un valor alt en η provoca que el model doni una major importància al nombre d'evidències de cada regió (en aquest cas jaciments), disminuint la confiança en les estimacions globals v_G i v_G , i presentant una major incertesa en els paràmetres d'inici i final a conseqüència del menor nombre d'evidències contingudes en cada regió. Per altra banda, el paràmetre ρ sembla actuar de manera similar, provocant una major incertesa en v_G i v_G a mesura que el seu valor augmenta (malgrat que el seu efecte en valors baixos de η no tingui un impacte tan gran, vegeu la comparació en la figura 4).

Com s'ha comentat en la secció 6.2.1, els resultats d'aquesta exploració han suggerit la utilització de distribucions gamma per modelar els priors dels paràmetres de la funció de covariància. En la figura 5 es mostren les distribucions de probabilitat a posteriori d'aquests paràmetres pel model 3b, indicant una clara concentració dels valors de η al voltant 1. Aquest resultat sembla constatar la rellevància de la utilització de la funció d'autocorrelació espacial, en desestimar els valors alts de η i afavorir una major homogeneïtat espacial en l'inici i final de les fases (en detriment d'un resultat més similar al model 2). Altrament, el paràmetre ρ no presenta una distribució de probabilitat a posteriori substancialment diferent de la del prior, indicant així el reduït impacte d'aquest paràmetre en el resultat del model. En aquest sentit, les diferències observades en la columna central de la figura 3 (corresponent al valor fix de $\eta = 1$) podrien respondre més aviat a una combinació entre la variació del paràmetre ρ i la durada estimada de la fase, la qual depèn tant del paràmetre del final de la fase NMI com de l'inici del NMP (en haver establert una relació de seqüencialitat).

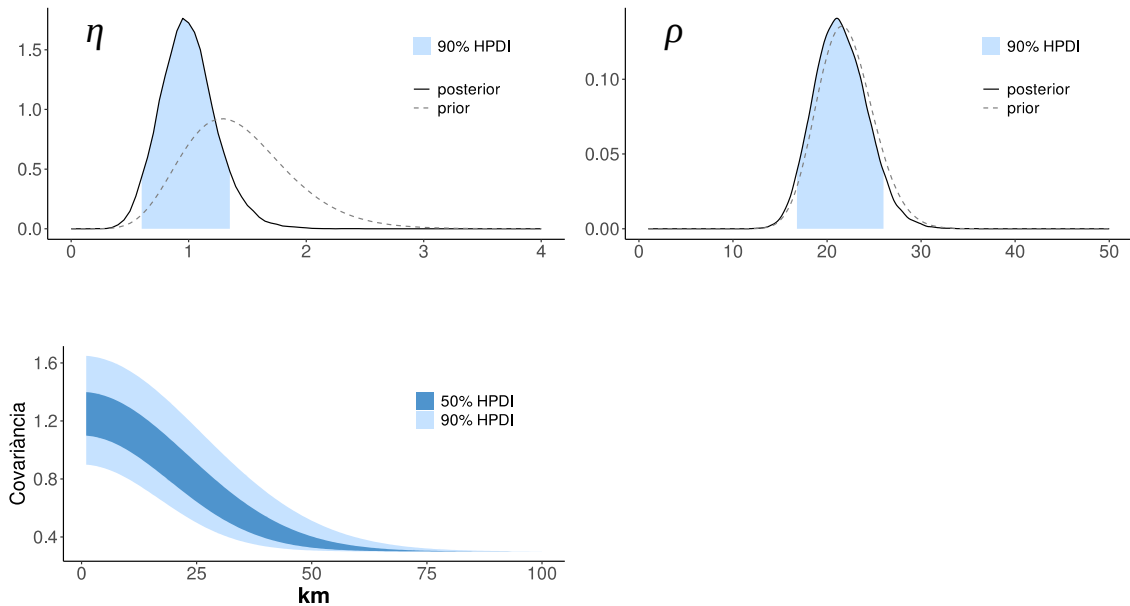


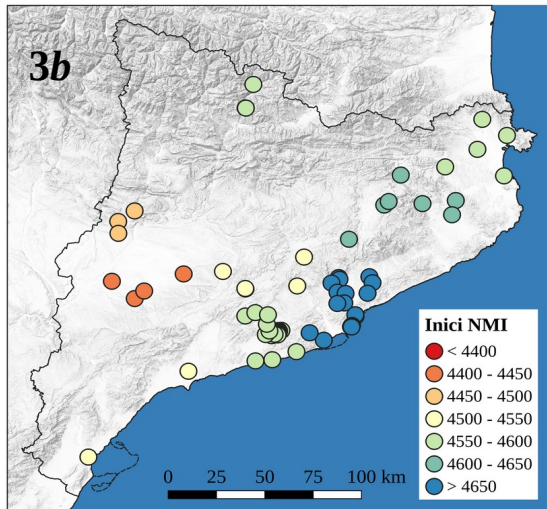
Fig. 5. A la part superior: Distribució de probabilitat dels paràmetres η i ρ . A la part inferior: Funció de covariància definida d'acord amb el HPDI (interval de densitat posterior màxima) dels paràmetres η i ρ .

7.2. Model cronològic

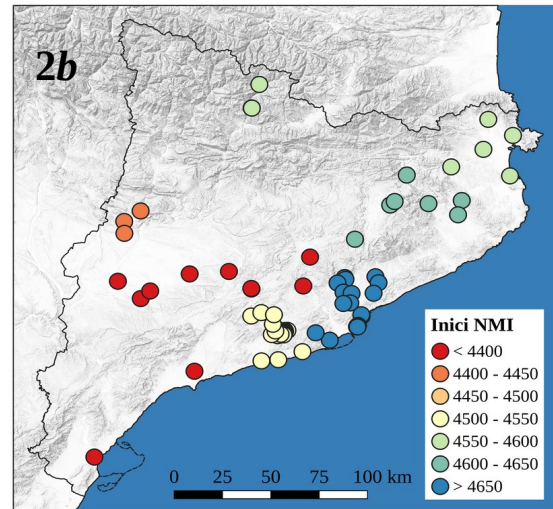
7.2.1 Inici del NMI i final del NMP

En les figures 6 i 7 es mostren els resultats de l'inici de la fase NMI i el final de la fase NMP, obtinguts pels models 2a, 2b, 3a i 3b. Les estimacions d'aquests paràmetres es mostren conjuntament en aquesta secció en tractar-se dels límits temporals del període analitzat, i per tant no reflecteixen la problemàtica de la transició entre fases estudiades. Tanmateix, en no haver modelat aquests paràmetres amb relació a les fases anterior i posterior (Neolític antic Epicardial i Neolític final - Calcolític respectivament), les inferències cronològiques que se'n poden derivar són febles, per la qual cosa els seus resultats s'interpreten principalment des d'un punt de vista metodològic.

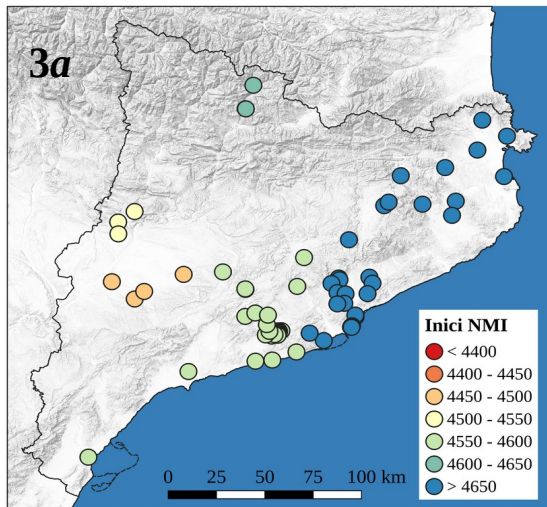
Model autocorrelacionat seqüencial



Model regional seqüencial



Model autocorrelacionat no seqüencial



Model regional no seqüencial

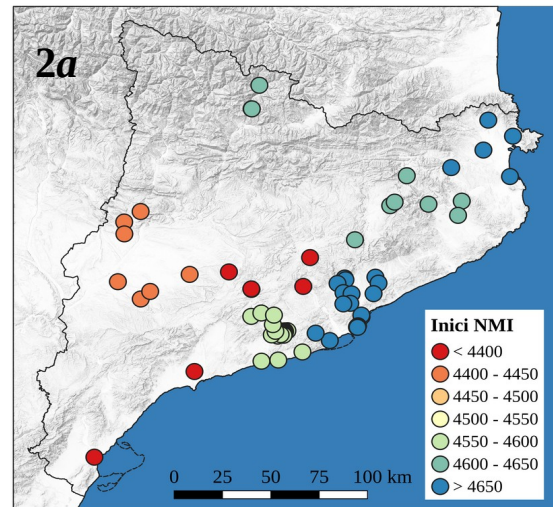


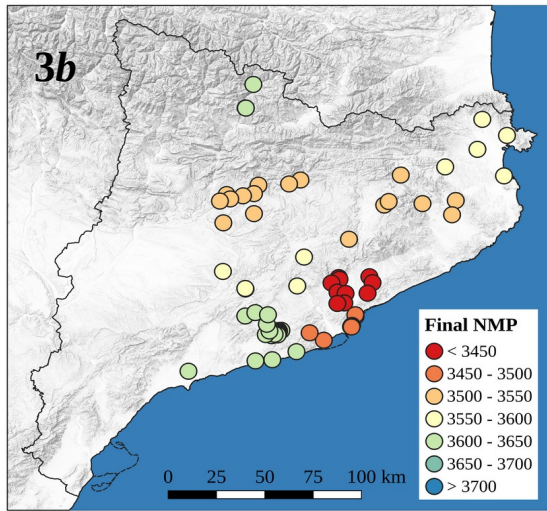
Fig. 6. Data mediana de l'inici de la fase NMI, d'acord amb els models 3b (autocorrelacionat seqüencial), 2b (regional seqüencial), 3a (autocorrelacionat no seqüencial) i 2a (regional no seqüencial).

El primer aspecte que cal assenyalar és l'existència d'una major homogeneïtat en els valors del model 3a respecte al model 3b, tant en l'inici del NMI com en el final del NMP. Específicament, aquest efecte es pot observar clarament en les regions de l'Empordà, la Catalunya humida i la Catalunya central, les quals presenten uns valors

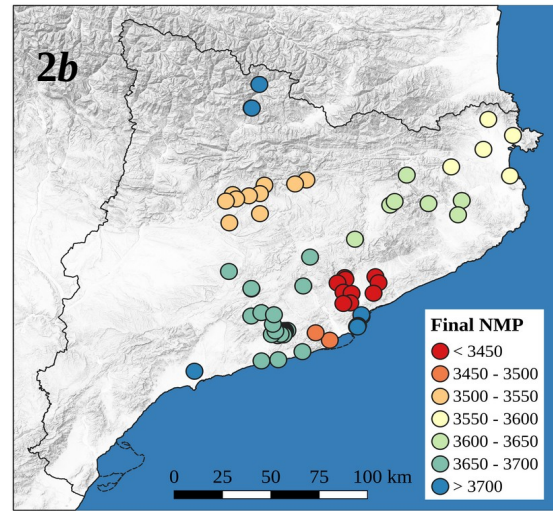
més similars als observats en les regions limítrofes en el model sense relació entre fases (model *a*). Aquest factor és degut possiblement a la diferència en l'estimació de l'amplitud de les fases, les quals són substancialment més llargues en el cas del model *a* (atès que no estan limitades per la condició de seqüencialitat, i per tant estableixen els seus inicis i finals d'acord únicament als esdeveniments que les conformen). Efectivament, ja que la densitat de probabilitat de la distribució uniforme és relativa a la diferència entre els paràmetres d'inici i final, és possible que es generi una interacció entre les probabilitats de les fases i de la distribució normal multivariada que determina les variacions locals, provocant que aquesta tingui una major incidència en el model de seqüencialitat (el qual inevitablement presentarà fases més curtes). Tanmateix, aquest efecte es pot apreciar també entre el model *2a* i el model *2b* (tot i que en grau més baix), els quals, malgrat no incorporar la funció de covariància, són susceptibles també a l'efecte generat per la diferència d'amplitud de les fases.

Per altra banda, la comparació entre el model 2 i el model 3 rau en l'efecte generat per l'error de mostreig entre les diferents regions, el qual provoca que els paràmetres d'inici i final de les fases s'ajustin a les dades disponibles. Pel cas del NMI, aquest efecte resulta especialment notori en les regions de la Catalunya central, el Camp de Tarragona i les Terres de l'Ebre, en les que l'inici de la fase està poc representada per les datacions disponibles. Aquest factor genera uns valors excessivament recents (< 4400 ANE) en aquestes regions, les quals presumiblement podrien tindre una presència més antiga dels horitzons del NMI. En aquest sentit, el model 3 sembla representar millor la realitat cronològica, atès que es tracta d'un model que té en consideració el conjunt d'informació en la seva totalitat. Així doncs, l'àrea amb les evidències més antigues de la fase NMI podria tractar-se de la zona central de la costa catalana (amb els nuclis del Baix Llobregat, el Pla de Barcelona i el Vallès), així com possiblement la Catalunya humida i l'Empordà (que en el cas del model *3a* presenten valors d'inici similars). Per contra, la regió de Lleida i el Prepirineu és la que mostra l'inici més tardà de la fase (al voltant del 4500 ANE), coincidint amb l'aparició d'una fàcies regional amb una entitat fortament marcada (vegeu secció 8.2.1).

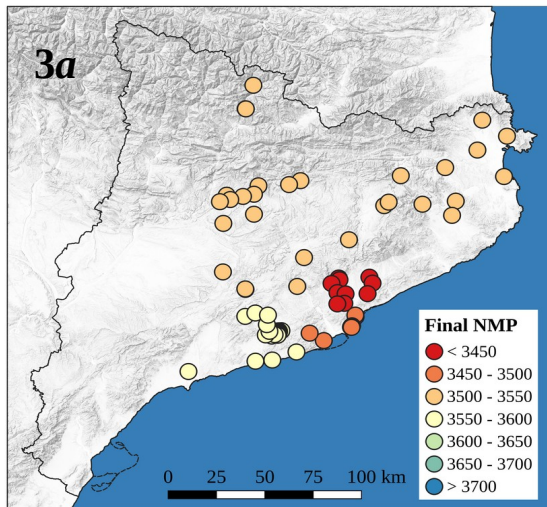
Model autocorrelacionat seqüencial



Model regional seqüencial



Model autocorrelacionat no seqüencial



Model regional no seqüencial

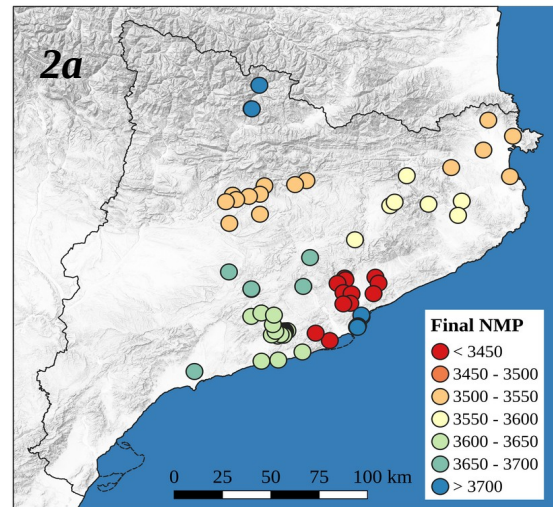


Fig. 7. Data mediana del final de la fase NMP, d'acord amb els models 3b (autocorrelacionat seqüencial), 2b (regional seqüencial), 3a (autocorrelacionat no seqüencial) i 2a (regional no seqüencial).

El final de la fase NMP, per la seva banda, presenta la mateixa problemàtica assenyalada anteriorment, amb la diferència que l'error de mostreig del model 2 es correspon amb un final excessivament antic per certes regions. Aquest és el cas del Camp de Tarragona, el Pla de Barcelona o la regió del Pirineu, en les que el model 2 indica un final del NMP anterior al 3700 ANE (especialment problemàtic pel cas del Pla de Barcelona, el qual és contigu a les regions del Baix Llobregat i el Vallès, ambdues amb datacions molt recents

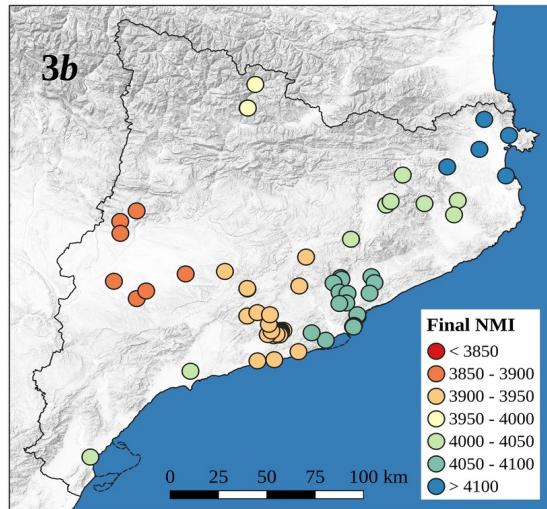
del NMP, vegeu secció 8.2.1). Tanmateix, el Penedès podria ser la regió en què la fase del NMP finalitza més aviat (al voltant del 3600 ANE, vegeu secció 8.2.4), mentre que el Vallès podria representar la regió amb la major pervivència de l'horitzó dels Sepulcres de Fossa (amb la possible excepció de la regió del Solsonà, vegeu secció 8.2.4).

7.2.2. Transició entre el NMI i el NMP

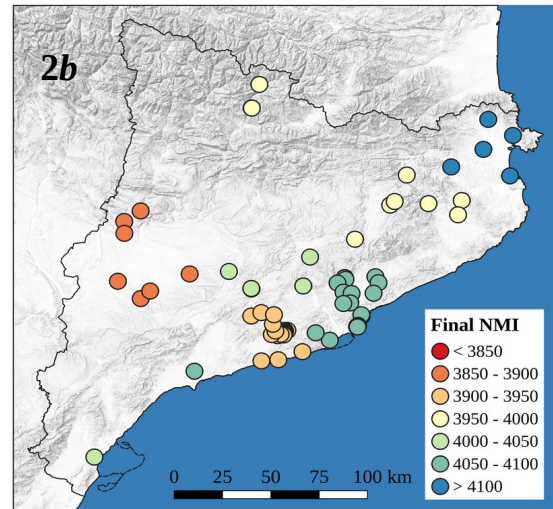
Els valors medians estimats pel final de la fase NMI i l'inici de la fase NMP es mostren en les figures 8 i 9, d'acord amb els models 2*a*, 2*b*, 3*a* i 3*b*. De manera similar als casos de la secció anterior, la diferència entre el model 2 i el model 3 és deguda a l'error de mostreig entre les regions, generant que en certes situacions el NMI finalitzi excessivament aviat o el NMP s'iniciï massa tard. No obstant això, aquestes diferències es minimitzen a causa de l'alta representativitat cronològica que es disposa pel possible episodi de transició, atès que la majoria de les regions gaudeixen de datacions que se situen entre el 4100 i el 4900 ANE. Més concretament, la diferència entre els models amb relació de seqüencialitat (2*b* i 3*b*) resulta particularment escassa, atès que la condició imposada actua com una restricció en l'envergadura de les fases. En aquest sentit, una de les regions amb més discrepància entre aquests dos models és la Catalunya humida, la qual presenta diferències tant en el final del NMI com en l'inici del NMP. Així mateix, la regió del Vallès presenta també una certa diferència en la mediana de l'inici de la fase NMP entre els models 2*b* i 3*b*, presentant un valor més similar al dels models sense relació de seqüencialitat pel cas del model 2*b*.

Paral·lelament, en la figura 10 s'ha representat, mitjançant isolínies, la data més probable de la transició entre les fases del NMI i el NMP, en la que es poden observar les diferències regionals obtingues amb el model seqüencial d'autocorrelació espacial. Malgrat que aquesta figura emmascari la incertesa associada a l'estimació de la transició (vegeu secció 6.2.2 pels procediments portats a terme), el resultat il·lustra amb claredat la variació geogràfica d'aquest episodi de canvi cultural, el qual certament no es presenta de manera uniforme per total l'àrea d'estudi. En termes generals, s'observa una

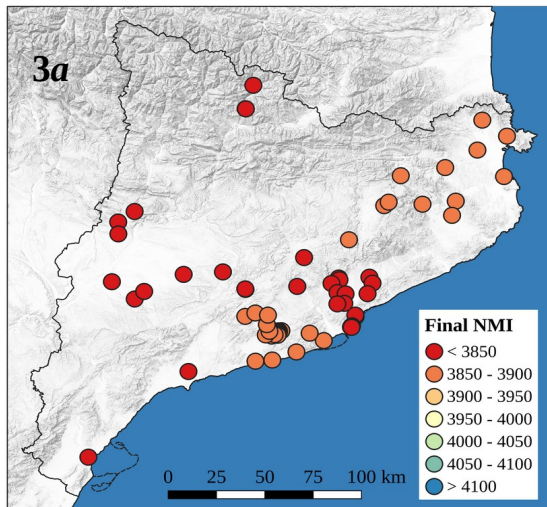
Model autocorrelacionat seqüencial



Model regional seqüencial



Model autocorrelacionat no seqüencial



Model regional no seqüencial

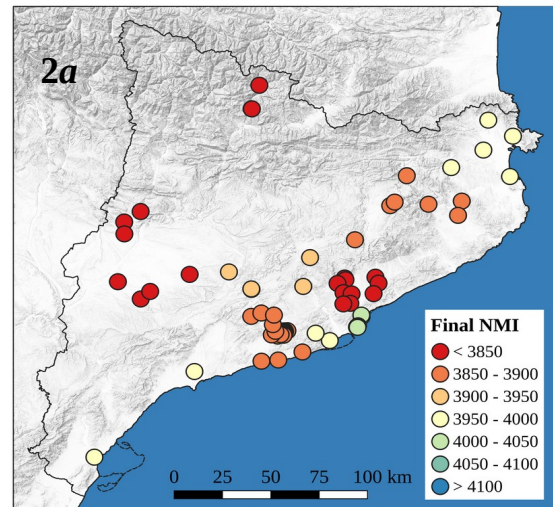
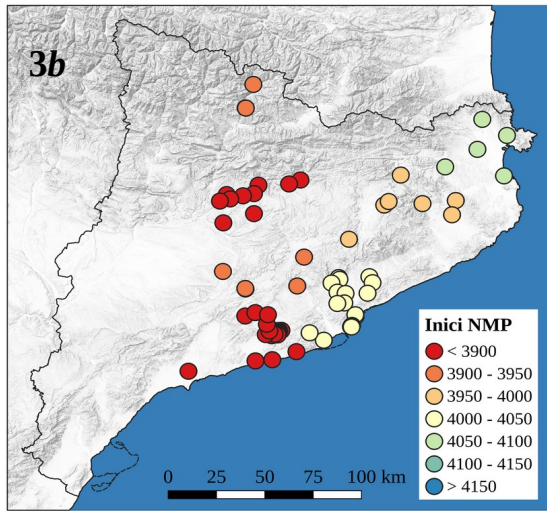


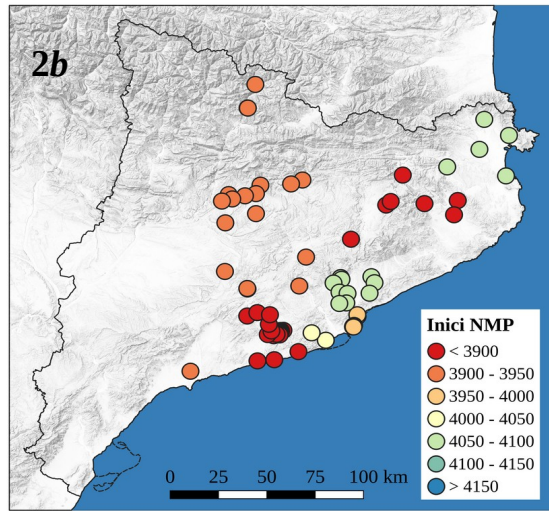
Fig. 8. Data mediana del final de la fase NMI, d'acord amb els models 3b (autocorrelacionat seqüencial), 2b (regional seqüencial), 3a (autocorrelacionat no seqüencial) i 2a (regional no seqüencial).

tendència diferenciada entre la zona del nord-est català (Empordà, Catalunya humida, Vallès i Pla de Barcelona) i la zona central i occidental de Catalunya (plana de Lleida, zona del Penedès i Catalunya central), la qual mostra en certs casos una distància cronològica de fins a 200 anys.

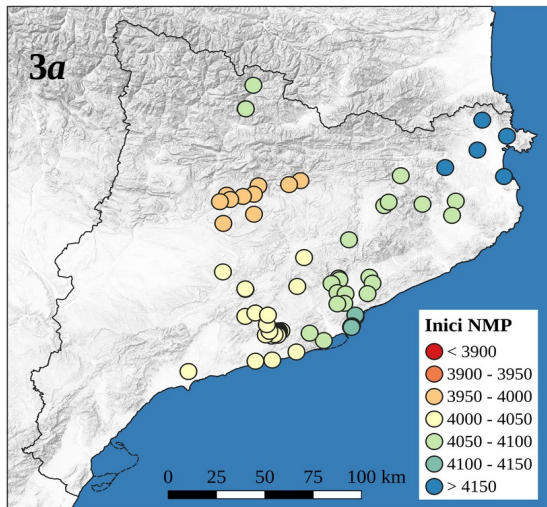
Model autocorrelacionat seqüencial



Model regional seqüencial



Model autocorrelacionat no seqüencial



Model regional no seqüencial

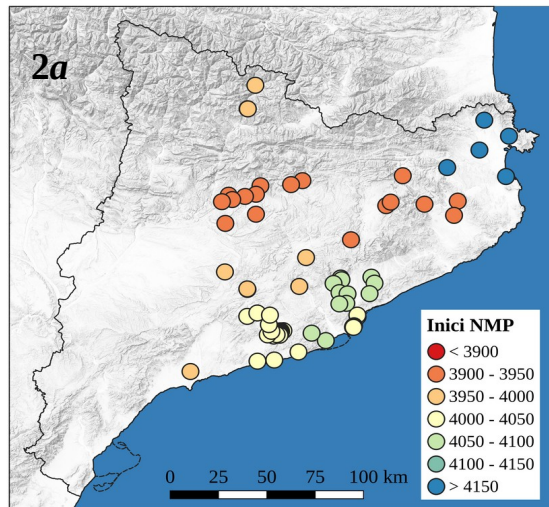


Fig. 9. Data mediana de l'inici de la fase NMP, d'acord amb els models 3b (autocorrelacionat seqüencial), 2b (regional seqüencial), 3a (autocorrelacionat no seqüencial) i 2a (regional no seqüencial).

Concretament, la zona en què sembla iniciar-se aquesta transició correspon a l'Empordà, seguida del Vallès i el Pla de Barcelona, les quals aparentment configuren una unitat territorial en sentit cronològic. No obstant això, cal recalcar les dinàmiques diferenciades d'aquestes dues regions (Vallès i Pla de Barcelona), no només en el sentit de les evidències arqueològiques, sinó també pel que fa als contextos datats en què es basa l'estimació d'aquesta transició (vegeu la discussió en la secció 8.2.3). Per contra, la

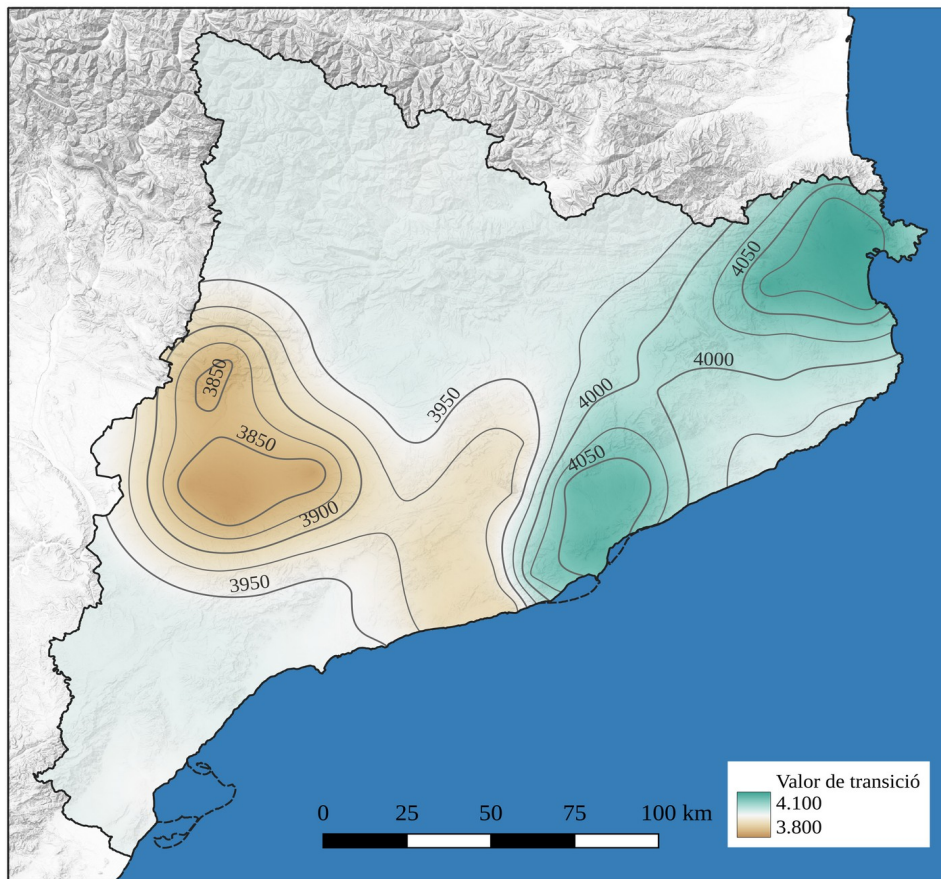


Fig. 10. Intersecció entre les distribucions del final del NMI i l'inici del NMP d'acord amb el model 3b (autocorrelacionat seqüencial), representant la data més probable de transició entre les dues fases.

zona amb les dates més recents per la transició és la regió de la plana de Lleida, la qual presenta certs jaciments amb una llarga perduració de la fase NMI (malgrat la dificultat en establir l'associació de certes datacions i contextos, vegeu secció 8.2.4). En aquest sentit, és necessari emfatitzar el fet que, per les regions de la plana de Lleida, no es disposa d'informació cronològica relativa a la fase del Neolític mitjà Ple, per la qual cosa l'estimació de la data de transició s'ha basat en la distribució de probabilitat "mitjana" del model d'autocorrelació espacial (limitada, tanmateix, per la restricció de seqüencialitat imposada).

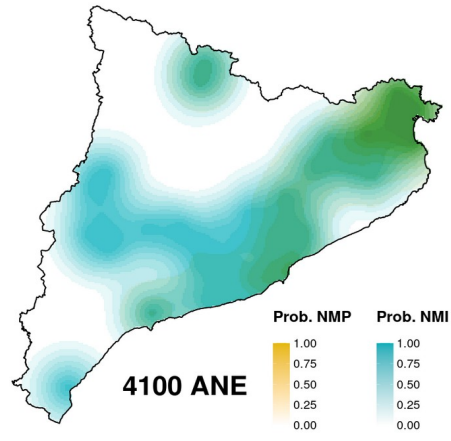
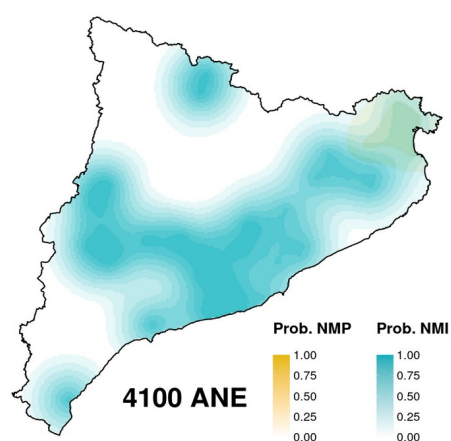
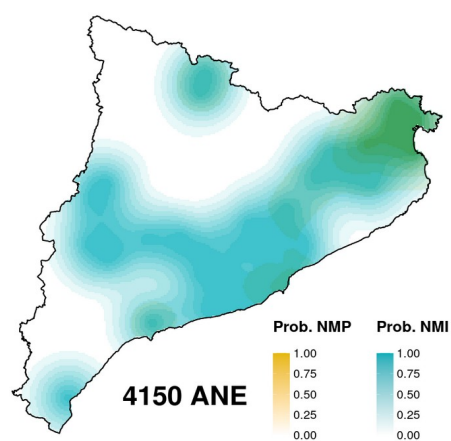
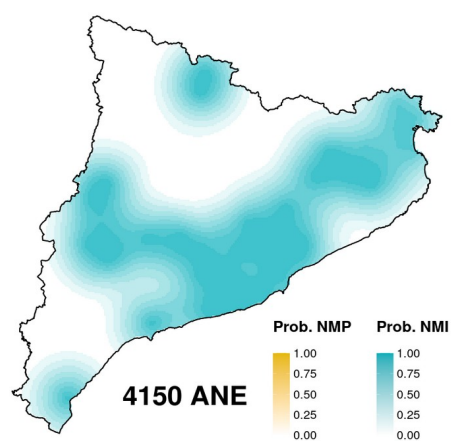
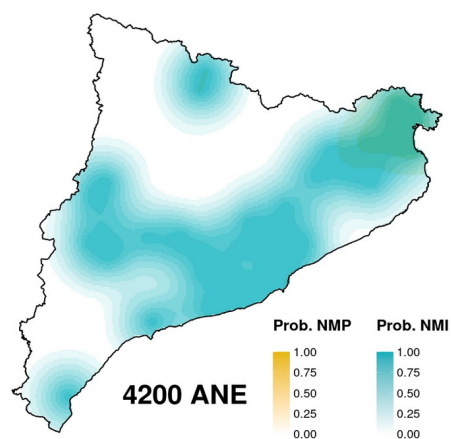
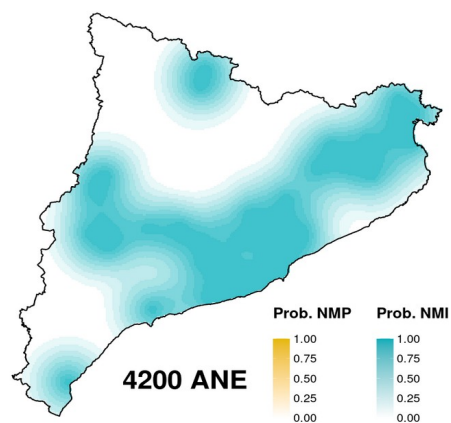
Per altra banda, les regions del Pirineu i del Solsonià presenten unes dates de transició que es situen en un punt mig entre les dues tendències cronològiques esmentades, presentant-se com una zona marcadament uniforme (factor que sembla concordar amb les evidències arqueològiques, malgrat la inexistència de dades de la fase del NMI en la regió del Solsonià). Aquesta tendència s'observa també en la zona sud de Catalunya, tant en el Camp de Tarragona com en les Terres de l'Ebre, regions escassament representades a nivell cronològic. Concretament, per les Terres de l'Ebre no es disposa d'informació cronològica de la fase NMP (amb una problemàtica anàloga a la descrita per la plana de Lleida), mentre que la regió del Camp de Tarragona presenta serioses dificultats en la classificació de les datacions radiocarbòniques, vegeu secció 8.2.3).

Un aspecte interessant a recalcar és la relació entre les regions del Penedès-Catalunya central i el Vallès-Pla de Barcelona, atès que mostren un canvi abrupte en les tendències respecte a la data de transició. Aquesta diferenciació es manifesta en un límit o "frontera" crono-cultural que separa els dos territoris per una franja de menys de 10 km, suggerint un desajustament d'uns 100 anys respecte a l'episodi de canvi cultural. Precisament, és en aquest límit territorial on situen l'explotació minera de Can Tintorer (Gavà) i el jaciment de Can Sadurní (Begues), molt possiblement relacionat amb l'inici de l'activitat minera (atesa l'aparició d'elements relacionats amb l'extracció de minerals, anàlegs als exhumats en Can Tintorer). Així doncs, resulta suggerent interpretar aquests jaciments com a possibles articuladors de la diferenciació territorial esmentada, els quals podrien haver desenvolupat un rol destacat en els processos de transformació cultural (especialment en el sentit d'un eventual control dels recursos lítics explotats).

La figura 11 mostra la probabilitat acumulada de cada una de les fases a intervals de temps regulars de 50 anys, tant pel model d'autocorrelació espacial seqüencial (3b) com pel no seqüencial (3a). D'aquesta manera, és possible apreciar les implicacions de cada un dels supòsits, al mateix temps que es reflecteix el grau d'incertesa de les estimacions. Tanmateix, s'ha seleccionat l'interval de temps comprés entre el 4200 i el 3800 ANE amb la intenció de centrar-se en l'episodi de canvi cultural, deixant de banda els límits inicial i final del període.

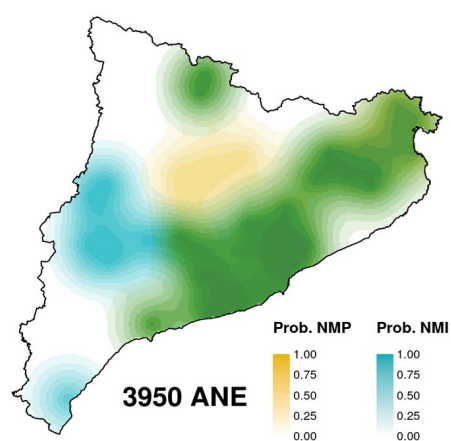
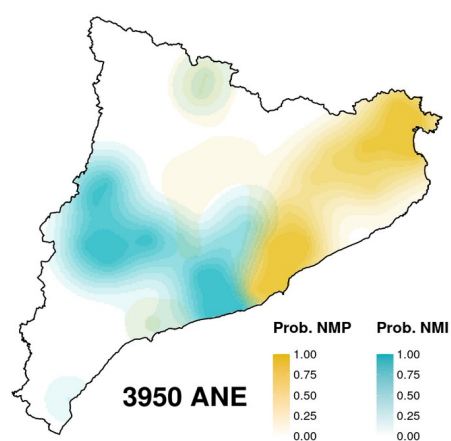
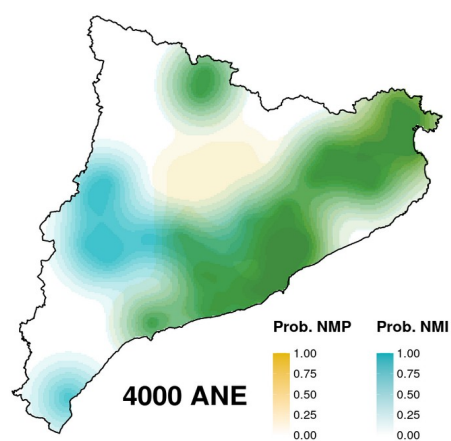
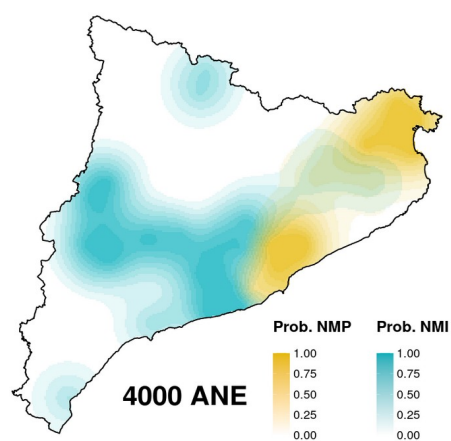
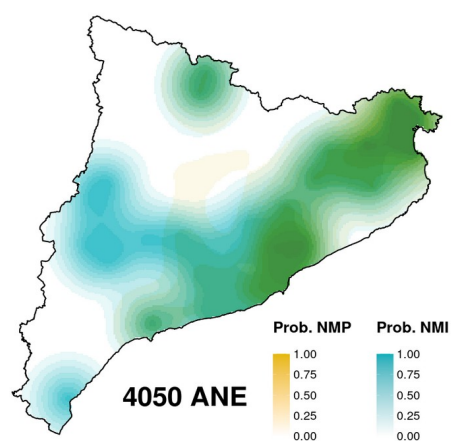
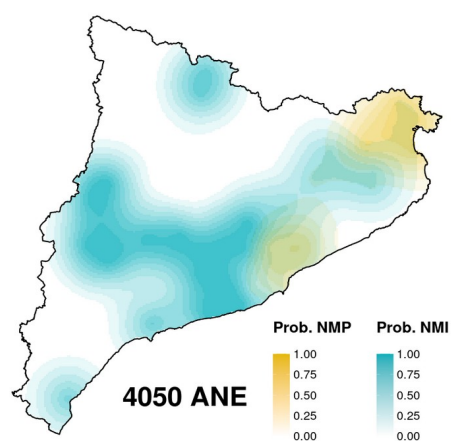
Model 3b (autocorrelacionat seqüencial)

Model3a (autocorrelacionat no seqüencial)



Model 3b (autocorrelacionat seqüencial)

Model3a (autocorrelacionat no seqüencial)



Model 3b (autocorrelacionat seqüencial)

Model3a (autocorrelacionat no seqüencial)

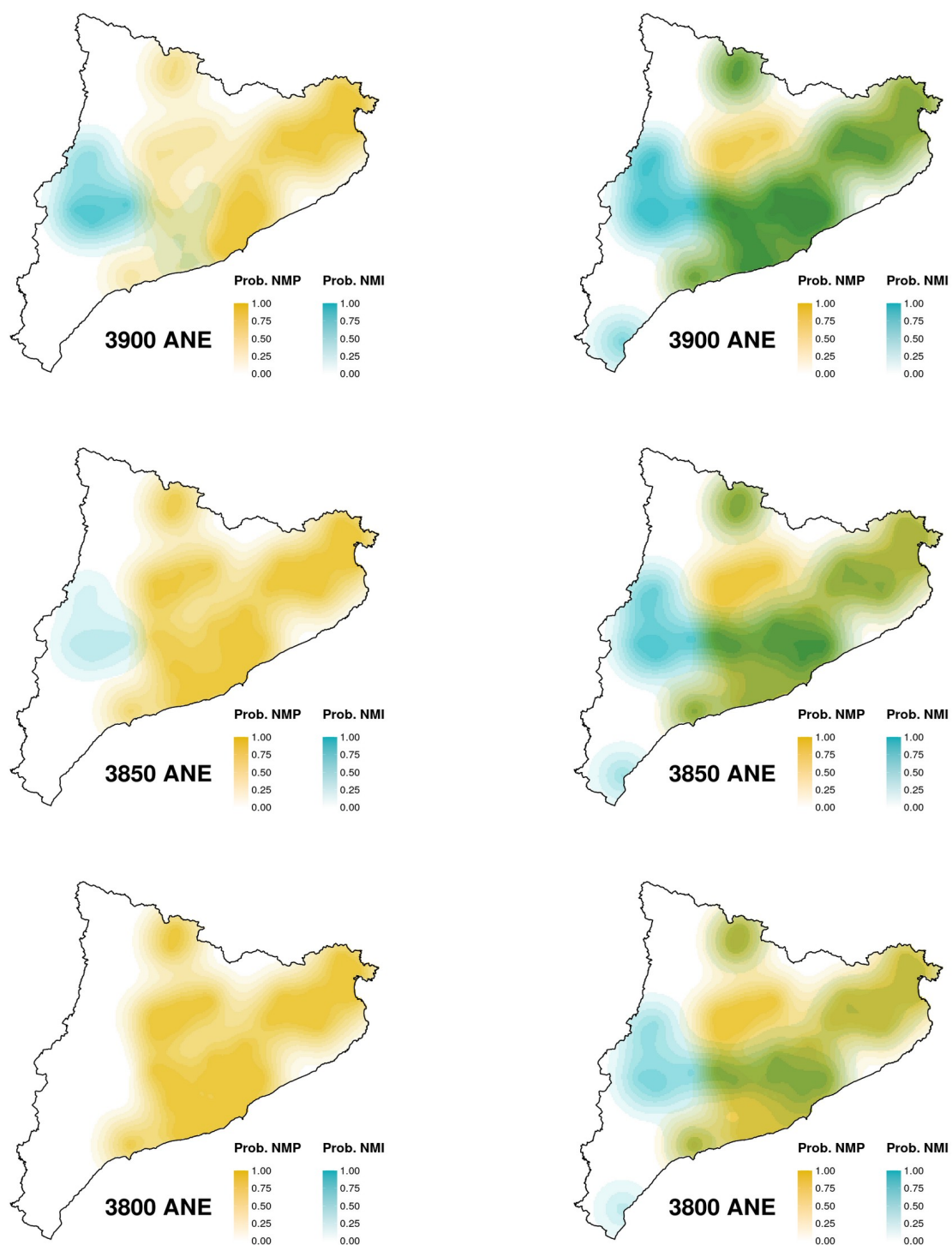


Fig. 11. Probabilitat acumulada de les fases NMI i NMP, segons els models 3b (autocorrelacionat seqüencial) i 3a (autocorrelacionat no seqüencial).

És possible apreciar còm, en el model 3a, la fase del NMP sembla iniciar-se en el 4200 ANE per la zona de l'Empordà, mentre que en el model 3b no es manifesta amb claredat fins el 4100-4050 ANE. Aquest factor s'explica per l'existència de datacions associades a la fase NMI que encara presenten valors de probabilitat suficientment elevats durant aquests interval, provocant que la imposició de seqüencialitat actuï com a limit per les cronologies anteriors al 4100 ANE. Un altre aspecte interessant d'aquest moment inicial de transició és el fet que la probabilitat acumulada de la fase NMP sembla augmentar al mateix temps per les regions de l'Empordà i el Vallès-Pla de Barcelona, efecte especialment notori pel cas del model 3b. En aquest sentit, s'aprecia una certa continuïtat de la fase NMI justament en aquest moment per la Catalunya humida (4050 ANE en el model 3b), indicant una possible discontinuïtat territorial entre el nord-est i la consta central.

Per altra banda, el model 3a presenta un augment de la probabilitat NMP aparentment sincrònic per les regions del Pirineu i el Camp de Tarragona respecte al Pla de Barcelona, en un moment en què la probabilitat de la fase NMI comença a decaure de forma general (c. 4100 ANE). Aquest efecte, que contrasta amb el model 3b, pot explicar-se per l'escassa informació cronològica de les regions esmentades, la qual es tradueix en una major incertesa cronològica. Així doncs, en el model seqüencial l'escenari del 4000-3950 ANE presenta una clara diferenciació territorial (similar a la descrita per la figura 10), mentre que en el model no seqüencial la situació sembla indicar una important superposició entre les fases per tota l'àrea d'estudi, amb l'excepció de la plana de Lleida, les Teres de l'Ebre i la regió del Solsonià. Resulta interessant el fet que la condició de seqüencialitat provoqui un cert efecte de "hiatus" crono-cultural per algunes regions justament en el 3950 ANE, en contraposició amb el resultat obtingut amb el model 3a, en el que tant la convivència de fases com la major perduració de les mateixes suggereix un moment amb una major presència crono-cultural. De fet, aquest factor té una forta repercussió en les estimacions paleodemogràfiques obtingudes amb l'anàlisi aorístic (vegeu secció 8.1.2), atès que implicaria un eventual augment poblacional causat per la coexistència d'assentaments de les dues fases.

Finalment, en el lapse entre el 3900 i el 3800 ANE es donaria la disminució progressiva de la probabilitat de la fase NMI, la qual tindria les seves darreres expressions en la regió de la plana de Lleida. És també en aquest moment en què es consolidaria la presència de la fase del NMP en la regió del Solsonià, ja iniciada des del 4000 ANE en el cas del model 3a. Tanmateix, la regió del Penedès experimentaria un canvi cultural abrupte entre el 3950 i el 3900 ANE d'acord amb el model 3b, factor que no s'observa en el cas del model no seqüencial (en el que també hauria iniciat la fase NMP durant el 4000 ANE). Per últim, cal assenyalar que la regió del Vallès continua mostrant una certa probabilitat de NMI en dates tan tardanes com en 3800 ANE d'acord amb el model 3a, efecte que s'explica per la presència un jaciment amb datacions molt recents associades a aquesta fase i la falta d'una condició de seqüencialitat que actuï com a límit (vegeu discussió en la secció 8.2.3).

7.3. Reconstrucció paleodemogràfica

7.3.1. Suma de les distribucions de probabilitat (SPD)

La Suma de les distribucions de probabilitat de les datacions radiocarbòniques (figura 12) mostra una clara tendència d'augment poblacional durant el període estudiat, amb una aparent disminució just al final de la fase del NMP (la qual concorda amb el possible descens demogràfic esperat pel període del Neolític final).

Resulta interessant ressaltar l'escassa diferència entre la trajectòria reconstruïda amb la SPD "en cru" i la SPD corregida amb el procediment de *binning* (ombrejat gris i línia blava, respectivament, en la figura 12). En aquest sentit, cal destacar una menor senyal demogràfica en l'inici de la fase NMI pel cas de la reconstrucció amb *binning*, factor que s'explica per la sobrerepresentació d'alguns jaciments, com és el cas de Can Sadurní (Antolín *et al.*, 2017; Edo *et al.*, 2019a) o Ca l'Estrada (Roig *et al.*, 2020; Roig, 2023) (els quals disposen d'un elevat nombre de datacions per aquest moment inicial del període). Tanmateix, és necessari mencionar el fet que en certs casos, aquestes cronologies tan antigues de la fase NMI coincideixen amb altres contextos datats de la

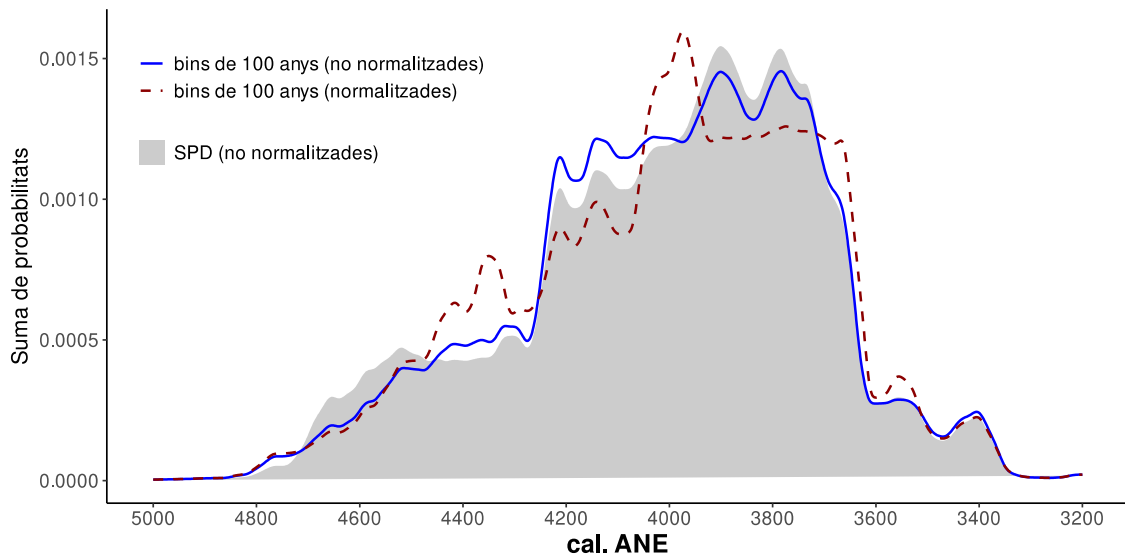


Fig. 12. Suma de les Distribucions de Probabilitat de les calibracions (SPD). Les línies mostren el resultat d'aplicar el procediment de *binning* (tant per les datacions normalitzades com no normalitzades). S'ha aplicat una mitjana mòbil de 50 anys.

fase del Neolític antic Epicardial, com Carrer Reina Amàlia 31-33 de Barcelona (Harzbecher & González, 2016a; González *et al.*, 2017) o la Cova del Toll (Oms *et al.*, 2020). Aquest factor posa de manifest la necessitat de matissar la interpretació paleodemogràfica d'aquest moment inicial del període, atès que molt possiblement no existeix un hiatus poblacional entre aquests dos períodes (vegeu secció 8.2.1).

Per alta banda, el procediment de *binning*, tot i presentar un resultat molt similar, posa de manifest l'existència d'una trajectòria més estable a partir del 4200 ANE, mostrant una menor fluctuació en el senyal en comparació amb la SPD "en cru" (la qual sembla indicar una continuïtat en la tendència d'augment fins el 3900 ANE). Aquest efecte està clarament associat, de nou, a la sobrerrepresentació de jaciments com Bòbila Madurell (Martín *et al.*, 2017; Gibaja *et al.*, 2017a), Can Sadurní (Antolín *et al.*, 2017; Edo *et al.*, 2019a) o Mas d'en Boixos (Bouso *et al.*, 2019), amb un important nombre de datacions que situen les seves corbes de probabilitat entre el 4250 i el 4000 ANE.

En conseqüència, es pot afirmar que el mostreig de les datacions radiocarbòniques sembla representar de forma adequada la tendència paleodemogràfica del període, sense que existeixi un efecte rellevant causat pel sobre mostreig d'alguns dels jaciments. Efectivament, malgrat disposar d'estacions amb un nombre excessivament elevat de determinacions, la incidència d'aquestes en la construcció de la SPD ha resultat ser mínima, a diferència d'altres estudis en els que la no consideració d'aquesta circumstància comporta un fort biaix en les interpretacions (vegeu Crema & Bevan, 2021).

Per últim, la SPD construïda amb les datacions normalitzades (línia discontinua en la figura 12) mostra certs trams de la trajectòria amb discrepàncies considerables respecte a la SPD construïda amb les datacions no normalitzades. Aquesta diferència és deguda principalment a les oscil·lacions de la corba de calibració, la qual afecta especialment les datacions compreses entre el 4200 i el 4000 ANE. Concretament, es pot apreciar un increment notable del senyal en el 4000 ANE, precisament en el moment de transició entre les dues fases del període estudiat. Aquest efecte ha estat advertit ja en estudis previs (Oms *et al.*, 2016a), assenyalant que aquesta irregularitat provoca la concentració de dates en aquest moment particular, dificultant en part la determinació de l'episodi de transició. No obstant això, cal insistir en el fet que la lectura de la SPD no ha de realitzar-se de manera visual, atès que la sobreinterpretació d'aquest tipus de fenòmens pot conduir a la construcció d'una narrativa fortament esbiaixada (vegeu la discussió en Crema & Bevan, 2021). És per aquest motiu que l'anàlisi de la SPD ha de realitzar-se d'acord amb el resultat de tests de significació estadístics, amb l'objectiu d'incloure no només l'error de mostreig, sinó també els efectes de la corba de calibració.

7.3.2. Anàlisi aorístic

El resultat de l'anàlisi aorístic es mostra en la figura 13, en la qual s'han representat conjuntament els efectes dels diferents models emprats per tal de discutir les seves discrepàncies i repercussions a nivell interpretatiu.

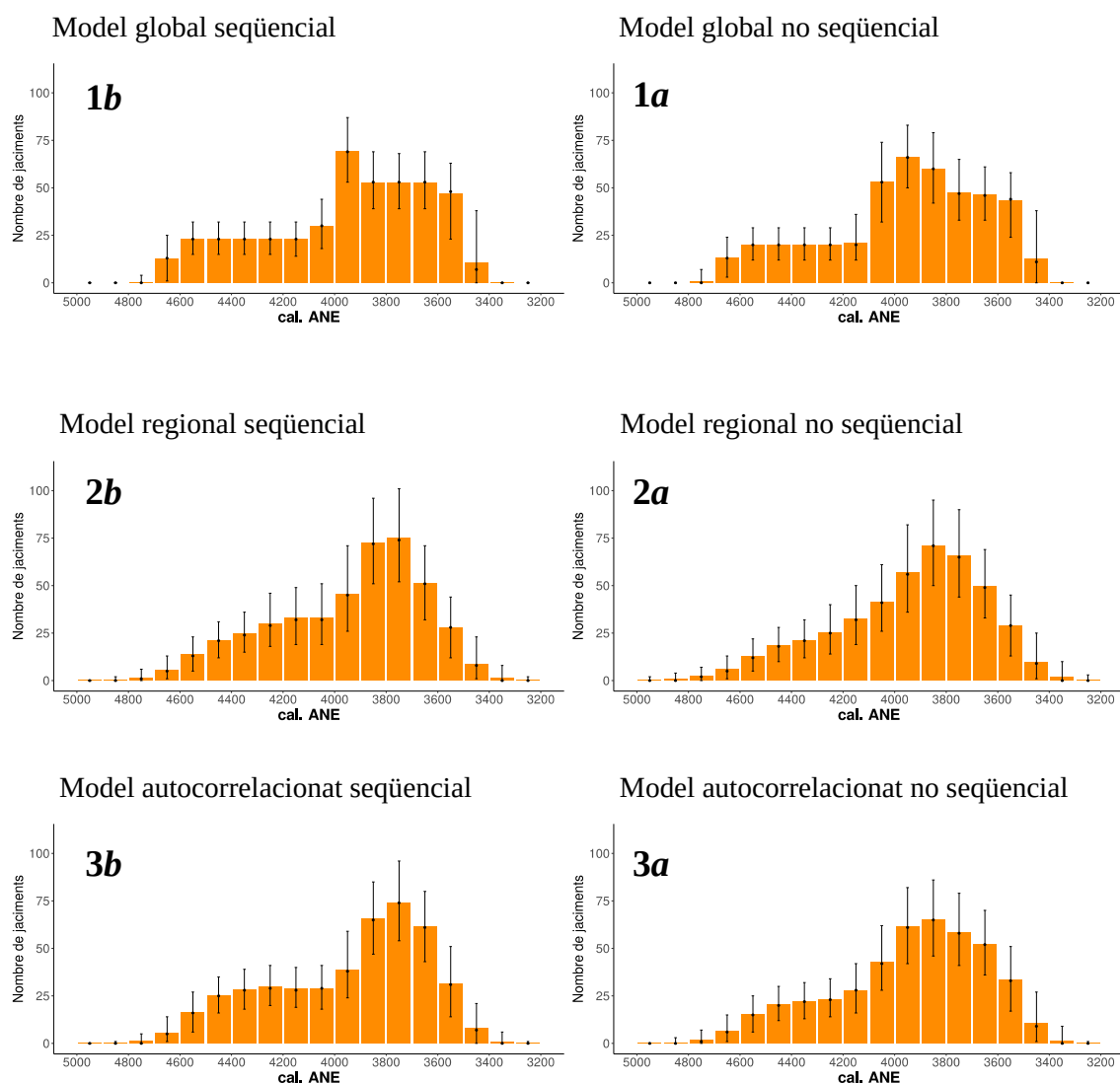


Fig. 13. Resultat de l'anàlisi aorístic. Els valors indiquen la freqüència de les simulacions *Monte-Carlo* per cada bloc temporal, segons els models 1b (global seqüencial), 1a (global no seqüencial), 2b (regional seqüencial), 2a (regional no seqüencial), 3b (autocorrelacionat seqüencial) i 3a (autocorrelacionat no seqüencial).

En termes generals, els resultats presenten una clara tendència d'augment demogràfic, la qual es manifesta en una dinàmica diferenciada entre la fase del NMI i el NMP. Aquesta tendència sembla coincidir amb el resultat obtingut en la SPD, posant de manifest la seva utilitat com a model nul pels tests de significació. Per altra banda, la incertesa obtinguda en l'anàlisi (representada per les barres d'error) il·lustra clarament el grau de confiança dels resultats, proporcionant uns valors de magnitud comparables amb

l'interval de confiança del test de significació (vegeu figura 14). Aquesta incertesa es correspon tant amb les distribucions de probabilitat dels paràmetres d'inici i final de les fases, com amb l'efecte de la simulació *Monte Carlo* dels esdeveniments individuals, donant com a resultat una combinació dels dos factors. En aquest sentit, els pesos aorístics emprats en el test d'estacionarietat han mostrat unes barres d'error de magnitud inferior, en no considerar la incertesa associada a l'efecte aleatori de les simulacions (la qual és una funció tant per la durada de les fases com del nombre d'evidències emprades).

En primera instància, cal assenyalar la diferència entre el resultat obtingut amb el model cronològic global (estimat per tota l'àrea d'estudi sense distinció entre variacions locals) i la resta de models, la qual posa de manifest la idoneïtat de considerar la dimensió espacial en la reconstrucció paleodemogràfica, atès que la resta de models semblen ajustar-se millor al resultat de la SPD. En efecte, en la figura 13 (models 1a i 1b) es pot observar una trajectòria excessivament uniforme per les dues fases, les quals es diferencien per un canvi abrupte justament en el moment de transició. Aquest canvi de tendència es correspon amb un fort augment en el senyal del nombre de jaciments, suggerint l'existència d'un esdeveniment demogràfic disruptiu.

Tanmateix, s'observen unes variacions mínimes en els límits de les fases, que es corresponen amb les incerteses de la *phase boundary uncertainty* i les quals presenten unes magnituds d'aproximadament 100 anys. Aquestes variacions són estrictament relatives a les distribucions de probabilitat dels paràmetres d'inici i final de les fases del model cronològic, diferenciant-se clarament de la resta de models (2a, 2b, 3a, 3b), els quals tenen en consideració les variacions locals del senyal. Addicionalment, els models globals presenten una menor incertesa en els límits de les fases, en l'haver-se estimat amb un major nombre d'evidències (aprofitant així les propietats matemàtiques de la distribució uniforme), factor que influència tant en una menor amplitud de les variacions esmentades, com amb una menor magnitud de les barres d'error. No obstant això, les dinàmiques poblacionals del model global resulten poc realistes i excessivament estereotipades, derivant en una interpretació potencialment esbiaixada.

Per altra banda, el model global (tant el seqüencial com el no seqüencial) presenten un pic demogràfic en el bloc temporal comprès entre el 4000 i el 3900 ANE, el qual podria interpretar-se (erròniament) com un fenomen associat a l'hipotètic esdeveniment demogràfic disruptiu. Cal recalcar, doncs, què aquest efecte és de fet generat per la superposició de les fases en els models cronològics, la qual provoca que els esdeveniments simulats s'agreguin justament en el moment en què les dues fases coincideixen temporalment. En aquest sentit, malgrat que el model seqüencial global no permeti la convivència de les fases a nivell regional, el fet d'establir uns mateixos límits cronològics per tota l'àrea d'estudi provoca un efecte anàleg a l'obtingut amb el model no seqüencial, tot i que amb una durada temporal més reduïda (observi's la diferència amb el resultat del model 1a de la figura 13, en el que el pic demogràfic sembla iniciar-se en el bloc temporal 4100-4000 i finalitzar en el 3900-3800 ANE). Aquest tipus de pic artificial ha estat recentment discutit per Crema (2024) en la seva proposta d'una alternativa bayesiana per l'anàlisi aorístic, en identificar-se un efecte similar relacionat amb l'existència de fases superposades (el qual és possible contrarestar mitjançant l'elecció d'un prior adequat).

Contràriament, els resultats tant del model regional com el model d'autocorrelació espacial (models 2 i 3 respectivament) presenten unes dinàmiques poblacionals més graduals i similars a l'obtinguda amb la SPD, denotant un canvi de tendència progressiu entre les dues fases (sense l'aparició del pic artificial entre aquestes). Concretament, s'observa una major magnitud en la incertesa expressada per les barres d'error, atesa la major incertesa en l'estimació de les fases del model cronològic. Tanmateix, l'inici i final de les fases mostren unes tendències d'increment o declivi poblacional més progressives, com a resultat dels factors assenyalats anteriorment. En aquest sentit, cal destacar l'efecte generat pel model d'autocorrelació espacial (vegeu el resultat del model cronològic), el qual presenta un menor ajustament a les dades respecte a l'inici i final de les fases. En el resultat de l'anàlisi aorístic, això es tradueix en una trajectòria més estable pel cas del model 3, en presentar un punt d'estabilització demogràfica al voltant del 4500 ANE que contrasta amb l'increment continuat del model 2.

Paral·lelament, la dinàmica poblacional dels models 2 i 3 indiquen un punt màxim entorn del 3800 ANE, que es correspon amb el moment àlgid dels horitzons de la fase del Neolític mitjà Ple. Aquest pic poblacional s'assoleix de forma més gradual en els casos dels models no seqüencials (models *a*), principalment a causa de l'efecte provocat per la sobreposició cronològica de les fases discutida anteriorment. Així doncs, mentre que en els models seqüencials (models *b*) la trajectòria demogràfica s'incrementa a partir del 4000 ANE, els models no seqüencials aquesta tendència sembla iniciar-se entre el 4200 i el 4100 ANE, arribant als valors propers al màxim uns cent anys abans pel cas del model d'autocorrelació espacial. Aquesta diferència, causada per la sobreposició de les fases, presenta un repte interpretatiu important, atès que l'aparent estacionarietat de la senyal demogràfica del model 3*b* per la fase del NMI contrasta amb la reconstrucció paleodemogràfica obtinguda amb la SPD, la qual mostra un augment poblacional ja en el 4200 ANE (vegeu secció 7.4).

Finalment, cal ressaltar l'aparent efecte de creixement exponencial del model 2*a* (model regional no seqüencial), el qual presenta una tendència d'increment continuat des dels inicis de la fase NMI fins al pic poblacional del 4800 ANE. Aquesta trajectòria, produïda per l'efecte combinat de la sobreposició de fases i l'error de mostreig entre les diferents regions, contrasta fortament amb els models globals (model 1), mostrant una dinàmica poblacional completament diferenciada. En tot cas, el resultat d'aquest model s'ha considerat, tanmateix, poc realista, representant l'espectre contrari a l'artefacte obtingut amb el model global (i considerant-lo, doncs, com un artefacte generat pels efectes descrits anteriorment).

7.4. Tests de significació

7.4.1. Test de comparació de la trajectòria global

Els resultats del test de significació es mostren en la figura 14, en la qual s'han utilitzat les trajectòries reconstruïdes mitjançant l'anàlisi aorístic com a models nuls per tal de comparar-les amb la dinàmica observada en la SPD.

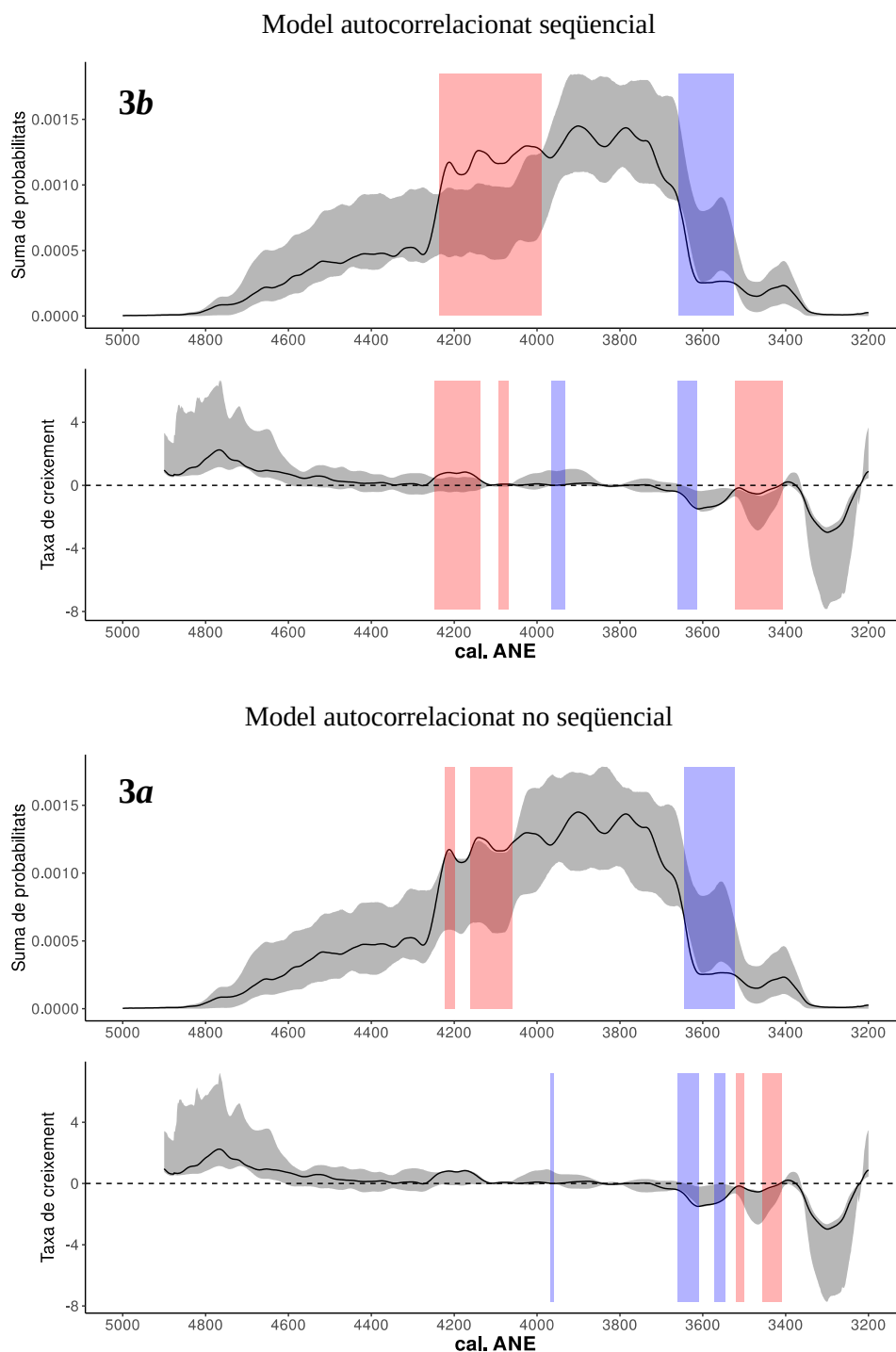


Fig. 14. Resultat del test de significació utilitzant com a trajectòria teòrica l'obtinguda amb l'anàlisi aorístic dels models 3b (autocorrelacionat seqüencial) i 3a (autocorrelacionat no seqüencial). A la part superior, suma de probabilitats. A la part inferior, taxa de creixement. Les franges vermelles i blaves mostren les desviacions significatives.

Concretament, s'han utilitzat les reconstruccions obtingues amb els models 3a i 3b, considerant aquestes com les més representatives (atès que consideren l'error de mostreig entre regions i tenen en compte les dues possibles relacions de fase). La hipòtesi nul·la dels dos tests de significació, doncs, és que els canvis en la densitat de les dates de radiocarboni són comparables als canvis en la densitat dels assentaments. Tal com s'ha comentat en l'apartat anterior, l'interval de confiança de les trajectòries teòriques (obtingut mitjançant la simulació de datacions radiocarbòniques d'acord amb els models nuls) presenta una magnitud comparable a l'expressada per les barres d'error de l'anàlisi aorístic (figura 13), indicant la idoneïtat en la comparació dels dos *proxies* (atès que presenten el mateix grau d'incertesa en la seva representativitat demogràfica).

En primer lloc, el test del model 3b (model de seqüencialitat entre fases) ha donat un "p.valor" global de 0.007, el qual es troba per sota del valor de 0.05 establert com a significatiu. Així doncs, es refuta la hipòtesi nul·la, procedint a la interpretació dels segments temporals de la SPD que queden fora de l'interval de confiança. Tanmateix, el test de significació de la taxa de creixement ha donat un "p.valor" de 0.023, mostrant-se també com a significatiu i permetent la interpretació de les discrepàncies locals. En el test de la trajectòria paleodemogràfica (part superior del model 3b en la figura 14) s'aprecia una densitat inusualment alta de les datacions radiocarbòniques aproximadament entre el 4230 i el 4000 ANE, moment en el que la reconstrucció de l'anàlisi aorístic continua mostrant la tendència estacionària descrita en l'apartat anterior per la fase del NMI. Aquest resultat, molt similar a l'obtingut en altres estudis (vegeu Crema & Kobayashi, 2020) pot interpretar-se de diverses maneres, entre les que destaca un possible canvi en els patrons d'assentament (vegeu la discussió en la secció 8.2.2).

Tanmateix, cal considerar l'efecte produït precisament per la mateixa condició de seqüencialitat imposada en el model cronològic, la qual és la responsable directa de l'efecte estacionari de la trajectòria obtinguda per l'anàlisi aorístic. En efecte, les variacions regionals en l'estimació de l'episodi de transició semblen contrarestar-se les unes amb les altres, de manera que la dinàmica poblacional no mostra un increment fins passat el 4000 ANE. En aquest sentit, malgrat existir algunes regions en què la fase del

NMP s'inicia en dates més antigues, les oscil·lacions cronològiques en la resta de regions (sumades als efectes generats per les incerteses en l'inici i final de les fases) provoquen una compensació en l'estimació demogràfica, donant com a resultat la tendència esmentada.

Paral·lelament, el model 3b en la figura 14 (part superior) mostra també una densitat inusualment baixa de datacions radiocarbòniques entre el 3650 i el 3500 ANE, justament en el moment en què podria estar iniciar-se el període del Neolític final - Calcolític en certes regions (vegeu secció 8.2.4). Aquest factor podria estar relacionat amb el fet de tractar-se del límit del període (és a dir, un efecte anàleg a l'*edge effect* del camp de l'estadística espacial), no obstant això, podria tractar-se efectivament d'una discrepància genuïna entre els dos tipus de dades, indicant un possible canvi en les pautes dels assentaments. En aquest cas, aquesta diferència s'interpretaria com un episodi de dispersió poblacional, probablement associat a una fragmentació de les comunitats del Neolític mitjà en un context de declivi poblacional que afectaria a tota l'àrea de Catalunya.

Per altra banda, el test de significació de la taxa de creixement del model 3b (part inferior de la figura 14) mostra un resultat similar al descrit anteriorment. Aproximadament entre el 4250 i el 4140 ANE es pot observar una major taxa de creixement de la SPD en comparació al nombre de jaciments, indicant que la diferència observada en la trajectòria global tindria el seu inici precisament en aquest moment cronològic. De la mateixa manera, al voltant del 4075 ANE es tornaria a donar una major taxa de creixement en la SPD, resultat de les oscil·lacions observades en aquesta. Tanmateix, aproximadament entre el 3970 i el 3930 ANE es donaria l'efecte contrari (una taxa de creixement inferior en la SPD que en el nombre de jaciments), a conseqüència de l'augment poblacional inferit per l'anàlisi aorístic justament en el moment de transició de les dues fases. Així doncs, la trajectòria poblacional obtinguda amb les datacions radiocarbòniques estaria indicant una continuïtat en tendència poblacional iniciada ja en la fase del NMI, sense que existeixi un augment significatiu en la taxa de creixement durant l'episodi de canvi cultural.

Per altra banda, el declivi poblacional observat durant final del període presentaria una menor la taxa de creixement entre el 3660 i el 3615 ANE, indicant un moment molt puntual per aquesta diferència. Finalment, s'observa una diferència significativa entre el 3520 i el 3410 ANE, moment en què hi hauria una major taxa de creixement en la SPD respecte al nombre de jaciments. Aquest increment seria provocat per l'existència d'unes poques datacions al final del període, les quals estan afectades per una irregularitat en la corba de calibració, generant oscil·lacions en la SPD que donarien com a resultat aquest efecte.

Contràriament, els tests de significació portats a terme amb la trajectòria obtinguda utilitzant el model 3a (model d'autocorrelació sense relació de seqüencialitat), han donat uns "p.valors" que no permeten refutar la hipòtesis nul·la (0.16757 pel test global i 0.24495 pel test sobre la taxa de creixement). Així doncs, es podria dir que les dinàmiques poblacionals inferides mitjançant la SPD i l'anàlisi aorístic són efectivament compatibles, i les discrepàncies observades en el model 3a de la figura 14 no poden ser interpretades pròpiament com a diferències genuïnes entre els dos *proxies* utilitzats. Tal i com s'ha assenyalant en l'apartat anterior, la diferència entre el comportament estacionari del model 3b per la fase del NMI, i l'augment gradual iniciat en el 4200 ANE del model 3a és conseqüència de la sobreposició de les fases, en haver imposat o no la condició de seqüencialitat en el model cronològic. Així doncs, per tal d'afirmar que els dos *proxies* son equivalents, s'hauria d'acceptar la suposició de que les dues fases arqueològiques haguessin conviscut en tota l'àrea d'estudi. Aquesta suposició implica una forta lectura nivell interpretatiu, atès que comporta l'existència d'unes dinàmiques i processos de canvi cultural concretes (com per exemple l'arribada de poblacions foranies, o la fissió poblacional associada a una transformació identitària, vegeu secció 8.2.3).

7.4.2. Test d'estacionarietat espacial

Els resultats del test d'estacionarietat espacial es mostren en la figura 15, tant per les datacions radiocarbòniques (columna de l'esquerra), com per l'estimació paleodemogràfica obtinguda amb els models 3*b* i 3*a* (columnes central i dreta respectivament). De la mateixa manera que en el cas de la figura 11, s'han seleccionat els blocs temporals més representatius de la transició entre el NMI i el NMP (en aquest cas del 4400 al 3700 ANE), amb l'objectiu de contextualitzar les diferències locals en la taxa de creixement amb relació a l'episodi de canvi cultural. Per tal d'expressar de forma clara els resultats, cada una de les files de la figura 15 s'han numerat amb nombres romans (I, II, III, etc.) i s'ha referit a elles com a "transicions" (tot i poder incorre en certa confusió al utilitzar aquest terme per l'episodi de canvi entre el NMI i el NMP).

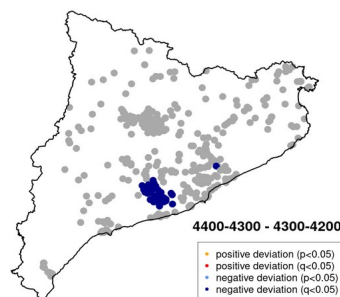
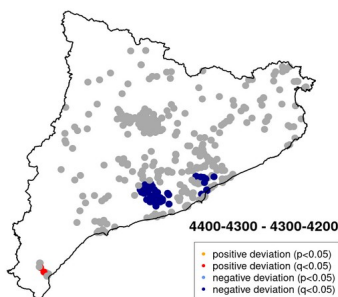
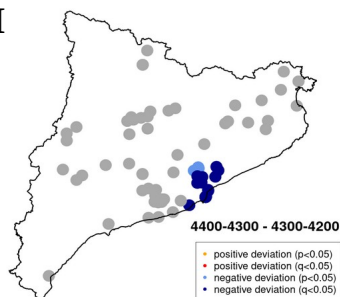
En primera instància, cal destacar l'escassa concordança entre els resultats pels trànsits entre el 4400 i el 4100 ANE, moment en què, d'acord amb les datacions radiocarbòniques, només existiria una desigualtat espacial per la transició I (expressada en una menor taxa de creixement per la regió del Vallès, Pla de Barcelona i Baix Llobregat). Aquesta diferència tan sols es pot veure de forma més modesta en les dues estimacions poblacionals dels jaciments, les quals a més presentarien punts freds per la regió de Penedès. En aquest sentit, la desigualtat en la taxa de creixement del Penedès s'explica pel gran nombre de jaciments d'aquesta regió (generant una fort senyal a l'agregar-se d'acord amb l'equació [22]), així com pel fet que en altres territoris s'experimenti encara el creixement poblacional associat a l'inici de la fase NMI. Contràriament, durant la transició II el model 3*b* presenta un punt calent precisament per la zona penedesenca, associat a una major perduració de la fase del NMI en comparació amb altres regions (algunes de les quals experimentarien l'inici de la davallada poblacional relacionada amb el final de la fase). No obstant això, en model 3*a* s'observa una marcada continuïtat respecte a la transició I, en no generar l'esmentat descens demogràfic relacionat amb la condició de seqüencialitat.

Datacions radiocarbòniques

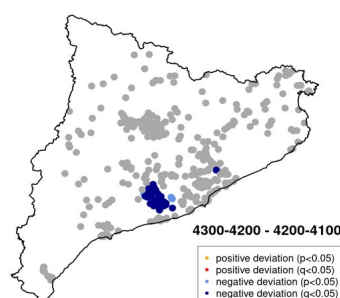
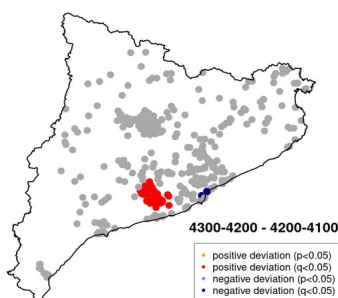
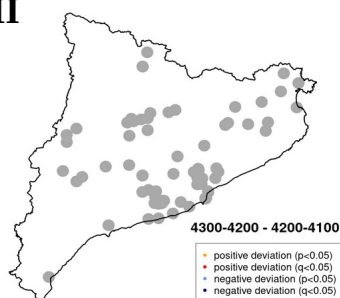
3b (autocorrelacionat seqüencial)

3a (autocorrelacionat no seqüencial)

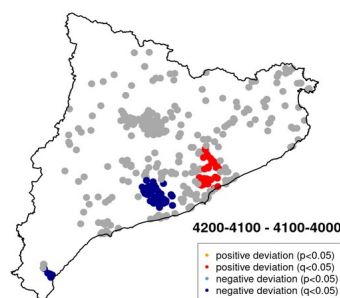
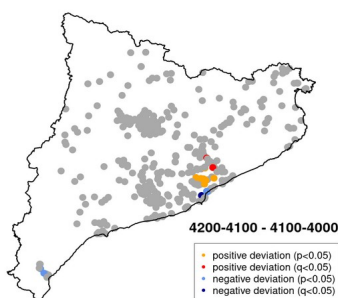
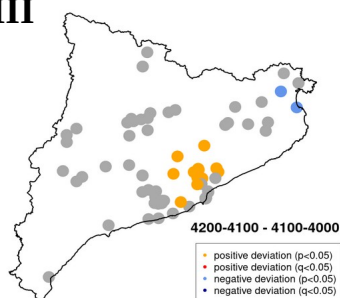
I



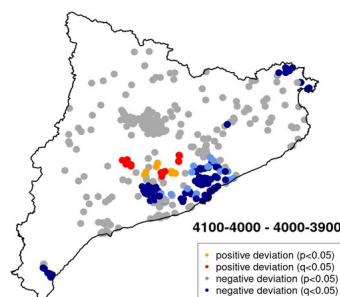
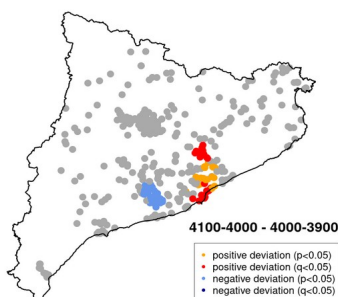
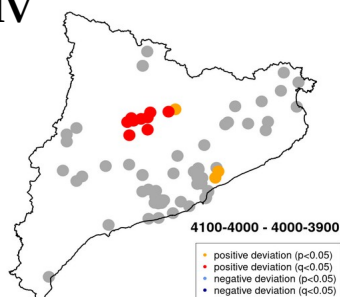
II



III



IV



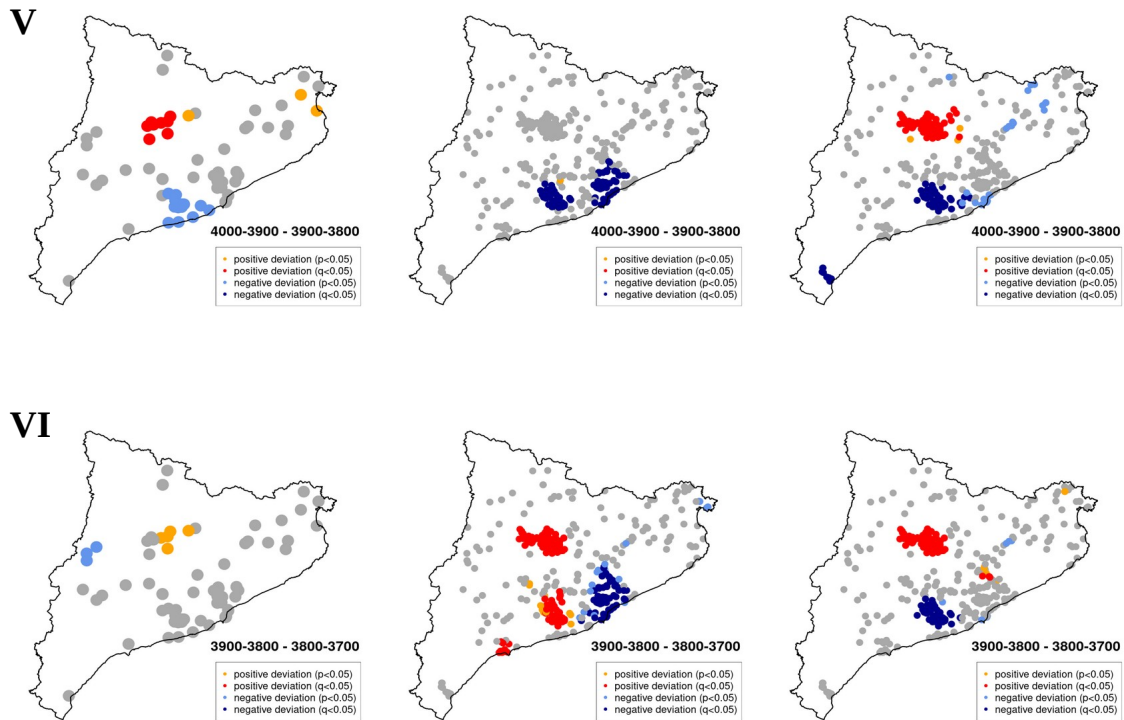


Fig. 15. Resultat del test d'estacionarietat espacial, tant per les datacions radiocarbòniques com pels resultats de l'anàlisi aorístic amb els models 3b (autocorrelacionat seqüencial) i 3a (autocorrelacionat no seqüencial).

Posteriorment, en la transició III es pot apreciar una desigualtat en la taxa de creixement per la regió del Vallès i els territoris directament al nord d'aquesta, en aquest cas manifestada com un punt calent. Aquest factor, visible en els tres tipus d'estimacions poblacionals, permet contextualitzar de forma precisa el resultat mostrat en la secció anterior, segons el qual existiria un augment demogràfic (en termes generals) a partir del 4200 ANE. Així doncs, els tests d'estacionarietat semblen suggerir que aquest increment poblacional incideix especialment en aquesta zona, posant de manifest l'existència d'unes dinàmiques demogràfiques i culturals específiques (vegeu seccions 8.2.2 i 8.2.3). Resulta interessant que aquesta diferència en la taxa de creixement sigui visible incús en el cas del model 3b, com a conseqüència tant de les dates d'inici de la fase NMP com de l'elevat nombre de jaciments associats amb aquesta. Tanmateix, un altre aspecte destacat

d'aquesta transició III és el punt fred obtingut en el Penedès pel model 3a, regió en què, tot i experimentar efectivament un augment poblacional, la taxa de creixement seria significativament inferior a l'observada en tota la regió d'estudi. Paral·lelament, les datacions radiocarbòniques indicarien un possible punt fred en aquesta transició per la zona de l'Empordà (i la qual experimentaria un punt calent en la transició V), possiblement relacionat amb un error de mostreig (vegeu la discussió en la secció 8.2.3). Mentre que el model 3a s'observa un punt fred per les Terres de l'Ebre que continuaria fins la transició V, també relacionat, molt possiblement, amb l'error de mostreig associat a la falta d'informació cronològica d'aquesta regió.

La transició IV, per la seva banda, mostra l'inici de l'augment demogràfic en la regió del Solsonià, indicant una desigualtat en la seva taxa de creixement respecte a les datacions radiocarbòniques de tota l'àrea d'estudi. No obstant això, aquesta desigualtat en la taxa del Solsonià no s'aprecia fins a les transicions V i VI pels casos dels models 3a i 3b, ateses les dinàmiques generals d'increment poblacional observades entre el 4100 i el 3900 ANE amb relació al nombre de jaciments. Tanmateix, durant la transició IV s'aprecia un possible punt calent en certs punts del Vallès oriental amb relació a les datacions, el qual tindria una concordança amb el model 3b. Contràriament, el model 3a mostra un punt fred per aquesta regió, causat pel pic artificial generat a causa la superposició entre fases (i que s'accentuaria en la resta de regions). En aquest sentit, resulta especialment interessant el fet que l'asimetria Penedès-Vallès observada en la transició III del model 3a es mostri també en aquest moment pel model 3b, traduint-se aquest cop en un autèntic declivi demogràfic. Aquest decreixement poblacional del Penedès s'observa tant en el model 3a (per la transició IV) com en tots els resultats de la transició V, indicant clarament l'existència d'un episodi de canvi de tendència associat a la transformació cultural viscuda per les comunitats d'aquest període (vegeu discussió en les seccions 8.2.3 i 8.2.4). Per altra banda, durant la transició IV del model 3a s'aprecia tant alguns punts freds en l'Empordà com diversos punts calents en la Catalunya Central, relacionats també amb el pic artificial generat per la superposició de les fases.

Respecte a la transició V, cal mencionar l'aparent desigualtat en la taxa de creixement evidenciada en el Vallès pel model 3*b*, la qual es tradueix en un punt fred a causa del gran creixement demogràfic experimentat per les altres regions (a excepció del Penedès). Finalment, la continuïtat en la tendència de les transicions V i VI del model 3*a* es diferencia de l'observada amb el model 3*b*, d'acord amb el qual existiria una taxa de creixement més elevada en les regions del Penedès i el Camp de Tarragona que en la resta d'àrees (a excepció de la regió del Solsonià). En aquest sentit, cal remarcar que aquestes dues regions corresponen a les zones en què la fase del NMP finalitza abans (vegeu figura 7) (i en el cas del Penedès, una de les regions on també s'inicia més tard), provocant una concentració del senyal demogràfic i per tant una major taxa de creixement en aquest precís moment.

8. Discussió

8.1. Aspectes metodològics

8.1.1. Model bayesià de datacions radiocarbòniques

El present treball ha posat de manifest la conveniència d'utilitzar un model cronològic que consideri explícitament la dimensió espacial, demostrant la utilitat d'aquest procediment en comparació amb la metodologia emprada habitualment. Concretament, els resultats han mostrat que l'estimació de l'inici i final de les fases arqueològiques regionals amb una funció d'autocorrelació espacial ajuda a minimitzar l'error associat a l'heterogeneïtat del mostreig, solucionant en certa manera la problemàtica del "promig" espacial. Així doncs, el fet d'estimar els paràmetres del model mitjançant el terme de l'equació [15] evita que l'investigador hagi d'augmentar o reduir l'àrea d'estudi subjectivament d'acord amb les seves preguntes de recerca, eludint així els problemes de representativitat o pèrdua de granulositat en l'anàlisi. El principal repte per utilitzar aquesta metodologia consisteix en definir correctament els *priors* de la funció d'autocorrelació, els quals han demostrat tindre un efecte determinant en el resultat final del model. Específicament, els resultats de les exploracions han mostrat un fort impacte del paràmetre η , principal responsable de la variació geogràfica en l'estimació dels esdeveniments d'inici i final de les fases. La variació d'aquest paràmetre (mitjançant el modelat de la seva distribució a priori) permet a l'investigador ajustar l'efecte de l'autocorrelació espacial, possibilitant també la convergència a un model global o regional. Tanmateix, la formulació del model es pot estendre fàcilment per incloure funcions d'autocorrelació diferenciades per les fases considerades en l'estudi, així com distribucions més restrictives pels valors esperats o mitjans dels paràmetres d'inici i final, d'acord amb les expectatives que es puguin tindre prèviament.

El control de les variacions locals dels paràmetres (a través de la definició dels priors de la funció d'autocorrelació) implica també la possibilitat de tractar les relacions de fase

de manera espacial. Així doncs, és possible ajustar un model seqüencial global en què les dades no permetin una separació efectiva de les fases (com en el cas d'estudi del present treball), mitjançant la utilització d'una distribució que asseguri una variació mínima però suficient per a garantir la separació (per exemple una distribució exponencial). Tanmateix, és possible definir de manera espacial aquestes relacions, establint àrees en què les fases tinguin interaccions diferenciades. En aquest sentit, el principal repte consisteix en determinar correctament aquestes relacions, atès que el resultat i les interpretacions derivades depenen en gran manera d'aquests *priors* (tal com s'ha posat de manifest en el present treball).

Aquest factor està estretament relacionat amb la problemàtica de l'assignació de fase, especialment en aquelles datacions situades en els moments de transició entre els conjunts de determinacions. En efecte, l'associació entre l'esdeveniment estudiat (per exemple la vigència d'una producció ceràmica concreta) i la mostra datada introdueix una nova font d'incertesa, la qual generalment és ignorada o no és tractada de manera formal. Les solucions proposades a data d'avui s'enfoquen en la detecció i tractament d'*outliers* (Bronk-Ramsey, 2009b), ja sigui per problemes en les mateixes determinacions (en sentit analític) o per dificultats en l'associació amb l'esdeveniment que es pretén datar. Concretament, aquestes propostes involucren l'estimació de la probabilitat de què la mostra o l'associació siguin errònies (mitjançant una distribució de Bernoulli amb un paràmetre p fix), per després assignar un valor de dispersió que ajusti l'estimació de la seva data al context general de la resta del model. Com a conseqüència, per cada datació sospitosa s'obté tant la probabilitat a posteriori de ser efectivament un *outlier*, com un efecte de ponderació sobre les fases, les quals s'estimaran preferentment amb les determinacions més fiables.

Aquest concepte podria estendre's per tractar de manera directa i explícita la incertesa de l'assignació, per exemple utilitzant una distribució multinominal per cada datació d'acord amb les fases candidates a la que podria estar associada. Els efectes i les implicacions d'aquest tipus de procediment haurien d'explorar-se detalladament en un treball específic, en especial respecte a les relacions entre les fases. En aquest sentit, si

els límits de les fases depenen únicament d'una o més datacions incertes, aquestes contribuirien sobre les estimacions de manera proporcional a les probabilitats determinades prèviament en la distribució multinominal, mentre que si existeixen datacions amb una assignació fiable, les incertes s'ajustarien al context general de les dades ("corregint" la probabilitat fixada prèviament). Així doncs, el repte continua sent l'adjudicació subjectiva d'un vector de probabilitats que reflecteixi el "grau de creença" de cada un dels períodes o fases candidates (similar a la proposta de Crema & Kobayashi, 2020), la qual podria establir-se de manera formal mitjançant models estadístics (per exemple utilitzant distàncies de similitud entre els conjunts, seriacions de coocurrència, o models predictius). No obstant això, aquesta tasca resulta especialment complexa considerant el gran volum de dades i l'heterogeneïtat tant dels contextos arqueològics com de la informació disponible sobre aquests (vegeu una reflexió similar en Bevan & Crema 2021).

Per altra banda, les relacions de fase podrien estimar-se també directament en el model cronològic, sense que s'haguessin d'imposar de forma subjectiva. En l'estat actual de la recerca no ha proliferat cap proposta formal per aquest tipus de procediment, limitant-se els estudis a establir les relacions com a hipòtesis de treball (com en el cas del present estudi). Una possibilitat per modelar les interaccions podria ser l'establiment d'una "distància" entre el final i l'inici de dues fases, estimada d'acord amb una distribució introduïda en el model com un *prior*. Així doncs, aquest paràmetre seria de gran interès per interpretar els eventuais episodis de hiatus o sobreposició cronològica, a la vegada que permetria la introducció d'una funció d'autocorrelació espacial similar a la utilitzada en el present treball (possibilitant l'estudi de les seves variacions locals). En aquest sentit, una distribució exponencial per aquest *prior* afavoriria la contigüitat entre les fases, permetent l'existència d'un eventual hiatus a la vegada que s'exclou la superposició cronològica, menters que una distribució simètrica centrada en zero possibilitaria valors negatius i per tant l'existència de sobreposició cronològica. Alternativament, es podria intentar estimar directament la probabilitat d'existir o no una relació de seqüencialitat, mitjançant una distribució de Bernoulli amb una probabilitat p definida prèviament, la qual també podria ser definida de manera espacialment explícita.

Malgrat les clares avantatges d'una proposta similar respecte als resultats i el potencial d'inferència dels models, seria necessària una exploració en detall de les implicacions i efectes que aquest mètode pugui tindre, en especial a la capacitat de discernir entre els diferents escenaris. Per exemple, en el cas d'existir una sobreposició en les fases la probabilitat de seqüencialitat tendiria a zero, menters que si existeix efectivament una relació de seqüencialitat, la seva probabilitat tendiria a 1. Contràriament, en el cas d'un hiatus cronològic, aquesta estimació tendiria a la probabilitat fixada en la distribució de Bernoulli, per la qual cosa seria necessària una formació més complexa per aquest tipus de models.

Tot i això, aquestes qüestions continuen estant estretament relacionades amb la definició dels conjunts d'esdeveniments o les fases, ressaltant els reptes de les classificacions arqueològiques i el seu significat crono-cultural. Tal com s'ha mostrat en el present estudi, l'ambigüitat en la determinació dels elements diagnòstics durant els episodis de transició dificulta especialment l'establiment de categories operatives, que en molts casos es basen en informació de natura heterogènia (com les fàcies ceràmiques, la tipologia de les manifestacions funeràries o els patrons d'assentament). En aquest sentit, la proposta d'utilitzar l'àlgebra d'Allen (Dye *et al.*, 2023) es podria generalitzar per estudiar les relacions entre fenòmens de diferent naturalesa, els quals podrien presentar o no una estructura jeràrquica definida en l'espai i el temps. Així doncs, un enfocament "genealògic" explícit en els models cronològics podria ajudar a comprendre millor els processos de transformació socio-cultural i econòmica de les comunitats humanes, sense necessitat d'interrogar el resultat dels models amb una perspectiva "post hoc". Aquest tipus de proposta requeriria de fet una formulació matemàtica específica (així com un estudi detallat de les seves implicacions), atesa la dificultat d'associar una mateixa datació radiocarbònica a diverses fases en les propostes actuals dels models bayesians (en els que el seu esquema tan sols permet modelar la data dels esdeveniments d'acord amb una única distribució de probabilitat).

8.1.2. Reconstrucció paleodemogràfica

Tal com s'ha mostrat en el present estudi, els aspectes assenyalats en l'apartat anterior comporten un fort impacte en les reconstruccions paleodemogràfiques que utilitzen els models cronològics, en particular l'anàlisi aorístic. Els resultats obtinguts han posat de manifest la idoneïtat de considerar la dimensió espacial en aquest tipus de propostes, permetent la identificació de processos diferenciats d'implantació i consolidació poblacional en un territori relativament reduït. Resulta interessant el fet que es puguin donar diferències significatives (tant cronològiques com demogràfiques) en una àrea com Catalunya, l'impacte de les quals comporta un important efecte en els resultats. En efecte, molts autors han argumentat la necessitat d'utilitzar de grans conjunts de dades per dur a terme estudis paleodemogràfics, factor que implica el tractament de grans àrees d'estudi. No obstant això, aquest fet suposa la pèrdua de la resolució espacial dels fenòmens, la qual com s'ha mostrat en els resultats d'aquest estudi es tradueix en una interpretació esbiaixada (vegeu Edinborough *et al.* (2021) per un exemple d'aplicació en una regió de reduïdes dimensions).

En aquest sentit, els resultats de l'anàlisi aorístic amb els models global i regionals ha proporcionat unes trajectòries poblacionals poc realistes i excessivament estereotipades, malgrat el tractament de les incerteses d'acord amb la proposta original de Crema & Kobayashi (2020). Així doncs, es pot afirmar que en els estudis paleodemogràfics existeix també un *modifiable unit problem* en l'àmbit espacial (a més del temporal), representant una altra forma d'incertesa inclosa en les *phase boundary uncertainty* i *within-phase uncertainty*. Aquest efecte està estretament relacionat amb l'error de mostreig, concretament amb l'heterogeneïtat espacial, per la qual cosa l'enfocament adoptat en el present estudi es presenta com una de les solucions òptimes per tal de pal·liar les seves conseqüències.

Per altra banda, la diferència entre els models cronològics seqüencial i no seqüencial emprats en l'estudi ha posat en relleu l'impacte d'aquestes opcions sobre les interpretacions demogràfiques, especialment en haver estat utilitzats com a hipòtesis

nul·les en els tests de significació. Atesa la manca d'una formulació específica per l'estimació de les relacions de fase, els resultats obtinguts han comportat un important repte a l'hora de discernir entre una coexistència poblacional i un procés de transformació cultural. Específicament, tot i generar-se una certa compensació a causa de les diferències regionals, la inexistència de la condició de seqüencialitat ha provocat l'aparició de pics en el senyal demogràfic precisament en els moments de transició locals, en assumir la convivència de poblacions de les dues fases. Una solució per aquesta problemàtica podria ser l'adopció de la proposta de Crema & Kobayashi (2020) pel tractament de la *within-phase uncertainty*, segons la qual les dates de les determinacions radiocarbòniques es modelarien segons una distribució trapezoidal, capturant així la densitat d'aquestes dins les fases i minimitzant els efectes espuris de la sobreposició cronològica (tot i que presenta nous reptes a l'hora d'utilitzar la funció d'autocorrelació espacial o les condicions de seqüencialitat en el model).

L'efecte de sobreposició cronològica ha implicat que la trajectòria reconstruïda amb el model no seqüencial s'ajusti més a les dades radiocarbòniques en el test de significació, al mateix temps que el model seqüencial ha mostrat una divergència significativa aproximadament entre el 4200 i el 4000 ANE, refutant la hipòtesi nul·la. En aquest sentit, cal tindre en consideració que obtenir p-valors baixos no implica la refutació del model nul, sinó dels seus paràmetres (Crema, 2022), els quals en aquest cas estan representats pel model cronològic. Així doncs, la diferència entre els models ha suggerit l'existència d'un episodi d'augment poblacional en aquest precís moment, indicant la possibilitat que estigui associat a una certa convivència de poblacions (almenys en algunes regions). No obstant això, la interpretació d'aquest factor pot fer-se des d'un altre punt de vista, atesos els resultats del test d'estacionarietat espacial. En efecte, sembla que la regió del Penedès va experimentar un creixement local significatiu en aquesta etapa, associat molt possiblement a un canvi en els patrons d'assentament, i que seria en gran mesura el responsable d'aquest increment demogràfic observat en la trajectòria general de l'àrea d'estudi. Més concretament, aquest canvi en les pautes poblacionals no estaria relacionat amb un procés de nuclearització de la població en els assentaments (tal com suggereix el procediment de *binning* de la SPD), sinó més aviat a

la proliferació de nous enclavaments concentrats en la plana de l'actual població de Vilafranca (vegeu Crema & Kobayashi, 2020 per una discussió en profunditat sobre aquesta qüestió).

Un altre aspecte important a considerar en aquestes propostes de reconstrucció demogràfica és la correlació dels *proxies* utilitzats amb la població real de les comunitats humanes. En concret, l'anàlisi aorístic s'enfronta amb els reptes vinculats a la definició d'ocupació humana, especialment amb els aspectes de la ciclicitat, duració o la mida dels assentaments. Tal com s'ha assenyalat les seccions 3.1.4 i 3.2.5, les dificultats a l'hora de definir el nombre d'ocupacions d'un jaciment i les seves duracions incorpora una important font d'incertesa, especialment problemàtica en no poder determinar amb precisió la contemporaneïtat de les evidències. En aquest sentit, una agrupació d'estructures d'emmagatzematge podrien ser el resultat d'una comunitat reduïda amb una dilatada activitat, o bé el resultat d'una població nombrosa amb una activitat d'escassos anys. De la mateixa manera, una població reduïda amb una elevada mobilitat podria generar un alt senyal en el nombre de jaciments en un petit lapse temporal, mentre que una població nombrosa però estable en el territori resultaria en un baix senyal. Aquesta problemàtica posa de manifest la importància de caracteritzar les societats en referència als seus patrons d'assentament, amb l'objectiu de ponderar les evidències amb relació al seu impacte poblacional. Per altra banda, un altre aspecte a considerar és la relació entre les evidències funeràries aïllades (o les necròpolis) i les ocupacions domèstiques, factor especialment rellevant atesa l'existència d'una regió en el cas d'estudi en què pràcticament només es documenten estructures funeràries (la regió del Solsonià). Un possible tractament d'aquesta problemàtica (no adoptat en el present treball) podria ser l'exploració de diferents valors de ponderació, amb l'objectiu d'avaluar les seves implicacions en el test de significació (atesa la manca d'informació socio-econòmica de la qual derivar una assignació de pesos).

Possiblement, la millor alternativa per afrontar aquestes problemàtiques sigui l'adopció d'un enfocament bayesià integral capaç de realitzar les estimacions cronològiques simultàniament a les paleodemogràfiques, utilitzant una extensió de l'enfocament

proposat per Crema (2024). En efecte, si s'assumeix que les reconstruccions poblacionals dels dos *proxies* són equivalents (tal com suggereixen gran nombre d'estudis, inclòs el present treball), el problema estaria en definir correctament el model cronològic, el qual incideix directament sobre la comparabilitat d'aquests. Així doncs, la definició cronològica podria involucrar l'ajustament dels pesos aorístics a la trajectòria observada en la SPD, estimant els paràmetres d'inici i final de les fases (i les seves relacions) d'acord amb la bondat de l'ajust entre els dos *proxies*. Tanmateix, el model podria considerar la contigüïtat espai-temporal en l'estimació de la densitat poblacional dels jaciments, de manera similar a la proposada per Crema (2024) en referència a l'adjacència dels blocs temporals en l'anàlisi aorístic, però tenint en compte també la seva distància geogràfica. Aquest tipus de model permetria una avaluació més acurada de les problemàtiques relacionades amb la definició cronològica (en especial les relacions entre les fases), a la vegada que possibilitaria un tractament formal dels efectes associats a la reconstrucció paleodemogràfica, com l'aparició de pics espuris en el senyal o la ponderació de les evidències ocupacionals.

Finalment, cal assenyalar dos aspectes interessants i que han estat poc o gens tractats en la literatura, com són l'equivalència de les incerteses en les reconstruccions paleodemogràfiques o la possibilitat de construir les SPD amb les densitats de probabilitat obtingudes amb els models cronològics. En primera instància, la incertesa de l'anàlisi aorístic és en realitat una funció de l'allargada de les fases, el nombre d'esdeveniments continguts en aquestes i l'amplada dels blocs temporals, mentre que la incertesa de les SPD simulades amb el procediment Monte-Carlo depèn del nombre de datacions (o *bins*) i la distribució dels seus errors. Així doncs, seria interessant aprofundir en la qüestió de l'equivalència d'aquestes incerteses d'una manera formal, explorant l'abast dels seus efectes i determinant els factors crítics controlables per l'investigador (per exemple, l'amplada dels blocs temporals, els quals podrien ajustar-se per tal de garantir aquesta equivalència). Per altra banda, és necessària també una reflexió sobre del concepte de sumar les distribucions a posteriori de les datacions radiocarbòniques, procediment que s'ha dut a terme en certs estudis sense una valoració formal de les seves implicacions teòriques o metodològiques. En aquest sentit, a banda de les

conseqüències que puguin tindre les restriccions imposades en el model (per exemple una condició de seqüencialitat), els efectes generats per l'ús d'un model de fase uniforme podria tindre interessants implicacions en la interpretació de les trajectòries poblacionals, com la reducció del senyal en els límits de les fases o l'aparició de fluctuacions corresponents a l'estimació en la durada de les ocupacions. No obstant això, cal tindre en consideració els efectes de normalització de les distribucions (vegeu secció 3.2.3), així com les dificultats metodològiques que pot comportar la realització dels tests de significació, els quals possiblement haurien d'incloure's en l'excussió de la MCMC.

8.2. Interpretació arqueològica

8.2.1. Inici de la fase NMI

Les primeres manifestacions del Neolític mitjà Inicial se situen majoritàriament en la costa i el prelitoral central de Catalunya, mostrant una aparent continuïtat amb contextos del Neolític antic Epicardial. Aquest seria el cas de jaciments amb estructures complexes de Ca l'Estrada (Roig *et al.*, 2020; Roig, 2023), situat al límit occidental de la regió del Vallès i Reina Amàlia 31, al Pla de Barcelona (González *et al.*, 2011; Harzbecher & González, 2016a; González *et al.*, 2017), així com el nivell de *fumier* de la Cova de Can Sadurní al Baix Llobregat (Antolín *et al.*, 2017; Edo *et al.*, 2019a). Es destaca la presència de produccions ceràmiques genèriques, en alguns casos amb reminiscències arcaïques, així com estructures funeràries individuals en Ca l'Estrada (originalment atribuïdes a la fase Epicardial per falta d'informació crono-cultural, Subirà *et al.*, 2015). Les datacions més antigues han proporcionat valors d'*agreement index* baix en els models cronològics, en especial Ca l'Estrada i Can Sadurní, ressaltant la problemàtica cronològica d'aquest moment inicial (el qual se situaria al voltant del 4700 ANE). Tanmateix, es disposa de dues datacions especialment antigues pel jaciment del Conservatori del Liceu (Bordas *et al.*, 2013), comparables amb les obtingudes per la fase Epicardial de Reina Amàlia 31. Aquestes datacions s'associen a ceràmiques que podrien tindre efectivament un parentiu amb les produccions del període anterior (com

cordons corbats o impresos), així com alguns fregaments raspallats que bé podrien correspondre a un moment posterior de les ocupacions.

La zona del nord-est presenta també alguns contextos amb datacions que es situarien en aquesta etapa inicial del període, tot i que en un moment lleugerament més avançat. Entre aquests cal mencionar l'assentament complex de Ca n'Isach (Tarrús *et al.*, 2016; Tarrús, 2017) i la Cova d'en Pau (Tarrús & Bosch, 1990), els dos amb datacions realitzades a principis dels anys 90 i que presenten desviacions típiques excessivament elevades (factor que compromet la seva fiabilitat). Per altra banda, el jaciment de La Dou (Alcalde *et al.*, 2012; Alcalde *et al.*, 2016; Cámara, 2022), en el qual s'han documentat diverses estructures de combustió estereotipades, ha proporcionat informació cronològica molt interessant d'aquesta etapa inicial. En els tres casos citats, els efectius ceràmics s'assimilen a l'horitzó de la fàcies Montboló, representant el possible inici d'aquestes produccions en el territori català. Al mateix temps, la zona del nord del Penedès presenta dos contextos amb datacions antigues per la fase del NMI, com són l'assentament complex de Guixeres de Vilobí (Oms *et al.*, 2021c) i la Cova de la Font del Molinot (inèdita), els quals podrien correspondre a la gènesi de la fàcies Molinot (atesa la seva associació amb materials d'aquest horitzó).

Així doncs, la primera etapa del NMI es caracteritza per una possible continuïtat amb la fase del Neolític Epicaridal, factor que contrasta amb l'aparent manca d'informació cronològica d'aquest moment en el territori del sud-est francès (van Willigen *et al.*, 2011; Caro, 2020). Les ocupacions mostren l'existència d'assentaments complexos, amb fons de cabanes i agrupacions d'estructures de combustió, així com l'ús de les cavitats per emmagatzematge o d'establació. Pel que fa als estils ceràmics, podria argumentar-se una evolució des de les formes arcaïques del Epicardial en les zones del Vallès i el Pla de Barcelona, factor que podria explicar l'associació durant anys 80 d'aquestes produccions amb el Neolític antic. Tanmateix, en un moment més avançat, l'aparició d'efectius assimilables a les fàcies Molinot i Montboló posa de manifest la ràpida adopció de les identitats culturals característiques d'aquesta fase, situant-se en les zones del Penedès i el nord-est català respectivament.

La següent etapa representa el moment d'expansió i consolidació de la fase del Neolític mitjà Inicial, amb la diversificació de les ocupacions i la difusió a nous territoris i nínxols ecològics. En la zona del Vallès es documenta el possible abandonament de Ca l'Estrada, així com l'inici de l'ocupació a Can Roqueta, amb l'enterrament de tres individus en un paleocanal o fossat amortitzat (Oliva *et al.*, 2018). Paral·lelament, el Pla de Barcelona mostra una important concentració en la densitat de datacions entre el 4500 i el 4350 ANE (vegeu Annex B), procedents tant del complex arqueològic del Raval com de la zona de la Sagrera, entre les quals destaquen les manifestacions funeràries de Sant Pau del Camp (Molist *et al.*, 2008; Molist & Gómez, 2016) i Reina Amàlia 31 (González *et al.*, 2011; Harzbecher & González, 2016a). Tanmateix, la regió del Baix Llobregat presenta un interessant episodi funerari en la Cova de Can Sadurní associat a ceràmiques Molinot i Montboló (Antolín *et al.*, 2017; Edo *et al.*, 2019a), així com la presència d'un enterrament en el complex miner de Can Tintorer (el sepulcre S1, Morell *et al.*, 2023), el qual podria estar associat a les primeres extraccions de variscita. En el Penedès, per la seva banda, es continua documentant l'ús domèstic de les cavitats càrstiques, com la Cova de la Font del Molinot, la Cova Foradada (Cebrià *et al.*, 2011; Moreno-Ibáñez *et al.*, 2021) o la Cova de la Guineu (Equip Guineu, 1995; Bergadà *et al.*, 2018), així com possiblement els inicis de l'ocupació en la plana de l'actual Vilafranca.

En la zona del nord-est semblen proliferar també les ocupacions domèstiques en cova, com la Cova d'en Pau (Tarrús & Bosch, 1990), o les coves de les Pixarelles i el Toll (Àlvarez *et al.*, 2022; Oms *et al.*, 2020). Tanmateix, és en aquesta etapa en la que es documenta l'inici de l'activitat en el jaciment de tipus complex del Camp del Colomer (Fortó *et al.*, 2018), posant de manifest la importància de l'ocupació de la zona pirinenca. Finalment, la regió de Lleida experimentaria en aquest moment un eventual creixement poblacional relacionat amb l'aparició de jaciments com Les Auvelles i el Collet de Puiggrós (Oms *et al.*, 2019a; Piera *et al.*, 2007), el darrer amb un enterrament en sitja.

En aquest moment de consolidació i expansió, doncs, les comunitats humanes mostrarien una major atenció pels aspectes del món funerari, amb l'aparició de la primera necròpolis a Sant Pau del Camp i la proliferació dels enterraments individuals en els diferents territoris. Respecte als estils ceràmics, sembla que les produccions "genèriques" de l'etapa anterior en el Vallès i Pla de Barcelona comencen a donar pas a efectius més similars als de les fàcies Molinot i Montboló (a excepció de Sant Pau Camp i la Sagrera), els quals en alguns casos mostren una certa ascendència Chassey (com a Reina Amàlia 31). Per altra banda, es consolidarien els horitzons Molinot al Penedès i Montboló al nord-est català, al mateix temps que apareixen les fàcies regionals d'Auvelles i Juberrí, associades a l'expansió poblacional per la plana de Lleida i el Pirineu respectivament.

8.2.2. Expansió demogràfica del NMI

Tal com han posat de manifest les anàlisis paleodemogràfiques (apartats 7.3 i 7.4), entre el 4250 i el 4100 ANE es donaria un episodi de creixement poblacional, coincidint amb el darrer moment de consolidació de les ocupacions per tot el territori català. La intensificació del poblament es produiria en un context en què les identitats culturals del Neolític mitjà Inicial estarien plenament desenvolupades, havent-se configurat una certa territorialitat o regionalització de les comunitats humanes. Aquest moment suposaria l'afiançament de les pràctiques agropecuàries, amb l'aparició d'un gran nombre de jaciments del tipus "camps de sitges". Tanmateix, les activitats mineres de Can Tintorer podrien estar experimentant un important moment d'activitat, atraient l'interès de certs grups i configurant les xarxes d'intercanvi regionals i transpirinenques.

Durant aquesta etapa, el Pla de Barcelona mostra una relativa manca d'informació cronomètrica, possiblement associada al desmantellament del complex arqueològic del barri del Raval. Tan sols es disposa d'una datació provinent del jaciment del Carrer Reina Amàlia 38, en el qual s'ha documentat una gran estructura de combustió d'uns 10m de llarg i 2m d'ample, associada a ceràmiques Molinot i Montboló (Harzbecher & Gonzalez, 2016b; Fernández *et al.*, 2018). De la mateixa manera, la regió del Vallès

sembla mostrar una relativa falta d'informació, amb la Vinya del Regalat (Vicente, 2008) com únic jaciment datat d'aquesta etapa que presenta ceràmiques de la fase NMI (concretament de la fàcies Molinot). En el Baix Llobregat continua l'ocupació de Can Sadurní, amb datacions associades tant a un ús funerari com a una activitat de tipus domèstica, mentre que per Can Tintorer no es disposa de datacions d'aquest moment (tot i que molt probablement s'hagi intensificat la seva activitat, tal com s'ha indicat anteriorment a partir de la relativa abundància de materials d'aquesta fase en algunes de les boques de mina).

Paral·lelament, la regió del Penedès experimenta un notable increment en la densitat de datacions radiocarbòniques, amb la proliferació d'un gran nombre de jaciments situats en la plana i l'aparent decreixement de l'activitat en les coves (amb l'excepció de la Cova de la Guineu, Bergadà *et al.*, 2018). Aquest increment és en part el responsable de l'augment en el senyal demogràfic d'aquesta etapa, associat a una intensa ocupació de la zona propera a l'actual població de Vilafranca del Penedès iniciada entre el 4400 i 4300 ANE (vegeu Annex B). Entre els assentaments datats hi figuren l'Hort d'en Grimau (Mestres, 2019a), Mas d'en Boixos (Bouso *et al.*, 2019), Pujolet de Moja (Mestres *et al.*, 1997; Fontanals-Coll *et al.*, 2016) i Mas Pujó (Esteve *et al.*, 2012; Oms *et al.*, 2016b), així com l'agrupació de jaciments configurada per Mas Romeu (VVAA, 2015), Camí de Santa Maria dels Horts (VVAA, 2015), Cal Pere Pastor (VVAA, 2015), Pou Nou (Nadal & Mestres, 2019), Els Pujols (VVAA, 2015), Els Cirerers (Feliu, 2019), Camí de Mas Romeu (VVAA, 2015) i la Serreta (Oms *et al.*, 2024). Tots aquests jaciments presenten evidències d'estructures d'emmagatzematge, en alguns casos en un nombre especialment elevat (com en el Mas d'en Boixos). Les ceràmiques associades amb aquests contextos presenten les decoracions raspallades típiques de la fàcies Molinot, configurant el moment àlgid d'aquest horitzó. Tanmateix, en molts casos es documenten estructures funeràries amb enterraments individuals o dobles, els quals s'associen a les ocupacions domèstiques.

Contràriament, les regions del nord-est català mostren una tendència més modesta, amb el possible abandonament de l'assentament de La Dou i la continuïtat de les ocupacions

domèstiques en cova (com les coves de les Grioterres o del Toll, Castany, 1995; Oms *et al.*, 2020). Tanmateix, es documenten nous contextos funeraris datats, com són la Cova del Pastoral (Bosch, 1985; Mestres *et al.*, 1991) o el túmul de Vilanera (Codina *et al.*, 2021; Tarrús & Carreras, 2022), tots dos associats a efectius ceràmics de la fàcies Montboló. Pel que fa a la regió de la Catalunya central, es disposa de datacions de dos jaciments especialment propers (menys de 300m) associats a ceràmiques Molinot, Cal Sitjo (Gómez *et al.*, 2023) i els Vilars de Tous (Clop *et al.*, 2005), el darrer interpretat com un possible taller lític. Per altra banda, en la zona del Pirineu es continua amb l'ocupació del Camp del Colomer (Fortó *et al.*, 2018), al mateix temps que apareix la primera estructura funerària de tipus cista (la Tomba de Segudet (Yáñez *et al.*, 2002), a la que s'associa un vas ceràmic amb reminiscències arcaiques així com altres aspectes similars a les produccions de la fàcies Juberri.

En la zona nord de Lleida es constata l'abandonament del jaciment de les Auelles, així com l'ocupació de certes cavitats com la Cova Gran de Santa Linya (Mora *et al.*, 2018) o la Balma dels Vilars (VVAA, 2000), la darrera associada a la fase NMI per context regional. Pel que fa al sud d'aquesta regió es constata la continuïtat en les ocupacions del Collet de Puiggrós (Piera *et al.*, 2007) i l'inici d'assentaments com l'Espina C i Quatre Pilans (Piera, 2016; Gallart *et al.*, en premsa), tots ells amb ceràmiques similars a les produccions de la fàcies Auelles. Finalment, en les regions del Camp de Tarragona i les Terres de l'Ebre es documenten enterraments datats en aquesta etapa d'expansió (Bravo *et al.*, 2014; Bravo, 2022; Bosch *et al.*, 2023), associats a les fàcies Molinot i Boques de l'Ebre respectivament. Cal mencionar l'escassa informació cronomètrica disponible per la regió de les Terres de l'Ebre, en què s'han exhumat diverses necròpolis atribuïbles a la fase del NMI, les quals seria interessant datar de manera sistemàtica amb l'objectiu d'entendre millor la seva articulació amb la resta de manifestacions funeràries d'aquesta fase.

Així doncs, aquesta etapa d'expansió demogràfica es troba aparentment associada a un important augment en la visibilitat de les manifestacions funeràries, les quals experimenten una clara diversificació tipològica i una certa tendència a la sumptuositat.

Aquesta major preocupació pels aspectes del món funerari està relacionada molt possiblement amb les transformacions culturals i ideològiques de les regions del sud-est francès, Suïssa i el nord d'Itàlia. En aquest sentit, l'aparició de semblances estilístiques i tipològiques Chassey en els conjunts ceràmics catalans estarien indicant l'existència de clars vincles transpirinencs, els quals podrien estar intensificant-se durant aquesta etapa. Tanmateix, cal remarcar el possible rol desenvolupat pel complex de Can Tintorer en aquest eventual procés de transmissió cultural, el qual podria haver actuat com a pol d'atracció de les comunitats assentades en el sud-est francès. Efectivament, el desplegament de les xarxes d'intercanvi observat en la fase posterior hauria tingut els seus inicis molt possiblement en aquesta etapa, en la que ja s'haurien establert certes rutes i mecanismes d'intercanvi. Un aspecte interessant seria una hipotètica vinculació entre el creixement demogràfic del Penedès i l'activitat minera de Gavà, especialment amb relació al control o preeminència d'una regió sobre l'altre.

8.2.3. Transició entre les fases NMI i NMP

L'episodi de transformació social i cultural entre les fases del NMI i el NMP es presenta com una etapa complexa i heterogènia, amb marcades diferències entre les diferents regions. En part, aquest factor es troba relacionat amb els reptes que plantegen els elements diagnòstics que separen les dues fases, en especial els estils ceràmics, la tipologia dels enterraments o els materials exògens emprats com a elements cronoculturals. Concretament, el trencament amb les tradicions estilístiques i tecnològiques de les produccions ceràmiques no sempre resulta clara, podent existir una etapa amb materials escassament definits i poc diagnòstics. Tanmateix, és possible la continuació en l'ús de les produccions un cop abandonada la cadena operativa, o fins i tot la perduració residual de la tradició en contextos concrets (tot i haver adoptat noves formes de producció). No obstant això, el resultat d'aquesta renovació de la cultura material durant el Neolític mitjà comporta, molt possiblement, un esdeveniment amb fortes implicacions culturals i ideològiques, amb conseqüències importants en l'aspecte econòmic i d'organització territorial.

La zona en què sembla iniciar-se aquest canvi cultural és la regió de l'Empordà, amb l'assentament domèstic de la Serra del Mas Bonet (Rosillo, 2011; Martín *et al.*, en premsa). En aquest jaciment apareixen efectius ceràmics de la fàcies de l'Empordanès juntament amb elements Chassey, sense que es constati la presència de vestigis de la fase anterior. Una de les datacions associades a aquestes materials resulta especialment antiga, indicant inclús un possible inici de les ocupacions durant l'etapa d'expansió del NMI descrita anteriorment (però la qual ha proporcionat valors baixos d'*agreement index* en el model seqüencial). Els mecanismes d'aquesta transformació primerenca són encara poc coneguts, tot i això, seria necessari aprofundir en aspectes com una hipotètica aportació poblacional de comunitats franceses en el territori empordanès, les quals podrien haver participat en algun procés del tipus *musical chairs*. En aquest sentit, resulta interessant l'aparent contemporaneïtat d'aquest jaciment amb la primera utilització del túmul de Vilanera, associada a un vas d'estil Montboló. Més interessant encara resulta el fet que el túmul de Vilanera presenti fases de reutilització posteriors, sense materials ceràmics associats, però en un moment en què no es consta la presència de comunitats associades a la fase NMI en aquesta regió. Aquest fet podria estar indicant una "memòria" dels difunts que perduraria més enllà dels canvis socials, econòmics i culturals viscuts durant la transició de les dues fases, o bé l'existència d'unes comunitats de descendència Montboló que haurien perdut les tradicions de confecció ceràmica però no altres aspectes d'identitat cultural, i les quals podrien estar convivint de manera residual amb les comunitats de la fàcies Empordanès.

En el Vallès, les influències de l'esfera francesa queden documentades amb l'aparició d'efectius Chassey en jaciments com Camí de Can Grau (Pou & Martí, 2018a; Morell *et al.*, 2018b)(la Roca del Vallès), Bòbila Madurell - Can Gambús (Sabadell)(Roig & Coll, 2011; Martín *et al.*, 2017; Gibaja *et al.*, 2017a) i Can Roqueta (Sabadell)(Carlús *et al.*, 2008), en un moment en què ja es constata la presència de contextos assimilables amb la fàcies vallesiana dels Sepulcres de Fossa. Més concretament, en el jaciment de Can Roqueta el material Chassey sembla aparèixer amb anterioritat a dos enterraments en sitja associats a ceràmiques Montboló i Molinot, provocant que el model cronològic seqüencial presenti valors baixos d'*agreement index* per les datacions associades amb

aquests contextos. De manera similar, es documenten en aquesta zona dos jaciments amb presència de ceràmiques de la fase NMI associats a datacions excessivament recents respecte al context regional, com Els Mallols (Francès, 2007) o la Vinya del Regalat (Vicente, 2008), generant també valors baixos d'*agreement index* en el model seqüencial. Aquests dos jaciments, juntament amb Can Roqueta denoten una certa continuïtat de les tradicions de la fase NMI en un moment en què proliferen els contextos de la fàcies del Vallesià de Sepulcres de Fossa, especialment pel que fa a la Vinya del Regalat. Efectivament, al voltant del 4100-4050 ANE la regió del Vallès experimenta la instauració de grans necròpolis com Bòbila Madurell (Roig & Coll, 2011; Martín *et al.*, 2017; Gibaja *et al.*, 2017a) o Camí de Can Grau (Pou & Martí, 2018a; Morell *et al.*, 2018b), amb clares evidències d'una implantació de la fàcies vallesiana ja des dels seus inicis. En aquest sentit, la proximitat geogràfica de l'assentament de la Vinya del Regalat, a menys d'un kilòmetre dels jaciments dels Horts de Can Torras (Roig & Coll, 2018) i Plaça Major de Castellar (Roig, 2018a), representa un repte interpretatiu important, atès que en aquests últims es documenten datacions més antigues associades a una plena implantació de la fase NMP. Així doncs, aquest factor fa plantejar la validesa dels estils ceràmics com a elements crono-culturals pel moment de transició en la regió del Vallès, al mateix temps que obliga a reflexionar sobre la possible convivència de comunitats diferenciades identitàriament. Concretament, és en aquest precís moment en què es dona un creixement demogràfic significatiu en aquesta regió, suggerint l'impacte que podria haver tingut aquest hipotètic escenari de coexistència.

Pel que fa al Pla de Barcelona, en aquesta etapa es documenta l'abandonament del complex arqueològic del Raval, el qual possiblement està associat a certes troballes disperses que podrien respondre les restes desestructurades d'aquesta població. En concret, es disposa de dos jaciments datats, la Plaça de la Gardunya (Velasco, 2018) i el Carrer del Pi (Cebrià & Miró, 2018), tots dos associats a materials ceràmics molt poc diagnòstics, factor que complica la interpretació de l'episodi de transició en aquesta regió. En aquest sentit, es disposa també d'una datació dels anys 90 procedent d'un individu inhumat del jaciment de Sant Pau del Camp (Molist *et al.*, 2008; Molist &

Gómez, 2016), la qual presenta una gran desviació estàndard (130) i que ha proporcionat valors baixos d'*agreement index* en el model seqüencial. Així doncs, tot i no poder descartar amb seguretat aquesta determinació radiocarbònica, el més raonable seria pensar que representa un moment més antic que les datacions esmentades anteriorment, atesa la seva incertesa i el context al qual està associat. Per altra banda, en la regió del Baix Llobregat s'assisteix a l'abandonament de la Cova de Can Sadurní, al mateix temps que es documenta un increment en la densitat de datacions del complex de Can Tintorer. Específicament, el present estudi s'ha hipotetitzat una associació de la mina 83 amb la fase del NMI, atesa la possible equivalència de la seva datació amb els darrers moments d'ocupació de Can Sadurní. No obstant això, aquesta associació hipotètica molt possiblement hagi de ser descartada, en presentar baixos valors d'*agreement index* en el model seqüencial i considerant la cultura material associada (entre la que destaca un vas de boca quadrada, Bosch & Borrell, 2009). Altres mines, com la 16, la 70, la 5 o la 6 documenten una clara activitat al voltant del 4000 ANE, associada amb materials de la fàcies vallesiana dels Sepulcres de Fossa.

Durant aquesta etapa, la regió del Penedès sembla presentar la possible desarticulació dels assentaments de l'etapa anterior, amb l'abandonament de gran part dels jaciments i l'amortització de les seves estructures domèstiques (algunes reutilitzades amb finalitats funeràries). Així doncs, el gran nucli de poblament identificat en aquesta àrea experimental l'inici d'un retrocés demogràfic, evidenciat en els resultats dels tests de significació del present estudi. Tanmateix, alguns jaciments presenten certa continuïtat entre el NMI i el NMP, com Els Pujols (VVAA, 2015), amb un enterrament sense materials diagnòstics, però amb una datació excessivament recent, el Pujolet de Moja (Mestres *et al.*, 1997; Fontanals-Coll *et al.*, 2016; Mestres, 2019b) o Mas d'en Boixos (Bouso *et al.*, 2019), tots ells amb un aparent hiatus ocupacional entre les fases (atesa la diferència en els valors cronomètrics de les determinacions). No obstant això, malgrat observar-se una tendència similar a aquests jaciments, en l'assentament complex de la Serreta s'observen certes particularitats que podrien proporcionar una major comprensió d'aquest episodi de transició. En primera instància cal destacar l'enterrament de l'estructura E-60, en el que s'han documentat elements d'aixovar comparables amb la

cultura material de Sepulcres de Fossa del Vallesità, però amb una datació excessivament antiga pel context regional (donant valors baixos d'*agreement index* en els dos models cronològics, en haver estat classificada com NMP). Per altra banda, els dos enterraments del jaciment veí de la Serreta Nord (VVAA, 2015), sense materials diagnòstics però amb determinacions radiocarbòniques situades precisament en el moment de transició. Així doncs, podria haver-se donat una hipotètica intrusió en el territori penedesenc d'alguns membres de les comunitats occidentals, en un moment en què la zona del Vallès experimenta la transformació socio-cultural lligada a l'aparició de les grans necròpolis. Tanmateix, aquest escenari de mobilitat podria estar relacionat amb l'auge de l'activitat minera de Can Tintorer, així com amb els hipotètics fenòmens de convivència poblacional del Vallès, involucrant mecanismes que, en l'estat actual del coneixement, molt difícilment podrien ser discernits.

Respecte a la resta de regions, en la Catalunya humida es documenta una clara continuïtat en les ocupacions domèstiques en cova, algunes de les quals presenten materials tant de la fase NMI com de la fase NMP. Aquest seria el cas de coves com Pixarelles, Toll (amb un baix *agreement index* per les darreres datacions del NMI) i Grioterres, les dues últimes amb vestigis Chassey entre la cultura material exhumada. Tanmateix, les datacions associades amb els nivells d'aquestes cavitats mostren també un possible hiatus ocupacional, el qual podria estar cobert per la primera datació de la necròpolis del Puig d'en Roca (Gibaja *et al.*, 2017b; Gibaja *et al.*, 2017c), malgrat presentar valors d'*agreement index* baix en els dos models (i per tant podent-se interpretar com un jaciment més recent). Durant aquesta etapa, la regió de la Catalunya central es troba escassament representada, amb una única datació del nivell 3 de Cal Sitjo (Gómez *et al.*, 2023), associada a materials ceràmics poc diagnòstics. De forma similar, la regió del Camp de Tarragona presenta dos enterraments del jaciment de l'Aeroport de Reus (Bravo *et al.*, 2014; Bravo, 2022), pels quals es disposa de datacions radiocarbòniques que no han pogut associar-se a materials ceràmics diagnòstics (i les quals presumiblement encaixarien amb la fase del NMP). Finalment, per les Terres de l'Ebre no es disposa d'informació cronomètrica d'aquest moment, mentre que en la zona de Lleida continuaria el poblament associat a les darreres etapes de la fase NMI.

Així doncs, aquesta etapa de transició està caracteritzada tant per la forta influència de l'esfera Chassey, com per la dinàmica poblacional diferenciada de les regions del Vallès i el Penedès. En aquest sentit, la possible "frontera" cultural entre aquests territoris podria involucrar mecanismes complexos de mobilitat poblacional o vinculació socio-econòmica, els quals molt possiblement involucren el control de l'activitat minera de Can Tintorer. Malgrat no evidenciar-se un augment demogràfic associat a aquest moment de transformació cultural per tota l'àrea d'estudi, és possible identificar un clar increment poblacional en la zona del Vallès que s'iniciaria entre el 4100 i el 4000 ANE (vegeu Annex B), el qual molt possiblement està vinculat a l'aparent decreixement demogràfic de la zona penedesenca. No obstant això, l'origen d'aquest augment poblacional restaria inexplicat tot i acceptar la hipotètica coexistència de comunitats diferenciades identitàriament, en no poder determinar els mecanismes concrets d'aquest procés de diferenciació. Efectivament, aquest fenomen podria respondre tant a una fissió de les comunitats locals associada a una nova identitat cultural en un moment d'increment poblacional, com també a l'aportació demogràfica de comunitats d'altres regions, les quals conformarien una nova fàcies cultural regionalitzada. Aquesta qüestió, així com les altres mencionades en referència a un procés de mobilitat poblacional (com els casos de l'Empordà o el darrer moment de la fase NMI al Penedès), només podrien ser avaluades amb un programa d'anàlisi genètic exhaustiu, el qual tingui com a objectiu determinar el parentesc d'aquestes comunitats.

8.2.4. Consolidació i final del NMP

L'etapa de consolidació del Neolític mitjà Ple es caracteritza per l'àmplia visibilitat de les manifestacions funeràries, que en certes regions representen la major part de la informació disponible d'aquesta fase. En efecte, els assentaments d'hàbitat del NMP són generalment poc coneguts, i principalment els conformen agrupacions de sitges amortitzades, sense evidències d'estructures aèries o semisubterrànies. Malgrat les diferències regionals exposades en l'apartat anterior, aquesta fase es consolida pràcticament en tot el territori català entorn del 3900 ANE, amb l'aparició d'un poblament diferenciat per la regió del Solsonià (la qual presentava un aparent

despoblament durant el NMI). Contràriament, per la zona de Lleida existeix una important falta d'informació d'aquesta fase, la qual podria respondre a un hipotètic hiatus poblacional o bé a l'existència d'una ocupació dispersa i amb escassa visibilitat arqueològica.

En la regió del Vallès es documenta l'auge de les grans necròpolis, representades cronomètricament pel Camí de Can Grau i la Bòbila Madurell, les quals presenten una continuïtat des dels inicis de la fase fins al final. Tanmateix, apareixen altres enterraments vinculats al desmantellament d'assentaments d'habitat, com els jaciments de la Plaça Major de Castellar (Roig, 2018a) o Ca l'Arnella (Pou & Martí, 2018b), els dos amb materials ceràmics d'ascendència Chassey associats a individus pels quals es disposa de datacions radiocarbòniques. Altres estructures funeràries aïllades datades les conformarien Can Fatjó dels Aurons (Roig, 2018b) o la Bòbila d'en Joca (Martín & Casas, 2018), la darrera situada temporalment en el final del període. La proliferació de les necròpolis tindria la seva extensió a territoris com la Catalunya humida i la Catalunya central, amb els jaciments datats de Puig d'en Roca (Gibaja *et al.*, 2017b; Gibaja *et al.*, 2017c), Can Gelats (Augé & Subils, 2017; Gibaja *et al.*, 2017b) i el Pla del Riu Marcetes (Gibaja *et al.*, 2018a).

Per altra banda, en el Pla de Barcelona s'observa la continuïtat amb l'assentament de la zona de la Sagrera, en el que han aparegut ceràmiques de la fase NMP juntament amb un efectiu similar a les produccions Chassey. Tanmateix, l'explotació minera de Can Tintorer sembla continuar activa fins als darrers moments del període, enllaçant-se amb l'aparició de vestigis del període posterior del Neolític final (especialment en les mines 28 i 8). Contràriament, la regió del Penedès presenta un final de la fase NMP molt més antic, amb una important davallada en la densitat de datacions radiocarbòniques entorn del 3700 ANE. En aquest sentit, els jaciments de la Serreta i Mas d'en Boixos semblen ser les darreres manifestacions d'aquesta fase, presentant un aparent hiatus poblacional respecte a les datacions del període del Neolític final (representades especialment per la Cova de l'Avi, Daura *et al.*, 2015). En canvi, cal remarcar el possible augment demogràfic observat pels tests de significació en aquesta regió entorn del 3800 ANE,

causat per la hipotètica concentració dels jaciments en un lapse temporal relativament reduït (atesa l'amplitud inferida pel model cronològic seqüencial).

En la regió de l'Empordà es constata l'ocupació del jaciment de Ca n'Isach (Tarrús *et al.*, 2016; Tarrús, 2017), emplaçat en la mateixa ubicació que la fase del NMI, així com la continuïtat de l'activitat en el jaciment de la Serra del Mas Bonet (Rosillo, 2011; Martín *et al.*, en premsa), la qual s'estendria fins pràcticament el final del període. La identitat cultural d'aquesta regió no només presenta una fàcies ceràmica concreta (estretament relacionada amb els estils Chassey), sinó que també s'associa amb unes manifestacions funeràries singulars (anomenats Sepulcres de Corredor), molt possiblement relacionats amb l'origen arquitectònic del posterior fenomen megalític (Tarrús & Carreras, 2022). Es disposa d'una única datació dels anys 90 procedent d'un d'aquests contextos, coherent amb la cultura material associada a la construcció.

Paral·lelament, tant en la regió del Solsonià com en certes parts de la zona del Pirineu (amb Feixa del Moro, Remolins *et al.*, 2018; Oms, 2018) i la Catalunya central (amb La Plana del Torrent, Ros, 2000) s'observa una gran proliferació dels enterraments en cista, els quals no ha estat possible associar a data d'avui amb contextos d'hàbitat ben coneguts. Aquestes estructures tindrien la seva implantació en el territori durant l'etapa de consolidació de la fase del NMP (al voltant del 3950-3850 ANE), i suposarien un augment poblacional significatiu respecte a la tendència general de l'àrea d'estudi per aquesta etapa (tal com suggereixen els tests de significació). En general, les cistes tendeixen a aparèixer aïllades o en petits grups, que excepcionalment poden arribar a conformar petites necròpolis (com el complex del Llord, amb nou sepultures i un menhir, Castany, 2022a). Les estructures inclouen inhumacions tant individuals com successives, sovint acompanyades de rics aixovars característics de la fase NMP. De la regió del Solsonià es disposa de fins a 19 individus datats provinents de 14 cistes, tots amb bons valors d'*agreement index* en els dos models corològics. Cal destacar una de les cistes dels Garrics de Caballol (Castany, 2022b), amb un nombre mínim d'individus de 7. Aquest fenomen podria representar una senzilla anomalia (amb un significat merament local), o bé podria indicar els inicis d'un canvi de mentalitat respecte a les

pràctiques funeràries, més proper a les ideologies vinculades als enterraments col·lectius del període posterior. Aquesta possibilitat estaria lleugerament recolzada per una de les datacions radiocarbòniques (exclosa en les anàlisis del present treball), que allarga la utilització d'aquesta cista fins cronologies més recents que el 3400 ANE.

L'augment poblacional suggerit per l'elevat nombre de cistes en la regió del Solsonià, juntament amb les característiques dels elements d'aixovar, han estat interpretats com a indicadors d'una posició privilegiada d'aquesta zona en les xarxes d'intercanvi transpirinenques. No obstant això, la dificultat per determinar el tipus d'hàbitat i l'economia d'aquestes comunitats suposa un repte a l'hora de determinar els possibles mecanismes involucrats, així com els seus aspectes socials. En aquest sentit, cal mencionar el jaciment de Ca l'Oliaire (Martín *et al.*, 2005), situat a menys de 6 km de la cista del Serrat de les Tombes (Farguell & Guerrero, 2022), i el qual representa una ocupació domèstica associada a la fàcies del Vallesià. La localització d'aquest assentament, del que es disposa d'una datació radiocarbònica, podria tindre una explicació funcional, en situar-se en una plana al·luvial (al contrari que les cistes, que sovint s'emporten en medis de calcàries litogràfiques). Aquest factor podria efectivament suggerir una certa preferència territorial i ecològica de les comunitats de la fàcies del Solsonià, possiblement vinculada als aspectes socio-econòmics.

Finalment, la regió de Lleida presenta un important repte interpretatiu, en no disposar d'informació relativa a la fase del NMP. Concretament, es disposa únicament de dues datacions situades en un moment posterior al 4000 ANE, procedents d'un fogar de la Cova Gran de Santa Linya (Mora *et al.*, 2018) i un enterrament de l'assentament del Pla de Gardelo (Piera, 2016). Les dues datacions han estat classificades com NMI pel context general dels jaciments, sense poder-se associar estrictament amb un material ceràmic específic. Aquestes datacions, doncs, podrien representar l'etapa de desmantellament de les comunitats de la fase NMI en aquest territori (el qual experimentaria un posterior hiatus poblacional), o bé l'inici d'un hipotètic horitzó NMP no conegut a data d'avui. Posteriorment, les datacions més properes en el temps i l'espai provenen de la Cova Gran de Santa Linya (concretament de l'ocupació interpretada com

a Neolític final) i de l'assentament de les Roques del Sarró (Equip Sarró, 2000), contextos de difícil interpretació.

9. Conclusions

El present treball ha mostrat els avantatges de considerar els aspectes geogràfics en la construcció de models bayesians de fase regionals, aportant una solució per tractar els errors de mostreig associats a l'heterogeneïtat espacial. En aquest sentit, ha estat possible valorar l'efecte dels *priors* utilitzats en la definició de la funció d'autocorrelació, assenyalant els paràmetres crítics. Tanmateix, s'ha pogut avaluar l'efecte generat per la imposició de restriccions en les relacions entre fases, discutint les seves implicacions i plantejant possibles alternatives. Per altra banda, un dels principals reptes identificats ha estat la problemàtica de l'assignació de les mostres radiocarbòniques a les fases arqueològiques, la qual ha demostrat tenir un fort impacte en les possibles inferències derivades del model. En el cas d'estudi d'aquest treball, els elements emprats com indicadors crono-culturals no sempre han pogut ser definits correctament, provocant que en alguns casos les mostres hagin estat classificades mitjançant un context més general. Aquesta problemàtica, la qual ha estat àmpliament discutida en les diverses seccions, es relaciona estretament amb la multiplicitat dels elements diagnòstics, els quals no es basen únicament en la tipologia o els estils ceràmics. Així doncs, no es tracta només d'un repte lligat al tractament de la incertesa en l'assignació de la fase, sinó també a la possible existència de ritmes o expressions territorialment diferenciades. En efecte, les connotacions crono-culturals no tenen per què tindre un mateix valor per totes les regions estudiades, posant de manifest la necessitat d'un enfocament orientat a l'estudi de les seves relacions i variacions espai-temporals.

Per altra banda, el present treball ha contribuït en l'avaluació de l'enfocament *dates as data* com a *proxy* demogràfic, aportant una nova evidència respecte a la idoneïtat d'aquesta proposta metodològica. Específicament, s'ha observat l'equivalència entre les inferències demogràfiques derivades de la suma de probabilitats de les datacions i les de l'anàlisi aorístic, suggerint una bona relació entre els *proxies* i la població humana. Tanmateix, l'estudi ha mostrat la idoneïtat d'utilitzar un model cronològic espacialment explícit, atesa la conveniència de considerar les variacions locals en la reconstrucció poblacional. En aquest sentit, els resultats obtinguts han posat en evidència tant

asincronies locals com dinàmiques demogràfiques diferenciades, en una àrea d'estudi relativament reduïda i només dues fases arqueològiques. Per altra banda, els resultats de l'estudi així com les reflexions sobre les implicacions dels models, han permès esbossar una proposta de model integral per l'estudi dels aspectes paleodemogràfics, suggerint possibles solucions per les problemàtiques de l'assignació de fase, la multiplicitat dels elements diagnòstics i les relacions complexes entre aquests.

Tanmateix, en el present treball s'ha pogut posar a prova la hipòtesi de creixement poblacional durant la transició entre les dues fases del Neolític mitjà a català, formulada ja des dels anys 90 en relació amb una major visibilitat de les manifestacions funeràries durant la fase dels Sepulcres de Fossa. En aquest sentit, els resultats de l'estudi han contribuït amb un major coneixement sobre aquesta dinàmica d'increment poblacional, avaluant el possible moment d'inflexió i determinant les diferències regionals d'aquest procés. Concretament, ha estat possible identificar un creixement demogràfic iniciat durant el 4250 ANE, el qual es donaria en un moment anterior a l'episodi de transformació cultural característic del període. Aquest augment estaria molt possiblement relacionat amb l'establiment de la fase del *Néolithique moyen 2* francès (Caro, 2020), així com l'inici d'una intensificació en les xarxes d'intercanvi transpirinenques. En aquest sentit, cal remarcar la clara incidència de l'esfera Chassey en el territori català durant el període estudiat, amb l'aparició d'efectius ceràmics d'aquesta tradició així com influències estilístiques en les produccions locals. En efecte, la vinculació de les regions de Catalunya i el sud-est francès durant l'horitzó Montbolò podria haver assentat les bases d'una relació territorial complexa i dinàmica, en la que les poblacions humanes experimentarien processos de mobilitat i residència encara poc coneguts. Tanmateix, la marcada regionalització de les comunitats catalanes a mitjans del V mil·lenni, materialitzada amb la consolidació de les fàcies ceràmiques Molinot, Auvelles o Boques de l'Ebre, hauria desenvolupat un rol important en els mecanismes d'identitat cultural, afectant les relacions intergrupals i les estructures territorials.

En aquest context, els resultats del present estudi suggereixen una dinàmica d'adopció gradual dels canvis socio-econòmics produïts a gran escala, els quals es manifestarien especialment a partir del 4000 ANE. Específicament, l'augment demogràfic esmentat

anteriorment vindria acompanyat d'una major preocupació pels aspectes funeraris, amb la proliferació dels enterraments individuals o múltiples, així com l'aparició d'aixovars de caràcter ostentós. Aquestes manifestacions podrien indicar un canvi social i ideològic viscut per les comunitats d'aquesta etapa, el qual comportaria una població més segmentada així com l'aparició de canvis en les pautes d'assentament. En aquest sentit, l'activitat minera de Can Tintorer hauria desenvolupat un paper central en aquestes transformacions, dinamitzant les poblacions i actuant com atractor dels processos de transformació. No obstant això, les comunitats assentades en el territori català continuarien mostrant una marcada identitat cultural fins als inicis del IV mil·lenni, moment en què s'experimentarien profunds canvis en els mecanismes poblacionals i els aspectes culturals. En principi, aquest episodi no estaria associat a un augment demogràfic significatiu, sinó que es continuaria amb la tendència ascendent iniciada ja en l'etapa anterior. Contràriament, es donaria una important reconfiguració territorial que afectaria especialment les zones del Penedès i el Vallès, les quals semblen mostrar tendències demogràfiques oposades. Aquesta reconfiguració incidiria també en les zones de la Plana de Lleida, la Depressió Central i el Prepirineu, comportant la desarticulació de les comunitats de l'horitzó de la fàcies Auvelles i el sorgiment del fenomen de les cistes del Solsonià (factors encara poc coneguts).

Per altra banda, el present treball ha posat de manifest la necessitat d'una major atenció als possibles episodis de convivència poblacional, en espacial a l'hora de determinar tant els processos de transformació cultural com les dinàmiques poblacionals. En efecte, els resultats obtinguts per les regions de l'Empordà i el Vallès durant el final del V mil·lenni suggereixen la possible coexistència entre comunitats diferenciades identitàriament, els mecanismes específics de la qual serien desconeguts en l'estat actual de la recerca. Entre les hipòtesis formulades hi figuren tant un possible episodi d'aportació demogràfica com un eventual procés de fusió de les comunitats vinculada al sorgiment d'una nova identitat. Així doncs, aquesta possible convivència acurtaria com impulsor de la transformació cultural, en un context en què ja s'hauria donat d'adopció gradual de certs aspectes socials i econòmics, provocant la reconfiguració territorial esmentada i donant pas a la nova realitat observada durant la fase del Neolític mitjà Ple.

10. Bibliografia

Alcalde, G., Colominas, L., Navarrete, V., Pons, E., Revelles, J., Rosillo, R., Sala, R., Saña, M., Tornero, C., & Vila, O. (2016). Vuit anys de recerca al jaciment arqueològic de la Dou (Sant Esteve d'en Bas, Garrotxa) (2006-2013): del neolític antic al bronze final. *Tribuna d'Arqueologia*, 2013-2014, 196-209.

Alcalde, G., Colominas, L., Pons, E., Saña, M., & Tornero, C. (2012). Excavacions arqueològiques al jaciment de la Dou 2010-2011. In A. M. Puig (Ed.). *XI Jornades d'Arqueologia de les comarques de Girona* (pp. 71-78). Girona: Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Àlvarez, R., Bach, A., Molist, M., & Rauret, A. M. (2022). Les ocupacions prehistòriques a l'àrea de Tavertet. Recerca entre la vall de Sau i els altiplans del Cabrerès del neolític a la primera edat del ferro. *Tribuna d'Arqueologia*, 2019-2020, 228-247.

Antolín, F., Jacomet, S., Soteras, R., Gerling, C., Bernasconi, S. M., Follmann, F., Hajdas, I., Jaggi, M., Jesus, A., Martínez-Grau, H., Oms, F. X., Röder, B., Steiner, B. L., & van Willigen, S. (2024). An archaeobotanical and stable isotope approach to changing agricultural practices in the NW Mediterranean region around 4000 BC. *The Holocene*, 34(2), 239-254.

Antolín, F., Martínez, P., Fierro-Milà, E., León, M., Martínez-Grau, H., Gascón, M., Bergadà, M. M., Prats, G., Barceló, J. A., & Edo, M. (2017). Towards the periodization of the uses of Can Sadurní Cave (Begues, Catalonia) during the Middle Neolithic I. The contribution of Bayesian modelling to radiocarbon dating sequences. In J. A. Barceló, I. Bogdanovich, & B. Morell (Eds.). *Iber-Crono: Actas del Congreso de Cronometrías para la Historia de la Península Ibérica* (pp. 55-66). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

Arroyo, S. (2016a). El jaciment de LAV Sagrera - Josep Soldevila. In A. Gómez, & M. Molist (Eds.). *La prehistòria al pla de Barcelona. Documents per a una nova síntesi* (pp. 212-214). Barcelona: Museu d'Història de Barcelona.

Arroyo, S. (2016b). El jaciment de LAV Sant Andreu. In A. Gómez, & M. Molist (Eds.). *La prehistòria al pla de Barcelona. Documents per a una nova síntesi* (pp. 209-211). Barcelona: Museu d'Història de Barcelona.

Augé, A., & Subils, J. S. (2017). La necrópolis neolítica de Can Gelats (Aiguaviva, Girona). In J. F. Gibaja, M. E. Subirà, A. Martín, M. Mozota, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular, vol. 1* (pp. 77-87). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Baldellou, V., & Mestres, J. (1977). La Cova de la Font del Molinot. Una nueva fàcies Neolítica. In *XIV Congreso Nacional de Arqueología* (pp. 249-252). Vitoria.

Banks, W. E., Bertran, P., Ducasse, S., Klaric, L., Lanos, P., Renard, C., & Mesa, M. (2019). An application of hierarchical Bayesian modeling to better constrain the chronologies of Upper Paleolithic archaeological cultures in France between ca. 32,000–21,000 calibrated years before present. *Quaternary Science Reviews*, 220, 188-214.

Bayliss, A. (2009). Rolling out revolution: using radiocarbon dating in archaeology. *Radiocarbon*, 51(1), 123-147.

Bergadà, M. M., Cervelló, J. M., Edo, M., Cebrià, A., Oms, F. X., Martínez, P., Antolín, F., Morales, J. I., & Pedro, M. (2018). Chronostratigraphy in karst records from the Epipaleolithic to the Mid/Early Neolithic (c. 13.0e6.0 cal ka BP) in the Catalan Coastal Ranges of NE Iberia: environmental changes, sedimentary processes and human activity. *Quaternary Science Reviews*, 184, 26-46.

Bevan, A., & Crema, E. R. (2021). Modifiable reporting unit problems and time series of long-term human activity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1816), 20190726.

Bird, D., Miranda, L., Vander-Linden, M., Robinson, E., Bocinsky, R. K., Nicholson, C., Capriles, J. M., Finley, J. B., Gayo, E., Gil, A., d'Alpoim-Guedes, J., Hoggarth, J. A., Kay, A., Loftus, E., Lombardo, U., Mackie, M., Palmisano, A., Solheim, S., Kelly, R. L., & Freeman, J. (2022). p3k14c, a synthetic global database of archaeological radiocarbon dates. *Scientific Data*, 9(1), 27.

Blackwell, P. G., & Buck, C. E. (2003). The Late Glacial human reoccupation of north-western Europe: new approaches to space-time modelling. *Antiquity*, 77(296), 232-240.

Blockley, S. P. E., Donahue, R. E., & Pollard, A. M. (2000). Radiocarbon calibration and Late Glacial occupation in northwest Europe. *Antiquity*, 74(283), 112-119.

Bordas, A., Gómez, A., Julià, R., Llergo, Y., Nadal, J., Piqué, R., Riera, S., Saña, M., & Molist, M. (2013). El Neolític antic i l'inici de l'Edat del Bronze a les excavacions del Nou Conservatori del Liceu. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 9, 120-137.

Borrell, F., Bosch, J., & Majó, T. (2015). Life and death in the Neolithic variscite mines at Gavà (Barcelona, Spain). *Antiquity*, 89(343), 72-90.

Borrell, F., Gómez, A., Molist, M., Tornero, C., & Vicente, O. (2014). Les ocupacions de la Cova de Sant Llorenç (Sitges, Garraf): noves aportacions al coneixement de la prehistòria del Garraf. *Tribuna d'Arqueologia, 2011-2012*, 110-128.

Bosch, À. (1985). La cova del Pasteral. Un jaciment neolític a la vall mitjana del Ter. In *Quaderns del Centre d'Estudis Comarcal de Banyoles, Vol. II* (pp. 29-56). Banyoles.

Bosch, J., & Borrell, F. (2009). Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998-2009. *Rubricatum: Revista del Museu de Gavà*, 4.

Bosch, J., Gibaja, J. F., Subirà, M. E., Santos, F. J., & Morell, B. (2023). Los primeros «sepulcros de fosa»: prácticas funerarias durante el Neolítico en el curso inferior del Ebro. In D. García-Rivero (Ed.). *Actas del VII Congreso sobre Neolítico en la península ibérica* (pp. 239-250). Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla.

Bouso, M., Esteve, X., Farré, J., Feliu, J. M., Mestres, J., Pedro, M., Senabre, M. R., & Vidal, A. (2019). Los enterramientos neolíticos de Mas d'en Boixos-1 (Pacs del Penedès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular, vol. 3* (pp. 113-127). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Bravo, P. (2022). Las estructuras funerarias del aeropuerto de reus. In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & A. Masclans (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 4 (pp. 215-226). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Bravo, P., Solà, E., García, M., Mesas, I., & Allen, J. T. (2014). Darreres aportacions al coneixement del neolític i l'edat del bronze al Camp de Tarragona: intervencions als terrenys de l'Aeroport de Reus i a la partida del Coll Blanc (parcel·la 18.1 de CIM El Camp)(Reus, Baix Camp). *Tribuna d'Arqueologia*, 2011-2012, 173-188.

Bronk-Ramsey, C. (2009a). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360.

Bronk-Ramsey, C. (2009b). Dealing with outliers and offsets in radiocarbon dating. *Radiocarbon*, 51(3), 1023-1045.

Bronk-Ramsey, C. (2017). Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(6), 1809-1833.

Buck, C. E., & Meson, B. (2015). On being a good Bayesian. *World Archaeology*, 47(4), 567-584.

Buck, C. E., Kenworthy, J. B., Litton, C. D., & Smith, A. F. (1991). Combining archaeological and radiocarbon information: a Bayesian approach to calibration. *Antiquity*, 65(249), 808-821.

Cámara, J. (2022). Les ocupacions del jaciment de La Dou (Vall d'en Bas, la Garrotxa) durant el Neolític (4900-4300 cal ANE) i el Bronze final (1260-920 cal ANE): estat actual de les investigacions sobre les produccions ceràmiques de les dues fases d'ocupació. *Quaderns de les Assemblies d'Estudis*, 3, 229-246.

Carlús, X., López-Cachero, F. J., Terrats, N., Oliva, M., Palomo, A., & Rodríguez, A. (2008). Diacronia durant la prehistòria recent a can roqueta (Sabadell-Barberà del Vallès, Vallès Occidental) entre el VI i el I mil·lenni cal ane. *Cypsela*, 17, 115-142.

Caro, J. (2020) Productions céramiques et dynamiques des sociétés au Ve millénaire avant notre ère: la transition du Néolithique ancien au Néolithique moyen dans le bassin nord-occidental de la Méditerranée. [Tesi doctoral, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II].

Castany, J. (1995). *Les coves prehistòriques de les Grioterres (Vilanova de Sau, Osona)*. Monografies 16, Patronat d'Estudis Osonencs.

Castany, J. (2008). *Els megàlits neolítics del "Solsonià"*. [Tesi doctoral, Universitat de Lleida].

Castany, J. (2022a). La necrópolis neolítica del Llord (Castellar de la Ribera, Lleida). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & A. Masclans (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 4 (pp. 95-129). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Castany, J. (2022b). La Necrópolis Neolític de la Costa dels Garrics del Caballol (Pinell, Lleida). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & A. Masclans (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 4 (pp. 81-86). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Castany, J., Guerrero, LL., Gibaja, J. F., Subirà, M. E., & Marsiñach, M. (2022c). La necrópolis del Solar (Riner, Lleida). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & A. Masclans (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 4 (pp.131-141). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Cebrià, A., & Miró, N. (2018). El sepulcro del Carrer del Pi, 11 (Barcelona): intervenciones de 1993. In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 307-314). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Cebrià, A., Morales, J. I., Oms, F. X., Pedro, M., Solé, A., & Subirà, M. E. (2011). La Cova Foradada (Calafell, Baix Pened`es), la problemàtica de la convivència en el registre d'inhumacions i cremacions durant la prehistòria recent. In A. Blasco, M. Edo, & M. J. Villalba (Eds.). *La Cova de Can Sadurní i la prehistòria de Garraf* (pp. 411-420). Milano: Edar. Arqueología y Patrimonio.

Clop, X., Faura, J. M., Piqué, R., & Gibaja, J. F. (2005). Els Vilars de Tous (Igualada, Barcelona): una estructura de habitación y producción lítica del V milenio cal BC. In P. Arias, R. Ontañón, & C. García-Moncó (Eds.). *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica* (pp. 551-558). Santander: Universidad de Cantabria.

Codina, D., Santos, M., & Pullia, M. F. (2021). La necrópolis de Vilanera, del Neolítico al Hierro I. *Tribuna d'Arqueologia*, 2018-2019, 34-48.

Crema, E. R. (2012). Modelling temporal uncertainty in archaeological analysis. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19, 440-461.

Crema, E. R. (2013). Cycles of change in Jomon settlement: a case study from eastern Tokyo Bay. *Antiquity*, 87(338), 1169-1181.

Crema, E. R. (2015). Time and probabilistic reasoning in settlement analysis. In Barceló, J. A., & Bogdanovic, I. (Eds.). *Mathematics and Archaeology* (pp. 314-334). Boca Raton: CRC Press.

Crema, E. R. (2022). Statistical inference of prehistoric demography from frequency distributions of radiocarbon dates: a review and a guide for the perplexed. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 29, 1387-1418.

Crema, E. R. (2024). A Bayesian alternative for aoristic analyses in archaeology. *Archaeometry* [versió digital].

Crema, E. R., & Bevan, A. (2021). Inference from large sets of radiocarbon dates: software and methods. *Radiocarbon*, 63(1), 23-39.

Crema, E. R., & Kobayashi, K. (2020). A multi-proxy inference of Jōmon population dynamics using bayesian phase models, residential data, and summed probability distribution of 14C dates. *Journal of Archaeological Science*, 117, 105136.

Crema, E. R., & Shoda, S. (2021). A Bayesian approach for fitting and comparing demographic growth models of radiocarbon dates: A case study on the Jomon-Yayoi transition in Kyushu (Japan). *PLoS One*, 16(5), e0251695.

Crema, E. R., Bevan, A., & Shennan, S. (2017). Spatio-temporal approaches to archaeological radiocarbon dates. *Journal of Archaeological Science*, 87, 1-9.

Crema, E. R., Habu, J., Kobayashi, K., & Madella, M. (2016). Summed probability distribution of 14C dates suggests regional divergences in the population dynamics of the Jomon period in eastern Japan. *PLoS One*, 11(4), e0154809.

Crema, E. R., Stevens, C. J., & Shoda, S. (2022). Bayesian analyses of direct radiocarbon dates reveal geographic variations in the rate of rice farming dispersal in prehistoric Japan. *Science Advances*, 8(38), eadc9171.

Daura, J., Sanz, M., Oms, F. X., Pedro, M., Martínez, P., Rubio, Á., Tejero, J. M., Mangado, X., Vaquer, J., López-Cachero, J., Oliva, M., Asensio, A., Álvarez, R., Fullola, J. M., & Petit, M. À. (2015). La Cova de l'Avi (Vallirana, Barcelona) y el inicio del Neolítico final en el Nordeste de la Península Ibérica. Inhumaciones colectivas y nuevas redes de intercambio. *Trabajos de Prehistoria*, 72(2), 327-341.

de Valpine, P., Turek, D., Paciorek, C. J., Anderson-Bergman, C., Lang, D. T., & Bodik, R. (2017). Programming with models: writing statistical algorithms for general model structures with NIMBLE. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 26(2), 403-413.

DiNapoli, R. J., Crema, E. R., Lipo, C. P., Rieth, T. M., & Hunt, T. L. (2021). Approximate Bayesian Computation of radiocarbon and paleoenvironmental record shows population resilience on Rapa Nui (Easter Island). *Nature Communications*, 12(1), 3939.

Dye, T. S., Buck, C. E., DiNapoli, R. J., & Philippe, A. (2023). Bayesian chronology construction and substance time. *Journal of Archaeological Science*, 153, 105765.

Edinborough, K., Martineau, R., Dufraisie, A., Shennan, S., Imbeaux, M., Dumontet, A., Schauer, P., & Cook, G. (2021). A Neolithic population model based on new radiocarbon dates from mining, funerary and population scaled activity in the Saint-Gond Marshes region of North East France. *Quaternary International*, 586, 121-132.

Edo, M., Antolín, F., Martínez, P., Castellana, C., Bardera, R., Saña, M., Bergadà, M. M., Barrio, C., Fierro-Milà, E., & Fullola, J. M. (2019a). Cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona): hacia la definición del modelo funerario en cueva para el Neolítico medio I del Noreste peninsular. In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 3 (pp. 305-356). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Edo, M., Antolín, F., Martínez, P., Villalba, M. J., Fullola, J. M., Bergadà, M. M., Saña, M., Verdún, E., Fernández, E., Gamba, C., Arroyo, E., Ache, M., Gibaja, J. F., Palomo, A., Clop, X., Manen, C., & Convertini, F. (2019b). La Cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona): el episodio funerario del Neolítico antiguo Cardial pleno. Estado actual de la cuestión. In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 3 (pp. 205-304). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Equip Guineu. (1995). Elaboració d'una cronoestratigrafia per a la prehistòria del Penedès. *Tribuna d'Arqueologia*, 1993-1994, 7-24.

Equip Sarró (2000). Les Roques del Sarró (Lleida, Segrià): Evolució de l'assentament entre el 3600 cal. ane i el 175 ane. *Revista d'arqueologia de Ponent*, 10, 103-124.

Esteve, F. (2000). *Recerques arqueològiques a la ribera baixa de l'Ebre. Vol 1: Prehistòria*. Ajuntament d'Amposta.

Esteve, X., Martín-Rodríguez, P., Oms, F. X., López, D., & Jornet, R. (2012). Intervencions arqueològiques als enllaços de l'autopista AP-7 de Vilafranca del Penedès: nous assentaments prehistòrics a l'aire lliure al Penedès. *Tribuna d'Arqueologia*, 2010-2011, 23-39.

Farguell, J., & Gerrero, Ll. (2022). Serrat de les Tombes de Torneula (Capolat, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & A. Masclans (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 4 (pp. 35-50). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Feliu, J. M. (2019). El enterramiento neolítico de Els Cirerers (Vilafranca del Penedès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 3 (pp. 27-29). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Fernández, J., González, J., Bach, A., & Molist, M. (2018). Las estructuras de combustión de grandes dimensiones de época neolítica en el nordeste de la península ibérica. Aportaciones a su conocimiento a partir del yacimiento de Reina Amalia 38 (Barcelona). *Cypsela*, 21, 7-21.

Fontanals-Coll, M., Subirà, M. E., Díaz-Zorita, M., & Gibaja, J. F. (2017). First insight into the Neolithic subsistence economy in the north-east Iberian Peninsula: paleodietary reconstruction through stable isotopes. *American Journal of Physical Anthropology*, 162(1), 36-50.

Fortó, A., & Vidal, A. (2016). *Comunitats agrícoles al Pirineu. L'ocupació humana a Juberrí durant la segona meitat del V mil·lenni cal AC (Feixa del Moro, Camp del Colomer i Carrer Llinàs 28, Andorra)*. Monografies del Patrimoni Cultural d'Andorra 6.

Fortó, A., Martínez, P., & Muñoz, V. (2006). Ca l'Estrada (Canovelles, Vallès Oriental): un exemple d'ocupació de la plana vallesana des de la prehistòria a l'alta edat Mitjana. *Tribuna d'Arqueologia*, 2004-2005, 45-70.

Fortó, A., Sánchez, A. V., Jiménez, F. P., & Maese, X. (2018). Els jaciments de Camp del Colomer i carrer Llinàs 28. In G. Remolins, & J. F. Gibaja (Eds.). *Les valls d'Andorra durant el Neolític: un encreuament de camins al centre dels Pirineus* (pp. 131-142). Barcelona: Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Francès, J. (2007). *Els Mallols. Un jaciment de la plana del Vallès entre el neolític i l'antiguitat tardana (Cerdanyola del Vallès, Vallès Occidental)*. Excavacions arqueològiques a Catalunya, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

Freeman, J., Baggio, J. A., Robinson, E., Byers, D. A., Gayo, E., Finley, J. B., Meyer, J. A., Kelly, R. L., & Anderies, J. M. (2018). Synchronization of energy consumption by human societies throughout the Holocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(40), 9962-9967.

Gallart, J., Clop, X., Piera, M., & Oms, F. X. (en premsa). Hàbitats i assentaments a l'aire lliure a la plana occidental de Catalunya del 5.300 al 3.500 cal BC. In *Jornada d'estudi d'Arqueologia prehistòrica Hàbitat a l'aire lliure al Neolític antic i mitjà a Catalunya: nous elements per a una síntesi*. Canovelles: Servei d'Arqueologia i Paleontologia, Generalitat de Catalunya.

Gelman, A., & Rubin, D. B. (1992). Inference from iterative simulation using multiple sequences. *Statistical Science*, 7, 457-472.

Gibaja, J. F., Fontanals-Coll, M., Duboscq, S., Oms, F. X., Augé, A., Santos, F. J., Morell, B., & Subirà, M. E. (2017b). Human diet and the chronology of neolithic societies in the north-east of the Iberian Peninsula: the necropolises of Puig d'en Roca and Can Gelats (Girona, Spain). *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, 903-913.

Gibaja, J. F., Guerrero, L., Martín-Rodríguez, P., Oms, F. X., Mozota, M., Subirà, M. E., López, D., Oliva, M., & Terradas, X. (2018a). La necrópolis del Pla del Riu de Les Marçetes (Manresa, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 36-58). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Gibaja, J. F., Morell, B., Barceló, J. A., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Roig, J., Martín, A., González, P., Plasencia, X., Coll, J. M., & Subirà, M. E. (2017a). The Chronology of the Neolithic Necropolis Bòbila Maduella-Can Gambús in the Northeast Iberian Peninsula: Dating the pit burials cultural horizon and long-range raw material exchange networks. *Radiocarbon*, 59(6), 1713-1736.

Gibaja, J. F., Morell, B., López, D., Zémour, A., Bosch, À., Tarrús, J., & Subirà, M. E. (2018b). Nuevos datos cronológicos sobre la cueva sepulcral neolítica de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles, Girona). *Munibe Antropologia - Arkeologia*, 69, 145-155.

Gibaja, J. F., Subirà, M. E., López, D., Martín-Rodríguez, P., Mozota, M., Oms, F. X., Fontanals-Coll, M., Ruiz, J., Palomo, A., Alliése, F., & Morell, B. (2017c). La necrópolis del Puig d'en Roca (Girona). In J. F. Gibaja, M. E. Subirà, A. Martín, M. Mozota, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 1 (pp. 27-64). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Gómez, A., & Molist, M. (2023). Evidencias arqueológicas y transición Neolítico Antiguo y Medio en el Pla de Barcelona del 4500-3400 cal BC, en el litoral central del nordeste de la península ibérica. In D. García-Rivero (Ed.). *Actas del VII Congreso sobre Neolítico en la península ibérica* (pp. 441-453). Sevilla: Editorial Universidad de Sevilla.

Gómez, A., Guerrero, E., Clop, X., Bosch, J., & Molist, M. (2008). Estudi de la ceràmica neolítica del jaciment de la Caserna de Sant Pau. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 4, 25-35.

Gómez, B., Allué, E., Cámara, J., Campeny, G., Chacón, M. G., Díez-Canseco, C., Guinart, V., Mas, B., Soares-Remiseiro, M., Soto, M., Suesta, A., Vallverdú, J., & Vallverdú, J. (2023). Cal Sitjo: A new Mesolithic to Neolithic sequence in a chert-rich region (Sant Martí de Tous, NE Iberia). *Journal of Lithic Studies*, 10(2), 25 p.

González, J., Breu, A., Gómez, A., & Molist, M. (2017). Dinámica de uso y amortización de la cabaña epicardial del yacimiento de Reina Amàlia 31-33 (Barcelona) a través de modelos Bayesianos. *Iber-Crono: Actas del Congreso de Cronometrías para la Historia de la Península Ibérica* (pp. 46-54). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

González, J., Harzbecher, K., & Molist, M. (2011). Un nou assentament del v mil·lenni a la costa de Barcelona. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 7, 86-100.

Guilaine, J., Vaquer, J., & Barrié, P. (1972). Las excavaciones en "La Balme" de Montboló (Pirineos Orientales): contribución al estudio del Neolítico Catalán. *Empúries: revista de món clàssic i antiquitat tardana*, 33-34, 153-208.

Guilaine, J., Vaquer, J., & Gandelin, M. (2022). Le Bizien, faciès du Néolithique moyen en Languedoc. In G. Radi, L. Sarti, & F. Martini (Eds.). *In Viaggio, sulla stessa strada. Scritti per Giuliano Cremonesi. Millenni. Studi di Archaeologia Preistorica*, 25 (pp. 269-291). Firenze: Museo Fiorentino di Preistoria.

- Harzbecher, K., & González, J. (2016a). El Jaciment De Reina Amàlia 31. In A. Gómez, & M. Molist (Eds.). *La prehistòria al pla de Barcelona. Documents per a una nova síntesi* (pp. 201-205). Barcelona: Museu d'Història de Barcelona.
- Harzbecher, K., & González, J. (2016b). El Jaciment De Reina Amàlia 38-38 BIS. In A. Gómez, & M. Molist (Eds.). *La prehistòria al pla de Barcelona. Documents per a una nova síntesi* (pp. 226-229). Barcelona: Museu d'Història de Barcelona.
- Johnson, I. (2004). Aoristic analysis: seeds of a new approach to mapping archaeological distributions through time. In Ausserer, K. F., Börner, W., Goriany, M., & Karlhuber-Vöckl, L. (Eds.). *[Enter the past] the E-way into the four dimensions of cultural heritage, CAA2003* (pp. 448-452). Oxford: Archaeopress.
- Kim, J., Wright, D. K., Hwang, J., Kim, J., & Oh, Y. (2019). The old wood effect revisited: a comparison of radiocarbon dates of wood charcoal and short-lived taxa from Korea. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11, 3435-3448.
- Lanos, P., & Philippe, A. (2017). Hierarchical Bayesian modeling for combining dates in archeological context. *Journal de la société française de statistique*, 158(2), 72-88.
- Lanos, P., & Philippe, A. (2018). Event date model: a robust Bayesian tool for chronology building. *Communications for Statistical Applications and Methods*, 25, 131-157.
- Lee, S., & Bronk-Ramsey, C. (2012). Development and application of the trapezoidal model for archaeological chronologies. *Radiocarbon*, 54(1), 107-122.
- Llongueras, M., Marcet, R., & Petit, M. A. (1982). *Bòbila Madurell, Sant Quirze del Vallès*. Excavacions arqueològiques a Catalunya, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.
- Manning, K., Colledge, S., Crema, E. R., Shennan, S., & Timpson, A. (2016). The cultural evolution of Neolithic Europe. EUROEVOL dataset 1: Sites, phases and radiocarbon data. *Journal of Open Archaeology Data*, 5, e2.

Martín, A. (1986-1989). Reflexión sobre el estado de la investigación del neolítico en Catalunya y su reflejo en la cronología radiométrica. *Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana*, 48-50(2), 84-102.

Martín, A. (1992). Estrategia y culturas del Neolítico Final y Calcolítico en Catalunya. Aragón/Litoral mediterráneo: intercambios culturales durante la Prehistoria, pp. 389-397.

Martín, A., & Casas, J. (2018). La Bòbila d'en Joca (Montornés del Vallès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 191-210). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Martín, A., & Mestres, J. S. (2002). Periodització des de la fi del neolític fins a l'edat del bronze a la Catalunya sud-pirinenca. Cronologia relativa i absoluta. In *XII Col·loqui Internacional d'Arqueologia Puigcerdà. Pirineus i veïns al tercer mil·lenni AC* (pp. 77-130). Andorra: Publicacions de l'Institut d'Estudis Ceretans.

Martín, A., & Miret, J. (1990). Un enterrament neolític als "Garrofers del torrent de Santa Maria" (Vilanova i la Geltrú, Garraf) dins el seu context cultural i cronològic. *Cypsela*, 8, 49-60.

Martín, A., Blanch, R. M., Albizurri, S., Alaminos, A., Mercadal, O., Vives, E., Lázaro, P., Bosch, J., Colomer, S., Miret, J., Enrich, R., & Aliaga, S. (2017). El paraje de Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental, Barcelona): Bòbila Madurell-Can Feu (sector A), Bòbila Madurell-Mas Duran (sector B) (Excavaciones 1987-1988), Madurell Sud y Madurell Ferrocarrils (Excavación de 1989). In J. F. Gibaja, M. E. Subirà, A. Martín, M. Mozota, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 1 (pp. 101-274). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Martín, A., Martín, J., Villalba, M. J., & Joan-Tresserras, J. (2005). Ca l'Oliaire (Berga, Barcelona), un asentamiento neolítico en el umbral del IV milenio con residuos de sal y de productos lácteos. In P. Arias, R. Ontañón, & C. García-Moncó (Eds.). *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica* (pp. 175-186). Santander: Universidad de Cantabria.

Martín, A., Oms, F. X., Mestres, J., De Galdàcano, M. E. S., Duboscq, S., & Gibaja, J. F. (2022a). Las sepulturas neolíticas de Cataluña. Tipologías y cronología radiocarbónica. In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & A. Masclans (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 4 (pp. 269-293). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Martín, A., Petit, M. A., Villalba, M. J. (2022b). La Taula Rodona sobre el Neolític a Catalunya (1980-2018), 38 anys després. *Cypsela*, 22, 11-25.

Martín, A., Tarrús, J., Mestres, J., & Oms, F. X. (en premsa). Chassey en el nordeste de la península Ibérica: contextos cronològics y culturals. In *Oevres en hommage à Jean Vaquer*. París: Editions du CNRS.

Martínez-Grau, H., Morell, B., & Antolín, F. (2021). Radiocarbon dates associated to Neolithic contexts (ca. 5900-2000 Cal BC) from the Northwestern Mediterranean Arch to the High Rhine Area. *Journal of Open Archaeology Data*, 9, 1.

McLaughlin, T. R. (2019). On applications of space–time modelling with open-source 14C age calibration. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 26, 479–501.

Mestres, J. (1981). Neolític Antic Evolucionat Postcardial al Penedès. In G. M. Camps (Ed.). *El Neolític a Catalunya. Taula Rodona de Montserrat* (pp. 103-112). Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.

Mestres, J. (1989). Les sepultures neolítiques de l' Hort d' en Grimau (Castellví de la Marca, Alt Penedès). *Olerdulae*, 1988-89, 97-129.

Mestres, J. (1992). Neolitització i territori. Estat de la investigació sobre el Neolític a Catalunya. In *9è Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà* (pp. 72-75). Andorra: Publicacions de l'Institut d'Estudis Ceretans.

Mestres, J. (2019a). Los enterramientos neolíticos del Hort d'en Grimau (Castellví de la Marca, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte*.

Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular, vol. 3 (pp. 137-151). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Mestres, J. (2019b). Los enterramientos neolíticos de Pujole de Moja (Vilafranca del Penedès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 3 (pp. 85-111). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Mestres, J. S., & Martín, A. (1996). Calibración de las fechas radiocarbónicas y su contribución al estudio del neolítico catalán. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 1, 791-804.

Mestres, J. S., Rauret, G., & Garcia, J. F. (1991). University of Barcelona radiocarbon dates I. *Radiocarbon*, 33(3), 355-365.

Mestres, J., & Esteve, X. (2016). Sitges, cenotafis i sepulcres: 20 anys d'intervencions arqueològiques al Penedès. In X. Esteve, C. Miró, N. Molist, & G. Sabaté (Eds.). *Jornades d'Arqueologia del Penedès 2011* (pp. 3-27). Vilafranca del Penedès: Institut d'Estudis Penedesencs.

Mestres, J., Nadal, J., Senabre, M. R., Socias, J., & Moragas, N. (1997). El Pujole de Moja (Olèrdola, Alt Penedès), ocupació d'un territori durant el neolític i la primera edat del ferro. *Tribuna d'Arqueologia*, 1995-1996, 121-148.

Molist, M., & Gómez, A. (2016). El jaciment de la Caserna de Sant Pau del Camp. In A. Gómez, & M. Molist (Eds.). *La prehistòria al pla de Barcelona. Documents per a una nova síntesi* (pp. 173-178). Barcelona: Museu d'Història de Barcelona.

Molist, M., Bofill, M., Borrell, F., Bosch, J., Buxó, R., Chambon, P., Clop, X., Gibaja, J. F., Gómez, A., Nadal, J., Oliva, M., Ortiz, A., Saña, M., & Vicente, O. (2012). La Caserna de Sant Pau del Camp: una aproximación a los modelos de circulación de productos e ideas en un contexto funerario postcardial. *Rubricatum: Revista del Museu de Gavà*, 5, 449-458.

Molist, M., Vicente, O., & Farré, R. (2008). El jaciment de la Caserna de Sant Pau del Camp: aproximació a la caracterització d'un assentament del Neolític antic. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 4, 14-24.

Monforte-Barberán, A., Beamud, E., Breu, A., Cuscó, R., López-Bultó, O., Sisa-López de Pablo, J., Gallego, J. M., Martínez, P., & Molist, M. (2023). A multidisciplinary toolset to study a fifth millennium combustion structure from the northeastern coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 47, 103760.

Mora, R., Martínez, J., Benito-Calvo, A., González, P., Vega, S., Roy, M., Roda, X., & Samper, S. (2018). Cova Gran de Santa Linya, la historia dels últims 50.000 anys a la vessant sud dels Pirineus. In *Actes de les Primeres Jornades d'Arqueologia i Paleontologia de Ponent* (pp. 50-59). Lleida: Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

Morell, B., Barceló, J. A., Oms, F. X., Remolins, G., Subirà, M. E., Chambon, P., & Gibaja, J. F. (2018a). Tracing the chronology of neolithic pit and stone box burials in North-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 491-504.

Morell, B., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Pou, R., Martí, M., Barceló, J. A., Oms, F. X., Santos, F. J., Mozota, M., Subirà, M. E., & Gibaja, J. F. (2018b). Chronology of the Neolithic Necropolis at Camí de Can Grau (NE-Iberian Peninsula). Funerary pattern changes and long-distance raw material exchanges. *Comptes Rendus Palevol*, 17(6), 399-412.

Morell, B., Villalba, M. J., Edo, M., Oms, F. X., Subirà, M. E., Santos, F. J., Fontanals-Coll, M., Remolins, G., & Gibaja, J. F. (2023). Cronología de las Minas neolíticas de Can Tintorer (Gavà. Barcelona): explotación minera y uso funerario. *Munibe Antropologia - Arkeologia*, 74, 39-54.

Moreno-Ibáñez, M. A., Saladié, P., Morales, J. I., Cebrià, A., & Fullola, J. M. (2021). Was it an axe or an adze? A cranial trauma case study from the Late Neolithic – Chalcolithic site of Cova Foradada (Calafell, Spain). *International Journal of Paleopathology*, 32, 23-30.

Muñoz, A. M. (1965). *La cultura neolítica catalana de los sepulcros de fosa*. Instituto de Arqueología y Prehistoria, Universidad de Barcelona.

Nadal, J., & Mestres, J. (2019). El yacimiento de Pou Nou 2 (Sant Pere Molanta, Barcelona): la estructura funeraria E3. In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, & A. Martín (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 3 (pp. 21-26). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

North, B. V., Curtis, D., & Sham, P. C. (2002). A note on the calculation of empirical P values from Monte Carlo procedures. *The American Journal of Human Genetics*, 71(2), 439-441.

Oliva, M., Terrats, N., Palomo, A., Rodríguez, A., & Majó, T. (2018). Can Roqueta (Sabadell, Barberà del Vallès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 247-262). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Oms, F. X. (2018). La ceràmica neolítica a Andorra. In G. Remolins, & J. F. Gibaja (Eds.). *Les valls d'Andorra durant el Neolític: un encreuament de camins al centre dels Pirineus* (pp. 335-343). Barcelona: Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Oms, F. X., Bach, A., Bosch, À., Martín, A., Mestres, J., Molist, M., & Tarrús, J. (en premsa). Societat i Territori: El Neolític mitjà Inicial/Postcardial i el Neolític mitjà ple c. 4500-3500 cal BC. In *Congrés de Neolític mitjà a Catalunya*. Solsona: Museu Diocesà i Comarca de Solsona.

Oms, F. X., Daura, J., Sanz, M., Mendiola, S., Pedro, M., & Martínez, P. (2017). First Evidence of Collective Human Inhumation from the Cardial Neolithic (Cova Bonica, Barcelona, NE Iberian Peninsula). *Journal of Field Archaeology*, 42(1), 43-53.

Oms, F. X., Esteve, X., Martín-Rodríguez, P., Jornet, R., López, D., Mestres, J., Armentano, N., Valenzuela, S., Sánchez de la Torre, M., Fadrique, T., & Euba, I. (en premsa). Les ocupacions d'entre el Neolític antic i l'edat del Ferro al jaciment de Cinc Ponts (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès). *Revista d'Arqueologia de Ponent, número especial en Homenatge a Joan B. López*.

Oms, F. X., Esteve, X., Mestres, J., Martín-Rodríguez, P., Gibaja, J. F., Sánchez de la Torre, M., Nadal, J., Armentano, N., Antolín, F., & Fullola, J. M. (2024). La Serreta (Vilafranca del Penedès, Barcelona), un campo de silos entre el Neolítico Antiguo y La Edad del Bronce. *SPAL: Revista de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla*, 33(1), 9-32.

Oms, F. X., Gibaja, J. F., Martín, A., Subirà, M. E., Esteve, X., Duboscq, S., & Morell, B. (2016a). La chronologie des "Sepulcros de Fosa" en Catalogne. In T. Perrin, P. Chambon, J. F. Gibaja, & G. Goude (Eds.). *Le Chasséen, des Chasséens... : retour sur une culture nationale et ses parallèles, "Sepulcres de fossa", Cortaillod, Lagozza* (pp. 491-500). Toulouse: Archives d'écologie préhistorique.

Oms, F. X., Martín, A., Esteve, X., Mestres, J., Morell, B., Subirà, M. E., & Gibaja, J. F. (2016b). The Neolithic in northeast Iberia: chronocultural phases and 14C. *Radiocarbon*, 58(2), 291-309.

Oms, F. X., Mazzucco, N., Santos, F. J., Guilaine, J., Subirà, M. E., & Gibaja, J. F. (2018). Les dades radiocarbòniques i la seva anàlisi durant el Neolític a les Valls d'Andorra. In G. Remolins, & J. F. Gibaja (Eds.). *Les valls d'Andorra durant el Neolític: un encreuament de camins al centre dels Pirineus* (pp. 91-100). Barcelona: Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Oms, F. X., Mestres, J., Bosch, À., Edo, M., Martín, A., & Tarrús, J. (2021a). La (in)determinación del horizonte impressa en el NE de la península Ibérica. In S. Pardo-Gordó, A. Gómez-Bach, M. Molist, & J. Bernabeu (Eds.). *Contextualizando la cerámica impressa: Horizontes culturales en la península Ibérica* (pp. 101-112). Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.

Oms, F. X., Mestres, J., Martínez-Grau, H., Laborda, R., Antolín, F., Bergadà, M. M., Emens, A., Gibaja, J. F., González, C., Mangado, X., Martín-Rodríguez, P., Mas, B., Nadal, J., & Fullola, J. M. (2021c). Fases de ocupación y estratigrafía del asentamiento neolítico de Les Guixeres de Vilobí (Sant Martí Sarroca, Barcelona). *Trabajos de Prehistoria*, 78(2), 257-276.

Oms, F. X., Morales, J. I., Cebrià, A., Mestres, J., & Fullola, J. M. (2019b). Nuevas intervenciones en la Cova Gran y la Cova Freda de Montserrat (Collbató, Barcelona) casi 100 años después. *Trabajos de Prehistoria*, 76(2), 335-344.

Oms, F. X., Petit, M. A., Guilaine, J., Martín, A., Martínez-Grau, H., Gibaja, J. F., Subirà, M. E., & Fullola, J. M. (2020). Revisió i actualització de la cronologia absoluta de les ocupacions holocenes del Toll. In J. Guilaine, M. Llongueras, M. À. Petit, & F. X. Oms (Eds.). *El Neolític i*

l'Edat del Bronze a la Cova del Toll (Moia, Barcelona): les excavacions de 1976-1977 (pp. 153-160). Barcelona: SERP i SCA.

Oms, F. X., Sánchez de la Torre, M., Petit, M. A., López-Cachero, F. J., & Mangado, X. (2019a). Nuevos datos del VI y V milenio cal BC en el llano y Prepirineo de Lleida (NE de la Península Ibérica): el Abric del Xicotó y Les Auvelles. *Munibe Antropologia - Arkeologia*, 70, 93-107.

Palmisano, A., Bevan, A., & Shennan, S. (2017). Comparing archaeological proxies for long-term population patterns: An example from central Italy. *Journal of Archaeological Science*, 87, 59-72.

Palmisano, A., Lawrence, D., De Gruchy, M. W., Bevan, A., & Shennan, S. (2021). Holocene regional population dynamics and climatic trends in the Near East: A first comparison using archaeo-demographic proxies. *Quaternary Science Reviews*, 252, 106739.

Petit, M. A., & Rovira, J. (1981). El Montboló com a exemple de transició entre el Neolític Antic i el Mig. In G. M. Camps (Ed.). *El Neolític a Catalunya. Taula Rodona de Montserrat* (pp. 79-85). Barcelona: Publicacions de l'Abadia de Montserrat.

Pettitt, P., & Zilhão, J. (2015). Problematizing Bayesian approaches to prehistoric chronologies. *World Archaeology*, 47(4), 525-542.

Picart, S. (2014). *L'aplicació de les anàlisis pol·líniques a l'estudi de la dinàmica de rebliment de les estructures arqueològiques: l'exemple del fossat del bronze final del jaciment de la Dou (Sant Esteve d'en Bas, la Garrotxa)*. [Treball de Final de Grau, Universitat Autònoma de Barcelona].

Piera, M. (2009). El jaciment neolític del Pla del Gardelo (Juneda). *Trobades d'estudiosos de les Garrigues*, 59-68.

Piera, M. (2016). Diacronies i sincronies al jaciment de l'Espina C (Tàrrrega l'Urgell): ocupacions del V, III i II mil·lenni cal ANE. *Revista d'arqueologia de Ponent*, 26, 125-145.

Piera, M., Pla, A., Antolín, F., Alonso, N., Camarós, E., Clop, X., Gibaja, J. F., Saña, M., & Gallart, J. (2007). El Collet de Puiggròs. Un assentament a l'aire lliure de l'època neolítica. *Trobades d'estudiosos de les Garrigues*, 23-48.

Pons, F., Gandelin, M., & Rouquet, J. (2018). Variété des inhumations chasséennes en région toulousaine: l'apport du site de Sauzas (Blagnac, Haute-Garonne). *Gallia Préhistoire*, 58, 47-86.

Pou, R., & Martí, M. (2018a). Los sepulcros de fosa de la necrópolis del Camí de Can Grau (La Roca del Vallès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 91-190). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Pou, R., & Martí, M. (2018b). Los sepulcros de fosa del yacimiento de Ca n'Arnella (Terrassa, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 231-244). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Pou, R., Martí, M., Jordana, M., Malgosa, A., & Gibaja, J. F. (2010). L'enterrament del Neolític antic de la Plaça de la Vila de Madrid (Barcelona). Una estructura funerària del VIè mil·lenni a. C. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 6, 94-107.

Price, M. H., Capriles, J. M., Hoggarth, J. A., Bocinsky, R. K., Ebert, C. E., & Jones, J. H. (2021). End-to-end Bayesian analysis for summarizing sets of radiocarbon dates. *Journal of Archaeological Science*, 135, 105473.

R Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

Ratcliffe, J. H. (2000). Aoristic analysis: the spatial interpretation of unspecified temporal events. *International Journal of Geographical Information Science*, 14, 669-679.

Reimer, P.J., Austin, W. E. N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P. G., Bronk-Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kromer, B., Manning, S. W., Muscheler, R., *et al.*

(2020). The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 kBP). *Radiocarbon*, 62(4), 725-757.

Remolins, G., Gibaja, J. F., Fontanals-Coll, M., Martín-Rodríguez, P., Masclans, A., Mazzucco, N., Mozota-Holgueras, M., Santos, F. J., Terradas, X., Oms, F. X., Oliva, M., Duboscq, S., Subirà, M. E., & Llovera, X. (2018). Les sepultures de la Feixa del Moro. In G. Remolins, & J. F. Gibaja (Eds.). *Les valls d'Andorra durant el Neolític: un encreuament de camins al centre dels Pirineus* (pp. 185-195). Barcelona: Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Rick, J. W. (1987). Dates as data: an examination of the Peruvian preceramic radiocarbon record. *American Antiquity*, 52(1), 55-73.

Riris, P., & de Souza, J. G. (2021). Formal tests for resistance-resilience in archaeological time series. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 740629.

Roig, J. (2018a). El sepulcro de fosa en silo de la Plaça Major de Castellar del Vallès (Castellar del Vallès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 59-71). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Roig, J. (2018b). El sepulcro de fosa de Can Fatjó dels Aurons (Sant Cugat del Vallès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 275-288). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Roig, J. (2023). *El poblat neolític de Ca l'Estrada-2 de Canovelles (Vallès Oriental). Els primers pagesos i ramaders de fa 6500 anys al Vallès (4800-4450 aC)*. Ajuntament de Canovelles.

Roig, J., & Coll, J. M. (2007). El paratge arqueològic de Can Gambús 1 (Sabadell, Vallès Occidental). *Tribuna d'Arqueologia*, 2005-2006, 85-109.

Roig, J., & Coll, J. M. (2011). La necròpolis del neolític mitjà de can Gambús-1 (Sabadell, Vallès Occ.): nova tipologia dels sepulcres de fossa i pràctiques funeraries durant el IV mil·lenni cal BC a Catalunya. *Cypsela*, 18, 93-122.

Roig, J., & Coll, J. M. (2018). El enterramiento múltiple en silo de Horts de Can Torras (Castellar del Vallès, Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 73-89). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Roig, J., Coll, J. M., Molina, J. A., & Gómez, R. (2020). El poblat neolític de Ca l'Estrada-2 (Canovelles, Vallès Oriental). *Tribuna d'Arqueologia*, 2016-2017, 216-239.

Ros, J. (2000). *Memòria d'excavació: jaciment de la Plana del Torrent (Ribera d'Ondara)*. Servei d'Arqueologia i Paleontologia, Generalitat de Catalunya, memòria inèdita.

Rosillo, R. (2011). *Excavació arqueològica a la Serra del Mas Bonet*. Servei d'Arqueologia i Paleontologia, Generalitat de Catalunya, memòria inèdita.

Rubio-Campillo, X. (2018). El papel de la simulación dentro de la arqueología actual. In D. Jiménez-Badillo (Ed.). *Arqueología computacional: Nuevos enfoques para la documentación, análisis y difusión del patrimonio cultural* (pp. 51-58). Mexico: Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Schmid, C., Seidensticker, D., & Hinz, M. (2019). c14bazAAR: An R package for downloading and preparing C14 dates from different source databases. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1914.

Schmitt, A. (2015). Pratiques mortuaires en fosse au Néolithique moyen dans le midi de la France: caractérisations et éclairages interprétatifs. *L'anthropologie*, 119(1), 1-37.

Shennan, S., Downey, S. S., Timpson, A., Edinborough, K., Colledge, S., Kerig, T., Manning, K., & Thomas, M. G. (2013). Regional population collapse followed initial agriculture booms in mid-Holocene Europe. *Nature Communications*, 4(1), 2486.

Subirà, M. E., Martínez, P., Fortó, A., Muñoz, V., Ortega, D., & Gibaja, J. F. (2015). Las inhumaciones del Neolítico antiguo de Ca l'Estrada (Canovelles, Barcelona). *Munibe Antropologia - Arkeologia*, 66, 135-145.

Tarrús, J. (2017). *El Poblado neolítico de Ca n'Isach (Palau-saverdera, Alt Empordà) les excavacions de 1987-1994 i 2001-2003*. Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Tarrús, J., & Bosch, J. (1990). Els nivells postglacials de la cova d'en Pau (Serinyà, Pla de l'Estany). *Cypsela*, 8, 21-48.

Tarrús, J., & Carreras, E. (2022). *El megalitisme a Catalunya: una visió actualitzada*. Col·lecció Akademos 5, e-DitARX Publicacions digitals.

Tarrús, J., Aliaga, S., Chinchilla, J., & Mercadal, O. (2016). Ca n'Isach (Palau-saverdera), un poblado neolítico (V-IV milenio aC) en la zona dolménica del Alt Empordà. In H. Bonet (Ed.) *Del neolític a l'edat del bronze en el Mediterrani Occidental, Estudis en homenatge a Bernat Martí*, (pp. 249-256). Valencia: Diputació Provincial de Valencia.

Tchérémissinoff, Y. (2016). Diversité et tendances des expressions funéraires chasséennes en Languedoc. In T. Perrin, P. Chambon, J. F. Gibaja, & G. Goude (Eds.). *Le Chasséen, des Chasséens... : retour sur une culture nationale et ses parallèles, "Sepulcres de fossa", Cortaillod, Lagozza* (pp. 367-380). Toulouse: Archives d'écologie préhistorique.

Terradas, X., & Gibaja, J. F. (2002). La gestión social del sílex melado durante el Neolítico medio en el nordeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 59(2), 29-48.

Terradas, X., Gratuze, B., Bosch, J., Enrich, R., Esteve, X., Oms, F. X., & Ribé, G. (2014). Neolithic diffusion of obsidian in the western Mediterranean: new data from Iberia. *Journal of Archaeological Science*, 41, 69-78.

Tibbits, M. M., Groendyke, C., Haran, M., & Liechty, J. C. (2014). Automated factor slice sampling. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 23(2), 543-563.

Timpson, A., Barberena, R., Thomas, M. G., Méndez, C., & Manning, K. (2021). Directly modelling population dynamics in the South American Arid Diagonal using 14C dates. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1816), 20190723.

Timpson, A., Colledge, S., Crema, E. R., Edinborough, K., Kerig, T., Manning, K., Thomas, M. G., & Shennan, S. (2014). Reconstructing regional population fluctuations in the European Neolithic using radiocarbon dates: a new case-study using an improved method. *Journal of Archaeological Science*, 52, 549-557.

Trigger, B. G. (1989). *A history of archaeological thought*. Cambridge university press.

van Willigen, S., D'anna, A., Renault, S., & Sargiano, J. P. (2011). Le Sud-Est de la France entre 4400 et 3400 avant notre ère. Sériation céramique et outillage lithique. *Préhistoires Méditerranéennes*, 2, 123-175.

Velasco, A. (2018). La sepultura neolítica de plaça de la Gardunya (Barcelona). In J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà, A. Martín, & J. Roig (Eds.). *Mirando a la Muerte. Las prácticas funerarias durante el neolítico del noreste peninsular*, vol. 2 (pp. 315-320). Castelló de la Plana: e-DitARX Publicaciones digitales.

Vicente, O. (2008). La vinya del Regalat (Castellar del Vallès, Vallès Occidental): nuevas aportaciones al estudio del poblamiento de la depresión pre-litoral catalana en el final del 5.º milenio B.C. In M. S. Hernández, J. A. Soler, & J. A. López (Eds.). *Actas del IV Congreso del Neolítico Peninsular* (pp. 191-199). Alicante: MARQ.

Villalba, M. J., Bañolas, L., Arenas, J., & Alonso, M. (1986). *Les mines neolítiques de Can Tintorer. Gavà. Excavaciones 1978-1980*. Excavacions arqueològiques a Catalunya, Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

VVAA. (2000). *Informe i memòria intervenció arqueològica 2000*. Arxiu Àrea de Coneixement i Recerca. Núm. Reg 3963. Servei d'Arqueologia i Paleontologia, Generalitat de Catalunya, memòria inèdita.

VVAA. (2015). *Memòria de les intervencions arqueològiques a l'Eix Diagonal (Carreteres C-15 I C-37)*. Servei d'Arqueologia i Paleontologia, Generalitat de Catalunya, memòria inèdita.

Weninger, B., Clare, L., Jöris, O., Jung, R., & Edinborough, K. (2015). Quantum theory of radiocarbon calibration. *World Archaeology*, 47(4), 543-566.

Wood, R. (2015). From revolution to convention: the past, present and future of radiocarbon dating. *Journal of Archaeological Science*, 56, 61-72.

Yàñez, C., Malgosa, A., Burjachs, F., Díaz, N., García, C., Isidro, A., Juan, J., & Matamala, J. C. (2002). El món funerari al final del V mil·lenni a Andorra: la tomba de Segudet (Ordino). *Cypsela*, 14, 175-194.

Yubero-Gómez, M., Rubio-Campillo, X., & López-Cachero, F. J. (2016). The study of spatiotemporal patterns integrating temporal uncertainty in late prehistoric settlements in northeastern Spain. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 8, 477-490.

Annex A: Llistat de jaciments arqueològics amb datacions

A1. Empordà

Ca n'Isach (Palau-saverdera, Alt Empordà)

Jaciment amb estructures complexes, a l'aire lliure i amb cronologies del Neolític mitjà Inicial, el Neolític mitjà Ple, el Neolític final - Calcolític i del Bronze final. De la fase de NMI (nivell II) es documenten un fons de cabana amb forats de pal associats (EH-7), diverses covetes i estructures de combustió. La ceràmica d'aquesta fase s'associa amb l'horitzó Montboló (Tarrús *et al.*, 2016; Tarrús, 2017). Per altra banda, la fase del NMP (nivell Ib) presenta quatre cabanes en forma de "U" (EH-2, EH-3, EH-5 i EH-6), així com cubetes de combustió, brasers, forats de pal, sitges i una possible cisterna. La ceràmica recuperada en aquestes estructures s'adscriu a l'horitzó del grup Chassey (fàcies Empordanès) (Tarrús *et al.*, 2016; Tarrús, 2017). Apareixen també peces de sílex melat. No es constaten estructures funeràries en cap de les fases. Es van realitzar dues datacions (Tarrús *et al.*, 2016). La primera (nivell II, fogar E-22) se situa en un moment molt antic del NMI, amb una desviació excessivament alta (170). La segona datació (nivell Ib, fogar E-2a) s'associa a l'ocupació del NMP.

Serra del Mas Bonet (Vilafant, Alt Empordà)

Jaciment a l'aire lliure amb estructures de diferents cronologies prehistòriques (des del Neolític Epicardial fins al Bronze inicial). Del període del Neolític mitjà es documenten vuit estructures tipus sitja i dos forats de pal, amb absència d'estructures funeràries. S'han datat dues sitges (E-134 i E-60) i un forat de pal (E-179), totes amb material ceràmic diagnòstic de la fàcies Empordanès (amb vestigis Chassey) (Rosillo, 2011). Les datacions de les estructures E-60 i E-179 són coherents amb la fase del NMP. Al contrari, la datació associada a la E-134 (sobre os) representa un moment excessivament antic per aquesta fase. No obstant això, i atesa l'absència de ceràmiques de l'horitzó

Montboló (Rosillo, 2011; Martín *et al.*, en premsa), les tres datacions s'han classificat com NMP.

Vilanera (L'Escala, Alt Empordà)

Es tracta d'una necròpolis del Bronze final - Primer Ferro, en la que també es va localitzar una estructura funerària del Neolític mitjà. Aquesta estructura funerària, de característiques complexes, presenta un procés constructiu amb diferents fases. En un primer moment es va excavar una fossa funerària amb dos episodis d'enterrament, que es va cobrir amb una gran llosa recolzada sobre un cercle de blocs. A aquesta primera fase s'associa un vas d'estil Montboló, que va quedar segellat per la construcció d'un primer túmul de pedres. Més tard, el túmul es va sobreelevar amb un farcit de sorres i pedres disposades en cercle, en el que es van localitzar dos enterraments més (Codina *et al.*, 2021). S'han realitzat tres datacions radiocarbòniques (Tarrús & Carreras, 2022). La primera (associada al vas d'estil Montboló) resulta coherent amb la fase del NMI. Tanmateix, les altres dues (sense associació amb materials diagnòstics i procedents de les inhumacions posteriors) se situarien en un moment més recent. Atesa la diferència cronològica dels episodis funeraris datats, les dues datacions més modernes s'han classificat com NMP.

Cova d'en Pau (Serinyà, Pla de l'Estany)

Jaciment en cova excavat als anys 80 del segle passat, amb ocupacions prehistòriques del Neolític, el Neolític final - Calcolític, i el Bronze Inicial. Es disposa de dues datacions radiocarbòniques, una d'elles desestimada pels mateixos autors (Tarrús & Bosch, 1990). L'altra datació, procedent del Nivell III (escassament alterat i associat a una ocupació de tipus hàbitat), s'associa a ceràmiques de la fàcies Montboló (Tarrús & Bosch, 1990). Tot i presentar una gran desviació típica (180) ha estat inclosa en l'estudi, classificada com NMI.

Sepulcre de Tires Llargues (Sant Climent Sescebes, Alt Empordà)

Es tracta d'un sepulcre de corredor antic, amb cambra poligonal, excavat inicialment per J.C. Torres el 1981 i posteriorment, el 1983, per J. Tarrús i J. Chinchilla. Entre els materials recuperats destaquen denes discoidals en variscita i també una olla amb peu de clara filiació Chassey. La datació, procedent d'un conjunt de carbons procedents de sota la cambra funerària i corresponents a una cremació prèvia de l'espai, proporciona un resultat coherent amb la fase NMP. Aquesta és adequada per la cultura material associada (Tarrús & Carreras, 2022).

A2. Catalunya humida

Coves de les Grioterres (Vilanova de Sau, Osona)

Les Grioterres està format per un conjunt d'onze coves situades en el peu d'un cingle sobre el riu Ter. Conegudes d'antic, la major part d'elles han estat intervingudes de manera clandestina des de fa anys. No obstant això, es disposa d'informació sobre alguna d'elles, en especial l'anomenada TIIa, a partir de les intervencions dutes a terme per J. Castany entre els anys 1981 i 1983 (Castany, 1995). En aquesta cavitat s'hi va documentar una estratigrafia relativament ben preservada amb nivells entre el Neolític mitjà Inicial i la primera edat del Ferro. Els nivells que ens interessin per aquest treball són el 7 i 7a, els quals contenen estructures domèstiques, com estructures de combustió, cubetes i fosses-contenidor. En aquestes campanyes es van recuperar efectius de vasos amb nanses tubulars Montboló, així com alguna decoració incisa Chassey (Castany, 1995). D'un dels fogars esmentats provenen els carbons que van ser emprats per la datació del jaciment, proporcionant un resultat emmarcat en el NMI i coherent amb els materials arqueològics esmentats. Tanmateix, es disposa d'una tercera datació classificada com NMP, possiblement associada als materials Chassey (malgrat que el context estratigràfic sigui difícil de precisar).

Cova de les Pixarelles (Tavertet, Osona)

Es tracta d'un conjunt de dues cavitats excavades des de l'any 1960. Des del 2014 aquestes coves tornen a estar en procés d'excavació, identificant-se nivells del Neolític mitjà Inicial i Neolític mitjà Ple. Aquestes noves intervencions han documentat estructures de combustió i acumulacions de fauna, especialment domèstica. Pel que fa a les restes de cultura material, el nivell XXII presenta una reduïda col·lecció ceràmica basada en bols oberts amb nanses de cinta, que indicaria una cronologia relativa del NMP, coherent amb les dues datacions disponibles del nivell. Per la seva banda, el nivell XXIV compta amb un conjunt molt representatiu de la fase NMI, en el que es documenten nanses tubulars Montboló. La datació disponible també indica una clara adscripció al NMI (Àlvarez *et al.*, 2022).

Cova del Pasteral (La Celler de Ter, Selva)

Jaciment en cova en mal estat de conservació, a causa de l'explotació d'una pedrera i la visita de diversos investigadors des de la primera meitat del s. XX. Es coneixen fins a tres ocupacions diferents: la primera es produeix durant l'Epicardial, la segona durant el Neolític mitjà i la darrera durant el Neolític final-Calcolític. Totes elles són d'índole funerària (Bosch, 1985). Des de 2020 s'hi estan duent a terme noves intervencions, encara no publicades. Del Neolític mitjà es coneixen diversos materials de la fàcies Montboló, sense que es constati la presència de ceràmiques de la fase posterior. Es disposa d'una datació (Mestres *et al.*, 1991), coherent amb la fase del NMI.

La Dou (La Vall d'en Bas, Garrotxa)

Jaciment a l'aire lliure amb estructures del Neolític i el Bronze final. La fase del Neolític la conformen diverses estructures de combustió estereotipades en cubeta (d'un metre de diàmetre), fosses i evidències d'estructures aèries, amb material arqueològic dispers entre elles i sense estructures funeràries. Les restes ceràmiques "presenten clars paral·lels amb les produccions ceràmiques d'estil Montboló" (Alcalde *et al.*, 2012;

Alcalde *et al.*, 2016; Cámara, 2022). S'han datat 6 estructures (Picart, 2014), que coherents amb un moment inicial del NMI.

Puig d'en Roca (Girona, Gironès)

Necròpolis neolítica excavada d'antic, que ha estat revisada recentment en el marc del projecte “Aproximacion a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” (Gibaja *et al.*, 2017c). Es documenten més de 18 enterraments en fossa, amb abundant material d'aixovar funerari i fragments ceràmics en els rebliments de les estructures. La tipologia ceràmica remet a la fàcies vallesiana dels Sepulcres de Fossa, amb absència de decoracions o elements plàstics de la fase anterior (Gibaja *et al.*, 2017c). Entre els aixovars hi figuren punxons d'os i làmines de sílex melat, entre altres elements. També es constata la presència d'un vas ceràmic de boca quadrada en el rebliment de la E-10. S'ha realitzat un total de sis datacions sobre os humà de cinc estructures (la E-16 s'ha datat dues vegades, sobre dos individus diferents), totes coherents amb la fase NMP (Gibaja *et al.*, 2017b; Gibaja *et al.*, 2017c).

Can Gelats (Aiguaviva, Gironès)

Necròpolis neolítica amb un total de tres estructures funeràries de tipus fossa documentades. Els materials ceràmics dipositats com aixovars remetent a l'horitzó de Sepulcres de Fossa. Tanmateix, en la tomba EF-1 es van documentar materials ceràmics que els autors del treball consideren "amb reminiscències arcaiques" (Augé & Subils, 2017). Es disposa d'una datació radiocarbònica de l'EF-1 (Gibaja *et al.*, 2017b), classificada com NMP al no poder associar aquests materials amb la fase anterior (Oms, comunicació personal).

Cova del Toll (Moià, Moianès)

Jaciment en cova amb ocupacions del Neolític antic, Neolític mitjà i Bronze Inicial. S'ha realitzat diverses excavacions, des dels anys cinquanta fins al 2008. Els nivells del

Neolític mitjà corresponen a una ocupació domèstica, associats a materials ceràmics de les fàcies Molinot i Montboló, així com a elements del tipus Chassey (Oms *et al.*, 2020). Es disposa de dos conjunts de datacions, un realitzat a finals dels anys 70 i un altre publicat l'any 2020. Tant la seqüència crono-estratigràfica com la tipologia dels materials ceràmics han estat revisats recentment (Oms *et al.*, 2020), per la qual cosa en aquest estudi s'ha optat per utilitzar només les datacions acceptades en el citat treball.

A3. Vallès

Ca l'Estrada (Canovelles, Vallès Oriental)

Jaciment estat excavat en dues fases. La primera, a inicis de segle XXI, va proporcionar dades sobre el Neolític antic, Neolític mitjà i antiguitat tardana (Fortó *et al.*, 2006). D'aquesta intervenció es destaca una inhumació individual amb una única làmina de sílex, la qual es va associar al Neolític antic Epicardial (Subirà *et al.*, 2015). Durant els anys 2015 i 2016 es va dur a terme una segona fase d'excavacions, en la que es va documentar l'ocupació del Neolític mitjà Inicial amb un total de 21 estructures (Roig *et al.*, 2020). Segons els autors del treball, Ca l'Estrada II compta amb dues àrees, una d'hàbitat i una de funerària. La primera està formada per dues estructures principals, empedrades i de morfologia circular (d'uns 2 m de diàmetre), associades a cubetes i forns. L'àrea funerària està separada uns 30 metres, i compta amb dues estructures sepulcrales individuals (Roig *et al.*, 2020; Roig, 2023). Les restes materials amb caràcter cronocultural són ceràmiques amb bigotis i puntualment amb cordons llisos. Les datacions obtingudes (9 en total), mostren una fase inicial del NMI, coherent amb els materials recuperats.

Camí de Can Grau (La Roca del Vallès, Vallès Oriental)

Jaciment amb fases prehistòriques i romanes, on es van documentar 24 sepulcres del Neolític mitjà, especialment fosses complexes excavades a les argiles. Contenen en total 35 individus, amb més del 40% de les estructures funeràries dobles (o inclús triples).

Moltes d'elles presenten aixovars molt representatius, com vasos amb carena baixa propis dels Sepulcres de Fossa, punxons d'os i làmines i geomètrics de sílex melat. En canvi, són rars els nuclis de pota de cabra i la variscita, amb una presència baixa (Pou & Martí, 2018a). Les 13 datacions disponibles (Morell *et al.*, 2018b), junt amb la cultura material dipositada a les tombes, mostren un moment del NMP, sobretot de la seva fase avançada (Pou & Martí, 2018a; Morell *et al.*, 2018b).

Bòbila d'en Joca (Montornès del Vallès, Vallès Oriental)

Jaciment descobert als anys 50 del segle passat. Es tracta probablement d'una única tomba individual en fossa, amb un dels aixovars més imponents del Neolític mitjà català (Martín & Casas, 2018). Compta amb 3 nuclis, 8 fragments de làmina i un geomètric, tots ells en sílex melat. A més, de 2 puntes amb aletes i peduncle, 6 destrals polides i un allisador (algunes d'elles fetes sobre roques ultrapirinenques), 21 denes de cal·laïta en forma de cubilet i 10 fragments d'un mateix vas ceràmic, amb carena. Tot el conjunt exposat, així com la datació disponible, mostren una clara adscripció al NMP.

Horts de Can Torras (Castellar del Vallès, Vallès Occidental)

Jaciment amb 35 estructures, de les quals 4 es poden integrar dins el Neolític mitjà. L'estructura E11 presentava quatre individus inhumats en una sitja, amb nombrós material arqueològic que no va ser assignat com aixovar per part dels autors del treball (Roig & Coll, 2018). Entre els materials recuperats, associat amb ocupacions domèstiques desmantellades, es va recuperar nombrosos fragments ceràmics de vasos hemisfèrics i amb carena, característics del NMP, així com un punxó d'os. Aquests elements, junt amb les datacions disponibles (inèdites), s'ajusten bé al NMP.

Plaça Major de Castellar (Castellar del Vallès, Vallès Occidental)

Es tracta d'un jaciment amb diverses fases prehistòriques i històriques, excavat al nucli antic de Castellar del Vallès. L'única estructura del Neolític mitjà (E41) és una sitja

ampliada i transformada per realitzar una inhumació primària. Presenta un petit aixovar molt representatiu, amb un vas ceràmic amb carena baixa d'ascendència Chassey i que s'inclou bé en la fàcies del Vallesià, un punxó en os i dos geomètrics en sílex melat. Aquest material és coherent amb la datació disponible, per la qual cosa s'ha classificat com NMP (Roig, 2018a).

Vinya del Regalat (Castellar del Vallès, Vallès Occidental)

Jaciment d'hàbitat a l'aire lliure, amb diverses estructures tipus sitja i un possible forat de pal. El conjunt ceràmic associat a les estructures presenta formes globulars, (hemi-)esfèriques i cilíndriques, amb superfícies raspallades o llises i a vegades amb aplicacions de cordons de secció triangular, assimilaves als horitzons Molinot i Montboló (Vicente, 2008). Es disposa de dues datacions radiocarbòniques procedents d'estructures tipus sitja (Vicente, 2008), una de les quals (E-8) especialment recent per la fase del NMI. Les dues estructures datades s'associen a ceràmiques raspallades, associant-se a la fase NMI (Vicente, 2008).

Ca l'Arnella (Terrassa, Vallès Occidental)

Jaciment format per 12 estructures, de les quals 2 es corresponen amb sepultures del Neolític mitjà (Pou & Martí, 2018b). Una d'elles es tracta d'una estructura complexa (CCA-2) i l'altra una fossa simple (CCA-3). Les dues estructures compten amb inhumacions individuals, en posició de decúbit supí. En la primera es documenta un vas carenat amb espatlla (d'ascendència Chassey), una plaqueta de cal·laïta, 2 punxons d'os i un radi d'ovicaprí. En la segona no s'ha documentat aixovar, però l'individu contenia un projectil a l'alçada del coxal. La datació (inèdita) i els materials recuperats, sobretot a la CCA-2, són assimilables amb un moment final de la fase NMP.

Bòbila Madurell / Can Gambús (Sabadell, Vallès Occidental)

El paratge de Bòbila Madurell / Can Gambús està conformat per una gran necròpolis del període neolític i diverses estructures d'hàbitat tant del Neolític final - Calcolític com de l'edat del Bronze i el primer Ferro. La necròpolis neolítica representa l'agrupació més gran d'estructures funeràries del Neolític mitjà, amb un total de 179 enterraments, majoritàriament en fossa i amb pocs casos en sitja reutilitzada (Martín *et al.*, 2017). L'excavació del jaciment s'ha dut a terme intermitentment des de mitjans de segle XX, però amb una major insistència a partir dels anys 70 fins inicis dels anys 90, aportant un gran nombre de datacions radiocarbòniques (moltes de les quals responen a les primeres datacions fetes pel període del Neolític mitjà a Catalunya). En la zona de Bòbila Madurell es documenten, a més de les estructures funeràries, algunes sitges i evidències d'hàbitat, mentre que Can Gambús només presenta enterraments (en els quals apareixen exclusivament individus adults) (Gibaja *et al.*, 2017a). Les inhumacions contenen en molts casos rics aixovars amb sílex melat, variscita, destrals alpines i pirinenques, vasos d'ascendència Chassey, obsidiana, etc. La ceràmica associada als enterraments presenta els trets característics de la fàcies del Vallesità dels Sepulcres de Fossa, configurant la tipologia d'aquesta tradició ceràmica (Roig & Coll, 2011). Es disposa d'un elevat nombre de datacions, de les quals quatre han estat rebutjades per haver estat redatades recentment (Gibaja *et al.*, 2017a). Totes les datacions han estat classificades com a representatives de la fase NMP.

Can Roqueta (Sabadell, Vallès Occidental)

Gran complex arqueològic excavat en múltiples campanyes preventives des dels anys 80 del segle passat, en el qual s'han documentat centenars d'estructures entre el Neolític antic Cardial i la primera edat del Ferro. Presenta un mínim de 22 estructures que se situen en el Neolític mitjà. Entre les estructures del NMI es destaca un paleocanal o fossat reblert amb 3 inhumacions (CR-CRV-255), associat a restes d'ascendència epicardial (cordons ortogonals), una nansa Montboló, decoracions puntillades de tipus Bize i crestes Molinot, amb datacions relativament antigues dins l'episodi NMI (Oliva *et*

al., 2018). Altres estructures datades de tipus sitja (CRII-651, CRII-329), contenen restes ceràmiques llises i alguns fragments raspallats, les quals s'han classificat també com NMI. Per altra banda, es destaquen les estructures CRII-195 i CRII-145, amb clars materials de la fàcies del Vallesità (especialment el segon cas, amb efectius del tipus Chassey). Les datacions d'aquestes estructures s'han classificat com NMP (Carlús *et al.*, 2008).

Els Mallols (Cerdanyola del Vallès, Vallès Occidental)

Jaciment a l'aire lliure format per estructures de diferents fases de la prehistòria recent i d'època tardorromana (Francès, 2007). Pel que fa al Neolític mitjà, s'hi van localitzar 3 estructures de tipus sitja-fossa. Una d'elles (E-114) contenia les restes d'una inhumació primària sense aixovar. Entre el material recuperat destaca una nansa tubular Montboló i fragments raspallats d'afinitat Molinot, pel que la datació disponible de la inhumació s'ha classificat com NMI (Francès, 2007).

Can Fatjó dels Aurons (Cerdanyola del Vallès, Vallès Occidental)

Jaciment arqueològic format per 104 estructures i part d'un mas construït, amb cronologies des del Neolític mitjà fins fases subactuals. Es destaca una estructura funerària complexa individual (E1) amb un ric aixovar format per 2 vasos complets ovoides, un nucli pota de cabra, dues làmines i dos geomètrics de sílex melat, una falange d'ovicaprí i dos elements malacològics (Roig, 2018b). La datació disponible d'aquesta estructura, així com els materials de l'aixovar, indiquen una bona associació dins el NMP.

A4. Pla de Barcelona

Carrer Aurora (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment a l'aire lliure, amb ocupacions del Neolític mitjà i el Bronze. L'ocupació del Neolític mitjà està representada per una sola estructura de combustió (EC-2), sense materials arqueològics associats. Es va realitzar una datació radiocarbònica de l'estructura (Monforte-Barberán *et al.*, 2023). Aquesta mostra s'ha classificat com NMI, atès que resulta massa antiga per associar-se a la fase posterior.

Carrer Reina Amàlia 31-33 (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment a l'aire lliure en què destaca un gran fons de cabana amb estructures internes (un forn, un fogar i forats de pal), diverses estructures exteriors associades (cubetes i sitges), així com dos enterraments infantils. Es documenten materials de la fase final del període Epicardial en els nivells de rebliment de l'estructura principal (González *et al.*, 2017). Els nivells associats a l'abandonament de l'estructura presenten unes poques ceràmiques pròpies de la fase NMI, amb bigotis i vasos carenats amb nanses tubulars (similars a l'estil Montboló) (González *et al.*, 2017). Es disposa d'una datació radiocarbònica de l'estructura funerària UF-III (Harzbecher & González, 2016a), en la que s'hi va documentar un vas ceràmic amb similituds amb l'estil Chassey i la fàcies Montboló (González *et al.*, 2011), classificada com NMI.

Carrer Reina Amàlia 38-38bis (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment a l'aire lliure en què es va documentar una gran estructura de combustió (d'uns 10 metres de llarg i 2 metres d'ample). En els nivells que amortitzaven l'estructura van aparèixer un fragment de ceràmica raspallada i una nansa tubular, assimilables a les fàcies Molinot i Montboló respectivament (Harzbecher & Gonzalez, 2016b). Es disposa d'una datació radiocarbònica de la base de l'estructura (Harzbecher & Gonzalez, 2016b; Fernández *et al.*, 2018), coherent amb la fase del NMI.

Sant Pau del Camp (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment a l'aire lliure amb ocupacions del Neolític antic, Neolític mitjà i Bronze. El nivell IVa pertany a la fase del NMI, en el que es documenten fins a 23 sepultures individuals en fossa i una doble, així com 26 estructures de combustió i materials dispersos al voltant de les mateixes. S'interpreta com un espai de doble ús (hàbitat i necròpolis), al no poder establir una seqüència entre l'amortització de les estructures. La ceràmica associada a aquest nivell IVa s'associa a la fase del NMI (amb decoracions en forma de "bigotis"), però sense vestigis d'ascendència Molinot ni Montboló (Gómez *et al.*, 2008). Es disposa de dues datacions radiocarbòniques procedents dels enterraments Ent-4 i Ent-18, la primera d'elles (inèdita) sobre una resta òssia de súid, atesa la mala conservació del col·lagen dels ossos humans. La segona està feta sobre un conjunt de restes humanes (Molist *et al.*, 2008; Molist & Gómez, 2016). Totes dues han estat classificades com NMI.

Conservatori del Liceu (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment a l'aire lliure amb ocupacions del Neolític mitjà i el Bronze Inicial. Del Neolític mitjà es documenten fins a vuit estructures de combustió, així com foses i possibles forats de pal, conformant una ocupació de tipus domèstica. Al voltant de les estructures neolítiques va aparèixer material dispers, possiblement pertanyen a un nivell de circulació. El material ceràmic presenta algunes característiques del NMI (com certs fragments raspallats), tot i observar-se possibles reminiscències arcaiques (Bordas *et al.*, 2013). Es disposa de dues datacions radiocarbòniques de les estructures E-10 i E-13 (Bordas *et al.*, 2013), corresponents a cubetes amb les parets rubefactades i farcides de pedres. Les datacions situen les estructures en un episodi antic del Neolític mitjà (5780 BP i 5700 BP), i han estat classificades com NMI.

LAV Sagrera Josep Soldevila 1 (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment a l'aire lliure, amb una gran quantitat d'estructures del Neolític mitjà. Es documenten diversos forats de pal (amb una agrupació interpretada com a possible tanca), cubetes (algues interconnectades) i un enterrament infantil. La ceràmica presenta crestes, cordons llisos i bigotis (Arroyo, 2016a; Gómez & Molist, 2023), decoracions assimilables a la fase del NMI. Es disposa d'una datació radiocarbònica (Arroyo, 2016a), coherent amb la fase del NMI.

LAV Sant Andreu

Jaciment a l'aire lliure en el qual es van documentar onze estructures de tipus sitja del període del Neolític mitjà, així com una sitja del Neolític final - Calcolític. En una de les sitges del Neolític mitjà es va localitzar un enterrament, sense cultura material associada. El conjunt ceràmic recuperat en el reblliment de les estructures és atribuïble a la fàcies vallesiana de Sepulcres de Fossa, amb un exemplar que recorda a les produccions Chassey (Gómez & Molist, 2023). S'ha efectuat una datació radiocarbònica del individu inhumat (Arroyo, 2016b), coherent amb la fase del NMP.

Plaça de la Gardunya (Barcelona, Barcelonès)

Jaciment amb diferents fases de la prehistòria recent i d'època històrica, en el qual es va documentar una estructura funerària (UF4) del Neolític mitjà (Velasco, 2018). Consta d'un únic individu, acompanyat d'un aixovar amb 61 denes de cal·laïta de diferents tipologies que formaven un braçalet, un collaret fet a partir de 261 denes de petites dimensions, i un ullal de senglar perforat. Als peus, hi havia un vas ceràmic de morfologia ovoide/esfèrica. Aquesta datació s'ha classificat com NMP.

Carrer del Pi (Barcelona, Barcelonès)

Aquest jaciment es conforma per tres retalls ovoides tapats amb lloses. En els dos primers es documenten inhumacions individuals, sense cap material associat. El tercer retall comptava amb un vas ceràmic llis i una làmina de sílex blanc (Cebrià & Miró, 2018). S'interpreta com a cenotafi. Es disposa de dues datacions dels inhumats (Cebrià & Miró, 2018), que han estat classificades com NMP pel context del tercer retall.

A5. Llobregat-Garraf

Can Tintorer / Mines de Gavà (Gavà, Baix Llobregat)

El complex miner de Can Tintorer, descobert a finals dels anys 70 del segle passat, està format per 3 agrupacions d'explotacions amb mina vertical: Can Tintorer, Ferreres-Can Badosa i Rocabrúna, amb una extensió que supera les 10 hectàrees (Villalba *et al.*, 1986; Bosch & Borrell, 2009; Morell *et al.*, 2023). Aquest jaciment estava destinat a l'extracció de pedra verda, especialment variscita, però també d'altres de composició i formació similar. La cronologia relativa, a partir dels materials extrets en les diferents campanyes d'excavació, situa el jaciment entre el Neolític antic Epicardial i el Neolític final, amb una especial concentració de l'activitat en el Neolític mitjà. Pel que fa a les datacions disponibles, dues s'associen a la fase del NMI, procedents de l'estructura S1, una sitja amb una inhumació primària i que compta amb materials ceràmics amb bigotis i acabats raspallats. La resta es poden assignar a la fase NMP, amb una correcta associació entre material arqueològic i datació radiocarbònica. Es tracta de la Mina 16 (d'on procedeix la Venus de Gavà, amb 6 datacions acceptades), Mina 5, Mina 6, Mina 7 (amb esgrafiats Chassey i restes Montboló), Mina 9 (amb Chassey i Montboló), Mina 70, Mina 84 (amb boca quadrada), Mina 90, Mina 84, Mina 49, Mina 28 i Mina 41. No obstant això, la Mina 83 ha estat classificada com NMI, atesa la seva datació antiga (la qual és comparable a les més recents de la cova de Can Sadurní).

Cova de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat)

Jaciment en cova, amb una rica seqüència estratigràfica que comprèn des del període Epipaleolític fins a l'època romana. El Neolític mitjà es troba ricament representat, amb evidències d'activitat funerària, d'hàbitat i d'emmagatzematge (a l'exterior de la cavitat). No es constata presència de nivells del Neolític mitjà Ple. La fase NMI es documenta en els nivells c.12 (capa antròpica d'estabulació), c.11 (dividida en diverses subcapes, i on es localitza l'activitat funerària), i c10b (capa en contacte amb l'activitat funerària del Neolític final - Calcolític) (Edo *et al.*, 2019a). Els materials ceràmics són assimilables tant a la fàcies Molinot com a la Montboló. Es disposa d'un elevat nombre de datacions, una de les quals ha estat desestimada per falta de col·lagen (Antolín *et al.*, 2017; Edo *et al.*, 2019a). Per altra banda, es disposa d'una datació procedent de la c-10b amb un valor excessivament recent per la fase NMI per la qual cosa ha estat desestimada (al correspondre a una datació convencional sobre carbó procedent d'una capa en contacte amb el Neolític final - Calcolític).

A6. Penedès

Cova de Sant Llorenç (Sitges, Garraf)

Cavitat amb ocupacions del Neolític antic, Neolític mitjà i Neolític final - Calcolític. El nivell 4 (UE A4) s'ha interpretat com corresponent a una ocupació domèstica del Neolític mitjà, gràcies a una datació radiocarbònica sobre cereal que el situaria regionalment en la fase del NMP (ja que no es disposa de material ceràmic diagnòstic) (Borrell *et al.*, 2014).

Cova Foradada (Calafell, Baix Penedès)

Cova amb vestigis de diferents cronologies dins un paquet sedimentari que forma un palimpsest. Dins aquest s'han documentat restes humanes d'un nombre mínim d'individus de 26 (Cebrià *et al.*, 2011; Moreno-Ibáñez *et al.*, 2021). A partir de les

datacions obtingudes i dels materials recuperats, s'hi poden identificar usos funeraris durant el Neolític Cardial i el Neolític final-Calcolític, així com una possible ocupació domèstica durant el Neolític mitjà, identificada a partir de grans vasos de la fàcies Molinot. Es disposa d'una datació inèdita del nivell Ib-II, coherent amb la fase del NMI.

Cova de la Guineu (Font-rubí, Alt Penedès)

Jaciment en cova amb materials des del Neolític antic fins al Bronze. Els nivells d'hàbitat II, IIb (*fumiers*) i Id (exterior) s'associen a materials de la fàcies Molinot, sense que es constati presència de ceràmiques de l'horitzó de Sepulcres de Fossa (Equip Guineu, 1995). Es disposa de set datacions radiocarbòniques (Bergadà *et al.*, 2018), una de les quals inèdita, coherents amb la fase del NMI.

Cova de la Font del Molinot (Pontons, Alt Penedès)

Cova amb ocupacions del Neolític mitjà i Neolític final - Calcolític. Es tracta del jaciment epònim de la fàcies Molinot (Baldellou & Mestres, 1977; Mestres, 1981), representada en el nivell IV. Es disposa de dues datacions d'aquest nivell IV, (Martín & Mestres, 2002), amb una inèdita (sobre os humà), ambdues coherents amb la fase NMI. Tanmateix, es disposa d'una altra datació, també inèdita, del nivell III. Aquest nivell III correspon a una ocupació domèstica, associada a ceràmiques similars a les de la fàcies del Vallesjà, per la qual cosa la seva datació s'ha classificat com NMP.

Turó de la Font del Roure (Font-rubí, Alt Penedès)

Jaciment d'hàbitat a l'aire lliure excavat en una excavació preventiva dels anys noranta. El configura una sèrie d'estructures de tipus sitja, amb materials del Neolític mitjà i el primer Ferro. El Neolític mitjà està representat per dues sitges, amb materials en el reblliment atribuïbles a la fàcies Molinot (Senabre *et al.*, 1994). Es disposa d'una datació de la E-10 (Mestres & Martín, 1996), coherent amb la fase del NMI.

Guixeres de Vilobí (Sant Martí Sarroca, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure d'estratigrafia complexa, en què se sobreposen ocupacions del Neolític antic, Neolític mitjà Inicial i Neolític final - Calcolític. Es documenten diversos sectors amb abundant material arqueològic, a més d'estructures negatives (algunes identificades mitjançant la projecció del material). La Fase C correspon a l'ocupació del Neolític mitjà, en el que es documenten estructures com forats de pal, cubetes (sovint de combustió) i una sitja, sense evidències d'estructures funeràries. Els materials ceràmics presenten una clara associació a la fàcies Molinot (Oms *et al.*, 2021c). Es disposa d'una única datació (Oms *et al.*, 2021c), que el situa en un moment inicial del NMI.

Mas Pujó (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure, amb estructures negatives del Neolític i el Calcolític en un molt bon estat de conservació. Del Neolític mitjà es documenten diverses estructures de tipus sitja o fossa/cubeta, una estructura de combustió (E-1) i dues estructures funeràries. Els materials associats presenten una clara filiació a l'horitzó Molinot, amb una única nansa tubular d'estil Montboló apareguda en la sitja E-26 (Esteve *et al.*, 2012). S'han datat quatre estructures (Oms *et al.*, 2016b), dos corresponen a grans sitges (E-17 i E-26) i les altres dues a les estructures funeràries, totes coherents amb la fase del NMI. La E-14 presenta un enterrament sense aixovar, mentre que en la E-16 s'ha documentat una inhumació acompanyada d'una destrat polida, punxons d'esquist, dues puntes d'aletes i peduncle i dues laminetes de sílex melat (Esteve *et al.*, 2012).

Cinc Ponts (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure amb unes 125 estructures documentades, especialment domèstiques (sitges), però també alguna de funerària. Els materials constaten ocupacions des del Neolític antic Epicardial fins a l'època contemporània, amb una especial intensitat en la fase del Bronze Inicial. Respecte al Neolític mitjà, s'han documentat sis estructures de tipus sitja amb materials ceràmics assimilables a l'horitzó

Molinot (Esteve *et al.*, 2012). Es disposa d'una única datació radiocarbònica procedent de la E8, estructura que a partir de la seva tipologia i orientació de l'inhumat, es pot associar al NMP (Oms *et al.*, en premsa).

Camí de Santa Maria dels Horts (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure en el qual es va identificar una sitja del Neolític final en els anys noranta. Recentment, en el marc de les obres de l'Eix Diagonal s'han documentat diverses estructures més, des del Neolític mitjà fins època històrica. Al Neolític mitjà s'associen 5 fons de sitja o cubetes, dues sitges i un retall indeterminat (E-42), totes elles formant una petita agrupació. El conjunt ceràmic relacionat amb aquestes estructures presenta decoracions raspallades, amb nanses tubulars i bigotis, assimilables als horitzons Molinot i Montboló del NMI. Es disposa d'una única datació radiocarbònica inèdita, procedent de la E-42 (VVAA, 2015). Aquesta s'ha interpretat com una estructura de funció domèstica (possible cabana), de grans dimensions i planta de tendència circular. En el seu interior van aparèixer dos forats de pal de petites dimensions, material ceràmic, material lític (entre el que destaca una punta d'aletes i peduncle) i un possible fragment de variscita (VVAA, 2015). La datació és coherent amb la fase del NMI.

Vinya de Cal Monjo (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment compost per dos sectors, Vinya de Cal Monjo Sud i Vinya de Cal Monjo, en el que s'han documentat ocupacions del Neolític mitjà, Neolític final - Calcolític, Bronze inicial i època històrica. Es localitza molt proper a Cinc Ponts, per la qual cosa no es descarta que algunes de les seves estructures estiguin relacionades amb aquest jaciment. En el sector Sud s'han identificat dues sitges, amb materials raspallats assimilables a la fàcies Molinot del NMI. Per altra banda, s'ha documentat una estructura funerària de tipus sepulcre de fossa (E-36), amb indústria lítica, tovots, i fragments ceràmics incorporats en el rebliment del pou d'accés (associables a l'horitzó del Vallesità) (VVAA, 2015). Només s'ha interpretat com a aixovar una única làmina de sílex. L'individu

inhumat va ser datat (inèdita) (VVAA, 2015), donant com a resultat una determinació coherent amb el NMP.

Cal Pere Pastor (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure amb diverses estructures del Neolític mitjà. A la fase del NMI s'associen 11 sitges i 3 possibles fons de sitja o cubetes, amb material ceràmic de superfícies raspallades, atribuïble a la fàcies Molinot (VVAA, 2015). Tanmateix, es va identificar una sitja assimilable, d'acord amb els fragments ceràmics, al NMP (E-28) (VVAA, 2015). Es disposa de dues datacions radiocarbòniques inèdites procedents de les estructures E-14 i E-8 (la darrera amb una important quantitat de fauna), coherents amb la fase del NMI (VVAA, 2015).

Camí de Mas Romeu (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment compost per diverses estructures negatives del Neolític mitjà i d'època històrica. Del període del Neolític mitjà es documenta una petita concentració de tres inhumacions (E-22, E-38 i E-40) i un abocament (E-35). Es disposa de dues datacions de les estructures funeràries E-38 i E-40, força arrasades i amb rebliments estèrils (VVAA, 2015). Els aixovars es componen per una única ascla de sílex en la E-38, i un únic vas ceràmic amb nanses tubulars en la E-40, assimilable a la fàcies Montboló (VVAA, 2015). Les datacions, inèdites, són coherents amb la fase del NMI.

Garrofers del Torrent de Santa Maria (Vilanova i la Geltrú, Garraf)

Estructura funerària isolada, excavada durant una intervenció de salvament en l'any 1985, en mal estat de conservació. Es documenten dos individus inhumats, amb materials lítics (làmines, una punta d'aletes i peduncle, i una destrat polida) i un vas ceràmic com a possible aixovar. La tipologia del vas ceràmic remet a la fàcies del Vallesià (Martín & Miret 1990). Es disposa d'una datació radiocarbònica, coherent amb un moment antic la fase del NMP (Martín & Miret 1990).

Els Cirerers (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure amb ocupacions des del Neolític mitjà fins l'Edat del Ferro. Del Neolític mitjà es documenten dues estructures, una d'elles funerària (E-16). En el rebliment de l'estructura funerària es van identificar materials lítics i fragments ceràmics, els darrers associables amb l'horitzó Molinot (els quals presenten acabats raspallats i amb crestes) (Feliu, 2019). La datació efectuada sobre os de l'inhumat (Feliu, 2019) s'emmarca dins de la fase del NMI.

Pou Nou (Olèrdola, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure excavat en diverses fases durant els anys noranta, amb ocupacions des del Neolític antic Epicardial fins al primer Ferro i època històrica. El Neolític mitjà es documenta en el sector Pou Nou 2, amb 6 sitges (una de les quals, la E-3, reutilitzada com estructura funerària). L'aixovar incloïa dos vols ceràmics hemisfèrics amb acabat allisat (Nadal & Mestres, 2019). En el rebliment d'aquesta estructura es van documentar materials lítics, tovots, fauna i fragments ceràmics atribuïbles a la façies Molinot. Es disposa de tres datacions de la E-3, dues d'elles inèdites (Antolín *et al.*, 2024), coherents amb la fase del NMI.

Hort d'en Grimau (Castellví de la Marca, Alt Penedès)

Jaciment descobert i excavat durant la segona meitat de la dècada dels vuitanta del s.XX, amb ocupacions del Neolític mitjà i el primer Ferro. Del Neolític mitjà es van identificar fins a 21 sitges i 5 estructures funeràries. El material ceràmic associat presenta acabats raspallats, associables a la façies Molinot (Mestres, 2019a). Es disposa de cinc datacions, dues procedents de sitges (E-17 i E-8) (Mestres & Martín 1996) i tres d'estructures funeràries (E-7, E-3 i E-1), amb materials de la fase NMI en els seus rebliments (Mestres, 2019a). Dues de les datacions dels enterraments són inèdites.

La Serreta Nord (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Extensió del jaciment de la Serreta, amb evidències del Neolític mitjà, el Bronze inicial i època històrica. Del Neolític mitjà es documenten 6 estructures, quatre amb materials ceràmics atribuïbles a la fase del NMI i dues al NMP (VVAA, 2015). Es disposa de dues datacions inèdites procedents d'estructures funeràries (E-12 i E-13), sense materials clarament diagnòstics, però que per la seva tipologia s'han classificat com a NMI.

Pujolet de Moja (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure, excavat en una intervenció de salvament durant els anys noranta. Hi ha evidències d'ocupacions del Neolític antic, mitjà i final, així com del primer Ferro. El període del Neolític mitjà està representat per les dues fases, amb un total de 25 estructures del NMI (cinc d'elles sepulcrales) i dues del NMP. Del NMI es disposa de tres datacions sobre os humà, procedents de les sepultures E-25, E-26 i E-27, totes elles amb ceràmiques raspallades en el rebliment assimilables amb la fàcies Molinot (una d'elles, la E-26, amb una punta d'aletes i peduncle com a aixovar) (Mestres, 2019b). El NMP compta amb una datació de la sitja E-1 (Fontanals-Coll *et al.*, 2016), la qual contenia materials ceràmics assimilables amb l'horitzó del Vallesà (Mestres *et al.*, 1997).

Els Pujols (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Ampli assentament a l'aire lliure excavat en dues intervencions diferents (VVAA, 2015). Es van identificar un total de 60 estructures de diferents períodes, entre el Neolític Cardial i època romana. Es documenten un total de 25 sitges del Neolític mitjà, de les quals la majoria (24) es poden datar de manera relativa en el NMI, mentre que la resta presenta materials del NMP. Es compta amb dues datacions inèdites de la fase NMI, que procedeixen de sitges modificades i amb inhumacions al seu interior (E-2 i E-35). Les dues presenten una bona associació amb materials Molinot (VVAA, 2015). Tanmateix, es disposa d'una datació, també inèdita, d'una sitja reutilitzada amb finalitat funerària (E-10), sense materials diagnòstics, però que ha estat classificada com NMP.

Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès)

Es tracta del camp de sitges més gran de la regió del Penedès. En successives intervencions que s'han anat succeint des de les darreries del segle XX, s'hi ha identificat més de 500 estructures negatives de diverses fases, entre el Neolític antic fins l'edat del Ferro (Bouso *et al.*, 2019). S'ha pogut identificar un total de 90 estructures corresponents al NMI i 17 al NMP (com. pers. J. Mestres). Es disposa de 8 datacions inèdites procedents d'estructures del NMI i 6 del NMP, moltes d'elles procedents d'estructures funeràries o de sitges modificades per a contenir inhumacions. En tots els casos, les datacions tenen una bona associació amb materials significatius de cada fase.

La Serreta (Vilafranca del Penedès, Alt Penedès)

Jaciment a l'aire lliure de tipus complex, amb cronologies des del Neolític antic Cardial fins al Bronze inicial. Del Neolític mitjà es disposa d'evidències tant del NMI com del NMP, conformant un dels jaciments més importants d'aquest període per la regió del Penedès (Oms *et al.*, 2024). Es destaca l'estructura E-48, corresponent a un possible hàbitat de planta rectangular d'aproximadament uns 40 m², amb forats de pal associats i el qual va ser amortitzat per estructures de la fase NMP.

De la fase del NMI es disposa de datacions de les estructures funeràries E5 i E6 (la darrera amb dos individus inhumats), així com de la sitja E32, en la que també va aparèixer un enterrament. Els aixovars associats amb els inhumats consisteixen en denes de corall i variscita (E5), així com grans punxons d'os (E6). En els rebliments de les tres estructures es documenten fragments ceràmics amb superfícies raspallades, assimilables a la fàcies Molinot, així com una nansa tubular de tipus Montboló en la E32. Les estructures d'emmagatzematge associades amb aquesta fase presenten unes capacitats entre els 300 i els 980 litres, amb una mitjana propera als 700 litres (Oms *et al.*, 2024).

La fase del NMP està representada per una major varietat d'estructures, entre les quals figuren tres possibles cenotafis (E-21, E-22 y E54) i un possible forat de pal (E-23).

Entre les estructures datades hi destaca la E27, una gran fossa-sitja d'uns 3500 litres de capacitat amb una inhumació primària, associada a uns pocs fragments ceràmics amb decoració Chassey. Tanmateix, es documenta una inhumació (E60) amb un ric aixovar, el qual inclou dues destrals polides, sílex melat, un vol llis, i un conjunt de 45 denes de variscita. D'aquesta estructura es disposa d'una datació especialment antiga, que ha estat classificada com NMP atesa la semblança de la cultura material amb els enterraments de l'esfera del Vallesità. Per altra banda, es disposa d'una datació de l'estructura E46, corresponent a un possible fossat d'uns 26 m d'allargada, així com de les sitges E10, E11, E12 i E36, la darrera amb una acumulació de restes òssies pertanyents a *canis familiaris*. La resta d'estructures d'emmagatzematge presenten unes capacitats d'entre els 350 i 1500 litres, amb una mitjana propera als 1100 litres (Oms *et al.*, 2024).

A7. Catalunya central

La Plana del Torrent (Ribera d'Ondara, Segarra)

Es tracta d'un sepulcre en cista aïllat, que contenia les restes d'una única inhumació. Com a aixovar, s'hi va documentar una petita aixa, dues denes de cal·laïta, 5 *Glycymeris* sp. perforades i 4 làmines de sílex, probablement melat (Ros, 2000). Aquests materials, junt amb la datació disponible (Morell *et al.* 2018a), permeten situar aquesta inhumació en el NMP, fàcies solsonià.

Cal Sitjo (Sant Martí de Tous, Anoia)

Jaciment d'hàbitat a l'aire lliure emplaçat en una plataforma travertínica de la riera de Tous. En un sondeig s'han documentat diversos nivells neolítics i mesolítics, amb abundant material, estructures de combustió i forats de pal. S'han datat dos nivells del Neolític mitjà (Gómez *et al.*, 2023). En el Nivell 4 s'ha documentat un fragment de ceràmica amb una clara associació a l'horitzó de la fàcies Molinot (Gómez *et al.*, 2023), amb una datació coherent amb la fase del NMI. El Nivell 3 es distingeix de l'anterior per una grossa capa de travertins, i es disposa de dues datacions radiocarbòniques (una de la

base del nivell i l'altre de la part superior)(Gómez *et al.*, 2023). En aquest Nivell 3 s'han documentat dos plats oberts que podrien associar-se a al NMP (tot i no ser clarament diagnòstics), per la qual cosa les dos datacions han estat classificades com pertanyents a aquesta fase.

Vilars de Tous (Sant Martí de Tous, Anoia)

Jaciment a l'aire lliure que consisteix en un fons de cabana quadrangular, interpretat com un espai de producció lítica. La ceràmica associada presenta decoracions i sobretot acabats de la fàcies Molinot. Es disposa de 2 datacions radiocarbòniques sobre carbó (Clop *et al.*, 2005), coherents amb la fase del NMI.

Pla del Riu de les Marcetes (Manresa, Bages)

Necròpolis amb 8 estructures funeràries, de les quals 3 no van poder ser excavades per haver estat buidades prèviament. De la resta, es tracta de 5 fosses excavades en argiles, amb importants aixovars que es poden situar bé dins el Neolític mitjà Ple. La 4 compta amb 2 inhumats, mentre que la resta en té un. Entre els aixovars destaca la presència de nombrosos geomètrics, així com una làmina en sílex melat (sepultura 7), una dena de variscita (sep. 6) i diferents elements d'indústria òssia (Gibaja *et al.*, 2018a). Els únics dos vasos ceràmics tenen clares analogies amb la fàcies del Vallès i amb exemples Chassey.

Cova Freda de Montserrat (Collbató, Baix Llobregat)

Jaciment en cova (juntament amb la Cova Gran) de gran importància historiogràfica. En elles es va documentar per primera vegada l'horitzó Cardial, que per un temps es va anomenar "ceràmica Montserratina". Es documenten ocupacions de diferents períodes, com el Neolític antic, el Neolític mitjà i el Neolític final - Calcolític. Recentment, s'ha iniciat un nou projecte arqueològic amb l'objectiu d'avaluar la integritat dels dos jaciments (Oms *et al.*, 2019b). A la Sala I d'aquest jaciment s'hi va documentar un nivell

(I) on hi havia restes ceràmiques de la fàcies Molinot. No obstant, aquest nivell no ha estat datat. A la Sala II, en canvi, s'han datat dos nivells (IIa i IIb) de *fumier* (Antolín *et al.*, 2023). La datació i els pocs materials arqueològics recuperats, són compatibles amb l'ús de la cova durant el NMP (com. pers. F.X.Oms).

A8. Pirineu

Camp del Colomer (Sant Julià de Lòria, Andorra)

Jaciment a l'aire lliure compost per una sèrie d'estructures negatives (sitges, fosses, cubetes, etc.), estructures de combustió, forats de pal i fons de cabana (un de grans dimensions, amb 620x360 centímetres en planta). No s'han documentat enterraments, per la qual cosa s'ha classificat com un jaciment d'hàbitat (Fortó *et al.*, 2018). Es tracta d'un dels jaciments tipus de la fàcies "Juberri", amb materials ceràmics característics d'aquest horitzó. S'han datat 5 estructures, totes amb valors per sobre de 5200 BP, per la qual cosa s'han classificat com NMI.

Feixa del Moro (Sant Julià de Lòria, Andorra)

Jaciment excavat a inicis de la dècada dels anys 80 del segle passat i revisat recentment, a l'aire lliure i molt proper al Camp del Colomer. Consisteix en diverses fosses, fogars i forats de pal, així com tres estructures funeràries de tipus cista. En l'aixovar dels enterraments es van documentar destrals de pedra, denes de variscita, làmines de sílex melat i punxons d'os, entre altres materials (Remolins *et al.*, 2018). Les ceràmiques de les estructures d'hàbitat s'associen a un NMI (similars a les documentades en el Camp del Colomer), mentre que les procedents de les inhumacions semblen indicar una afiliació al NMP, fàcies Solsonià (amb un efectiu similar a les produccions Chassey franceses) (Oms, 2018). Es disposa de quatre datacions radiocarbòniques. Dues són de les estructures domèstiques, amb desviacions estàndard excessivament elevades i descontextualitzades, per la qual cosa han estat rebutjades en el present estudi (Oms *et*

al., 2018). Les altres dues s'ha realitzat sobre os humà de les inhumacions i són coherents amb la cultura material associada. S'han classificat com NMP.

Tomba de Segudet (Ordino, Andorra)

Es tracta d'una única estructura funerària aïllada. La tipologia de l'estructura és de tipus cista, molt semblant a les documentades en l'horitzó del Solsonià. L'únic vas ceràmic que acompanyava al difunt presenta motius arcaics, habituals de la fase Epicardial (decorat amb impressions en forma de triangles), així com altres aspectes similars a les produccions del Camp del Colomer (Oms *et al.*, 2018). Es disposa d'una sola datació (Yáñez *et al.*, 2002), que ha estat classificada com NMI.

A9. Regió del Solsonià

Ca l'Oliaire (Berga, Berguedà)

Jaciment a l'aire lliure en què es van documentar fins a 5 estructures domèstiques i un enterrament del Neolític mitjà. L'enterrament (Fossa F6) es tracta d'una inhumació individual en fossa, amb un ric aixovar caracteritzat per braçalets i polseres, així com denes de variscita i cal·laïta (però sense materials ceràmics diagnòstics). En les altres estructures s'han documentat diversos fragments de vasos ceràmics, atribuïbles a la fàcies vallesiana de Sepulcres de Fossa (així com un fragment que presenta decoracions arcaïques) (Martín *et al.*, 2005). La datació disponible de l'individu inhumat (Martín *et al.*, 2005) ha estat classificada com NMP, tant pels elements de l'aixovar com pel context de les altres estructures.

Serrat de les Tombes (Capolat, Berguedà)

Jaciment que consisteix en una cista aïllada, excavada en l'any 2004. Aquesta està formada per quatre lloses i una coberta, i contenia dos individus enterrats simultàniament. Entre els materials d'aixovar hi figuren punxons d'os, denes de

variscita, elements lítics i un vas ceràmic (associable a l'horitzó del Solsonià) (Farguell & Guerrero, 2022). Es disposa d'una datació (Morell *et al.*, 2018a), que situa l'enterrament en un moment final de la fase del NMP.

Tomba del Moro (Navès, Solsonès)

Cista excavada per J. Serra Vilaró l'any 1915, i que ja es trobava alterada parcialment en aquell moment. Les restes antropològiques es poden associar a dos individus diferents. Com a aixovar, es van documentar més de 20 punxons d'os, així com 9 geomètrics de sílex (alguns d'ells podrien ser de sílex melat) i uns pocs fragments ceràmics que es correspondrien amb 2 vasos diferents (Castany, 2008). La datació disponible (Morell *et al.*, 2018a), junt amb els materials, tenen una clara correspondència amb el NMP.

Vilar de Simosa (Olius, Solsonès)

Excavat per J. Serra Vilaró en una data indeterminada i publicat a la seva obra de 1927. Es tracta d'una cista reutilitzada, on es va documentar un individu en posició primària al centre de la caixa, i amb les restes de 4 individus més. Serra Vilaró va afirmar que l'aixovar disponible es corresponia únicament a la darrera inhumació, mentre que les restes anteriors van ser sostretes (Castany, 2008). Aquest consisteix en 4 geomètrics de sílex (un d'ells, probablement melat) i dos punxons d'os. Aquests materials, junt amb la datació disponible (Morell *et al.*, 2018a), mostren una clara adscripció al NMP.

Megàlit del Bisbe (Olius, Solsonès)

Excavat per J. Serra Vilaró l'any 1920, es tracta d'una cista isolada que contenia les restes d'un únic inhumat. Aquest presentava com a aixovar dos vasos ceràmics, un d'ells sencer i amb carena viva a mitja alçada, 2 làmines de sílex melat i 2 punxons d'os, un d'ells fragmentat (Castany, 2008). La datació disponible (Morell *et al.*, 2018a), junt amb els materials esmentats, indiquen una clara associació d'aquest sepulcre al NMP.

Ceuró (Castellar de la Ribera, Solsonès)

Conjunt de 3 sepultures en cista relativament agrupades, descobertes a inicis de la dècada dels anys 90 del passat segle (Castany, 2008). Ceuró I comptava amb 2 inhumats i un aixovar format per 2 geomètrics en sílex, una làmina de sílex melat i una dena de barrilet de variscita. Ceuró II tenia 3 inhumacions successives (no simultànies) i el seu aixovar era format per 3 geomètrics en sílex i dos elements d'os polit. Finalment, Ceuró III, que havia estat saquejada anys abans, tenia 2 inhumacions, i l'aixovar es va reduir a dos fragments informes de ceràmica. Les datacions disponibles (Morell *et al.*, 2018a), de Ceuró I i dels 3 individus de Ceuró II, junt amb les restes de cultura material, permeten situar aquesta petita necròpolis en el NMP.

El Llord (Castellar de la Ribera, Solsonès)

Necròpolis del Neolític mitjà formada per 9 sepultures en cista i un menhir. Inicialment localitzada i excavada parcialment per J. Serra Vilaró l'any 1917, s'hi van dur a terme 3 intervencions de salvament i restauració entre 1997 i 1999. Algunes de les sepultures ja havien estat buidades abans de la intervenció de Serra Vilaró, però d'altres encara han proporcionat dades. Entre els materials, destaca la presència de làmines de sílex i geomètrics (sense constància de sílex melat), però sobretot un gran conjunt d'indústria òssia, amb punxons i nombrosos ullals de senglar, així com restes de malacologia marina perforada. La ceràmica es redueix a uns pocs fragments informes (Castany, 2022a). Aquests elements, junt amb les datacions disponibles de les sepultures Llord 1 i Llord 5 (Morell *et al.*, 2018a), permeten situar aquesta necròpolis en el NMP.

Cista dels Garrics de Caballol (Pinell de Solsonès, Solsonès)

Jaciment a l'aire lliure que consisteix en dues cistes funeràries, descobert durant els anys quaranta i excavat a finals dels vuitanta. Ambdues cistes comparteixen similituds constructives, amb lloses de pedra delimitant la cambra funerària i l'existència d'una coberta, així com evidències d'estructures tumulars. En la cista Garrics-II es

documenten un nombre mínim d'individus de 7 (Castany, 2022b). Els aixovars consisteixen en indústria òssia i lítica, així com elements d'avituellament personal, però cap ceràmica diagnòstica (Castany, 2022b). Es disposa d'una datació de l'individu de la cista Garrics-I i quatre de la cista Garrics-II (Morell *et al.*, 2018a), que han estat classificades con NMP. No obstant això, una de les datacions de Garrics-II ha estat exclosa en presentar un valor excessivament recent, la qual cosa provocava problemes de convergència en el model bayesià de fase.

Povia (Biosca, Segarra)

Excavat per J. Serra Vilaró el 1916, es tracta d'una cista aïllada amb les restes d'un únic individu. Presentava un aixovar format per 2 làmines de sílex, un geomètric de sílex, 3 punyals d'os polit i dues plaquetes d'os, una d'elles perforada (Castany, 2008). Tant el conjunt de materials com la datació disponible (Morell *et al.*, 2018a), tenen una clara associació al NMP.

El Solar (Riner, Solsonès)

Aquest jaciment, excavat ja per J. Serra Vilaró durant el primer terç del segle XX, va ser revisat posteriorment a la Tesi Doctoral de J. Castany i també en el projecte ja esmentat de J.F. Gibaja. Es tracta d'una petita necròpolis de cistes, amb 5 sepultures localitzades (Castany *et al.*, 2022c). Algunes de les sepultures es trobaven gairebé buidades per complet. A les que no, es va poder documentar inhumacions individuals en tres d'elles (sepultures 1, 4 i 5) i de 4 individus en una altra (sepultura 3). El material documentat en les cistes és molt ric i representatiu del Neolític mitjà: denes de variscita, ullals de senglar, geomètrics en sílex melat i d'origen local-regional, punxons d'os, làmines de sílex melat, etc (Castany *et al.*, 2022c). Tots aquests materials, junt amb les datacions obtingudes de la sepultura 3 (Morell *et al.*, 2018a), són representatius del NMP.

A10. Plana de Lleida i Prepirineu

Cova Gran de Santa Linya (Les Avellanes i Santa Linya, Noguera)

Gran cova-balma amb ocupacions des del Paleolític mitjà fins a l'edat del Bronze. El sector Plataforma presenta un seguit d'ocupacions tant domèstiques (sitges, forats de pal, cubetes) com d'estabulació de ramats de la prehistòria recent. Entre aquestes, es destaca una ocupació formada per 5 estructures de combustió i 3 petites fosses (probables forats de pal) amb materials representatius del NMI, concretament de la fàcies Auvelles. Una d'elles, la H1, ha estat datada amb un carbó i ha proporcionat un resultat concordant amb l'atribució del material (Mora *et al.*, 2018). Per altra banda, es disposa d'una segona datació excessivament recent, però que ha estat classificada també com NMI per falta d'evidències de la fase posterior (tant en el jaciment com en el context local).

Balma dels Vilars (Os de Balaguer, Noguera)

Es tracta d'una petita cova o balma amb un conjunt pictogràfic de 29 figures corresponent a art Esquemàtic de diferents tipus. Entre les figures hi ha quadrúpedes, antropomorfs, motius solars i traços indeterminats. Poc abans de l'any 2000 s'hi va dur a terme una intervenció arqueològica que va afectar els nivells arqueològics del sòl de la cavitat (VVAA, 2000). D'aquesta intervenció en procedeixen dues datacions inèdites obtingudes sobre carbó. Aquestes se situen perfectament dins l'esfera del NMI regional (grup Auvelles).

Les Auvelles (Castelló de Farfanya, Noguera)

Jaciment a l'aire lliure amb estructures del Neolític Mitjà Inicial, el Neolític final - Calcolític i el Bronze Inicial. Les estructures del NMI corresponen a sitges (19) i tres grans fosses, sense estructures funeràries. Es tracta del jaciment epònim de la fàcies "Auvelles", amb ceràmiques decorades amb impressions i aplicacions plàstiques (com

crestes, cordons o nervadures) (Oms *et al.*, 2019a). Es disposa de 6 datacions radiocarbòniques procedents de diferents estructures, totes elles coherents amb la fase del NMI (Oms *et al.*, 2019a; Antolín *et al.*, 2024).

Quatre Pilans (Lleida, Segrià)

Aquest jaciment va ser excavat durant l'any 2010. Compta amb un total de 18 estructures negatives, totes elles domèstiques, amb morfologies des de les sitges fins les cubetes (Gallart *et al.*, en premsa). Els materials ceràmics tenen clares analogies amb el grup regional Auvelles, i la datació disponible per una de les estructures, certifica també la pertinença del jaciment al NMI.

Pla de Gardelo (Juneda, Garrigues)

Jaciment a l'aire lliure compost per diverses sitges, una estructura funerària i un possible fons de cabana. Els materials ceràmics s'associen a un "epicardial final" (Piera, 2009) o bé a un grup regional del NMI (tipus Auvelles) (Piera, 2016). Es disposa d'una datació procedent de l'enterrament de la E9 (Piera, 2016), que el situa en un moment del Neolític mitjà, però en la que no s'han trobat materials ceràmics diagnòstics. Aquesta mostra s'ha classificat com NMI pel context de materials del jaciment.

Collet de Puiggrós (Puiggròs, Garrigues)

Jaciment a l'aire lliure. Es documenten dues sitges, un forat de pal i dues sitges més, ampliades i reaprofitades com estructures funeràries. Les ceràmiques presenten l'estil de la fàcies "Auvelles" (Piera *et al.*, 2007). Es disposa de 2 datacions dels individus inhumats de les estructures (Piera *et al.*, 2007), coherents amb la fase del NMI.

L'Espina C (Tàrrrega, Urgell)

Jaciment a l'aire lliure, amb estructures de tipus sitja i diversos forats de pal que delimiten una possible estructura aèria. Comprèn estructures amb materials del Neolític mitjà Inicial, el Neolític final - Calcolític i el Bronze Inicial. No presenta evidències d'estructures funeràries. Del Neolític mitjà Inicial es documenten tres estructures de tipus sitja, una de les quals disposa d'una datació radiocarbònica (E-3), associada a materials ceràmics de la fàcies "Auvelles" i coherent amb la fase del NMI (Piera, 2016).

A11. Camp de Tarragona

Aeroport de Reus (Reus, Baix Camp)

Jaciment a l'aire lliure amb ocupacions del Neolític mitjà i el Bronze inicial. Del Neolític mitjà es documenten tant estructures d'hàbitat com funeràries. Es disposa de tres datacions radiocarbòniques, una d'elles inèdita. La primera, procedent de l'Est. UE212 correspon a una inhumació individual en una estructura de tipus complex, amb un fragment ceràmic amb decoració raspallada localitzada en una capa de pedres que formava part de l'estructura (Bravo, 2022). Aquesta datació és coherent amb la fase del NMI. Les altres dues datacions procedeixen de les estructures Est. UE129 i Est. UE304 (Bravo, 2022), per les quals no s'ha pogut associar cap aixovar ni materials ceràmics diagnòstics en el rebliment (Bravo *et al.*, 2014; Bravo, 2022), però que han estat classificades com NMP.

A12. Terres de l'Ebre

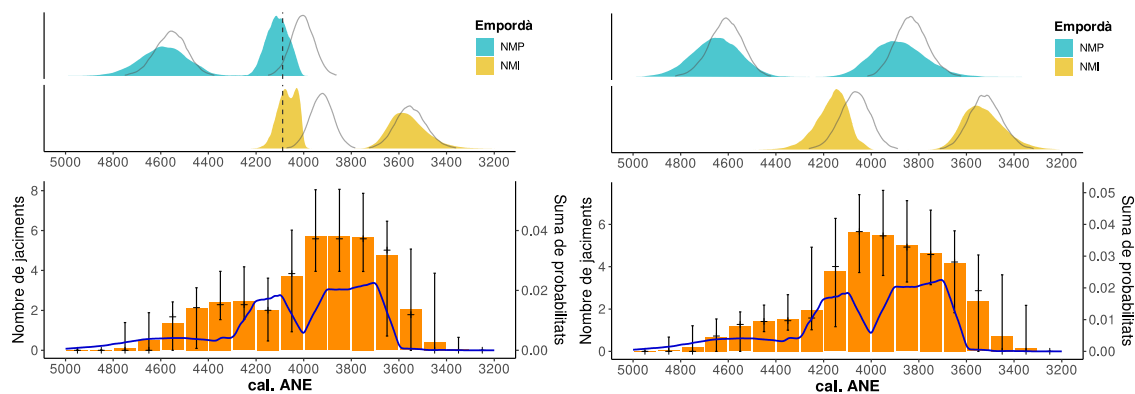
Masdenvergenc (Amposta, Montsià)

Jaciment excavat d'antic en què es van localitzar diverses estructures funeràries en fossa, interpretat com a necròpolis. S'han datat les restes humanes de dues estructures, les quals contenien aixovars representats per collarets de malacofauna, peces de sílex i

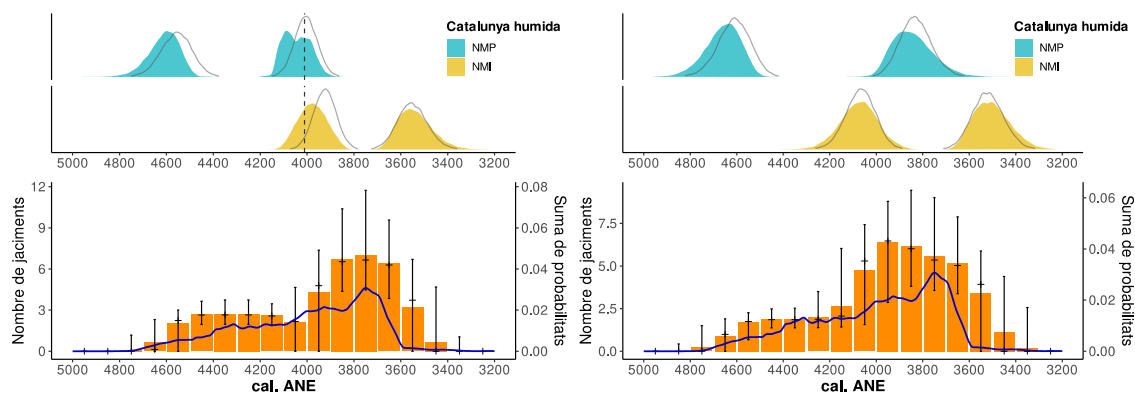
un vas "globular i amb coll, proveït de dues anses amb perforació vertical i dos cordons format el citat motiu de bigoti senzill" (Bosch *et al.*, 2023). Aquesta ceràmica s'associa a la fàcies "Boques de l'Ebre" de la fase NMI, i les datacions són coherents amb aquesta associació.

Annex B: Cronologia i trajectòries poblacionals regionals

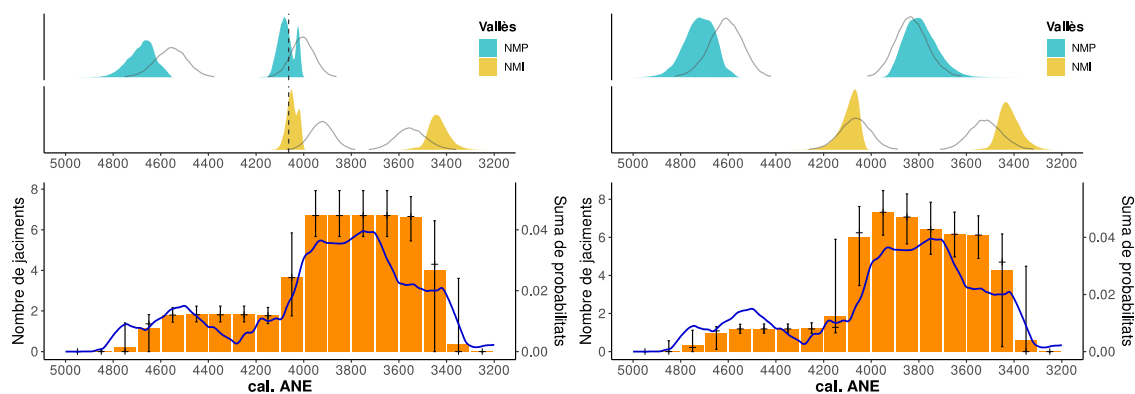
Empordà



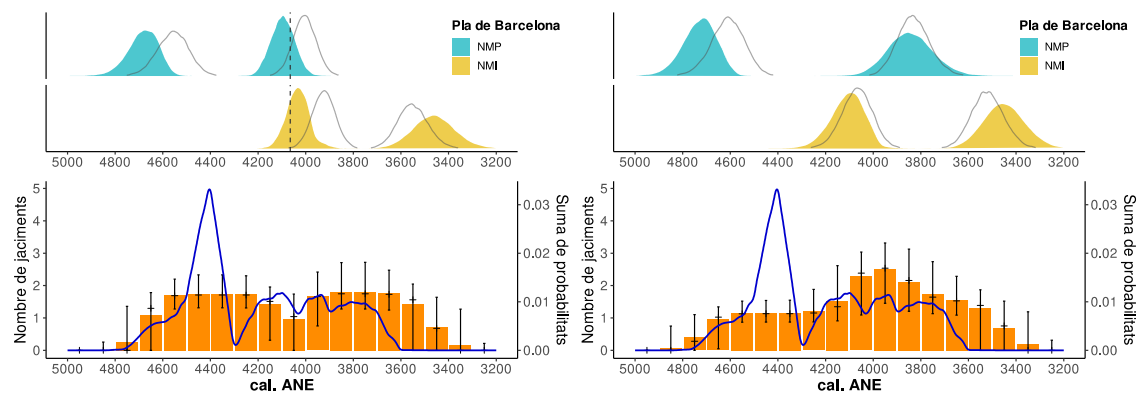
Catalunya humida



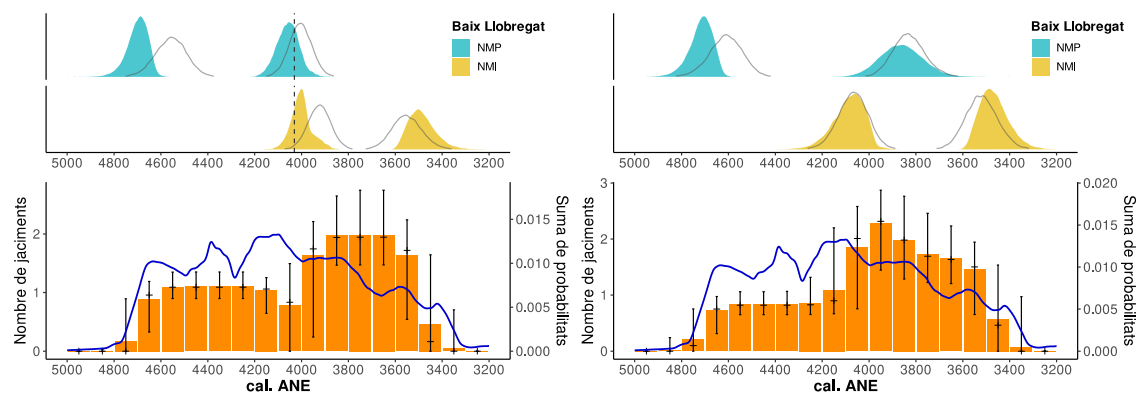
Vallès



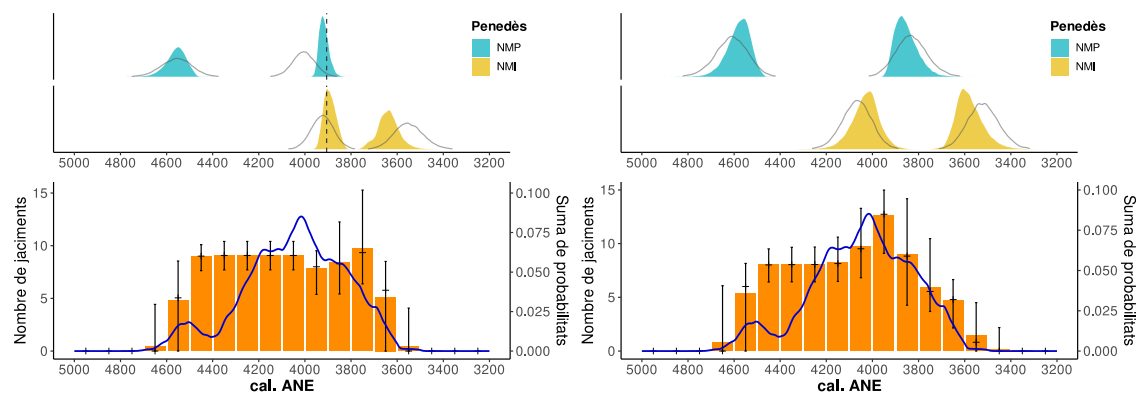
Pla de Barcelona



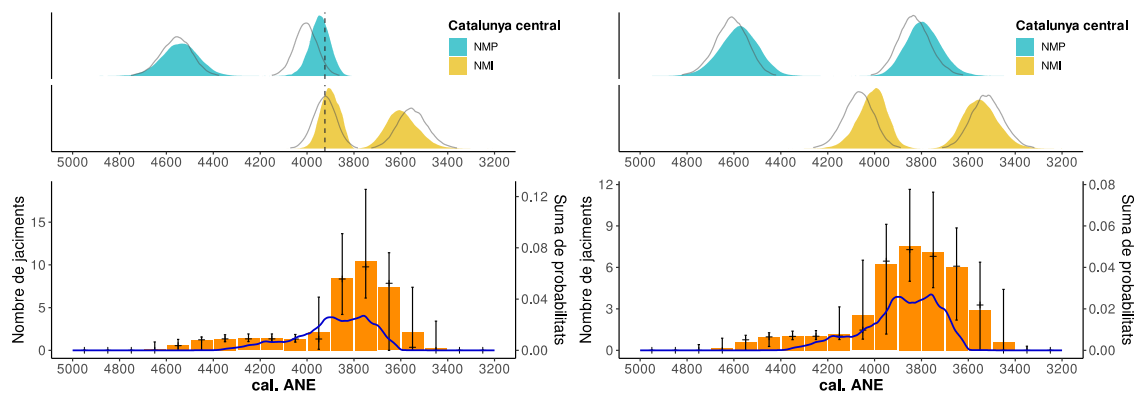
Baix Llobregat



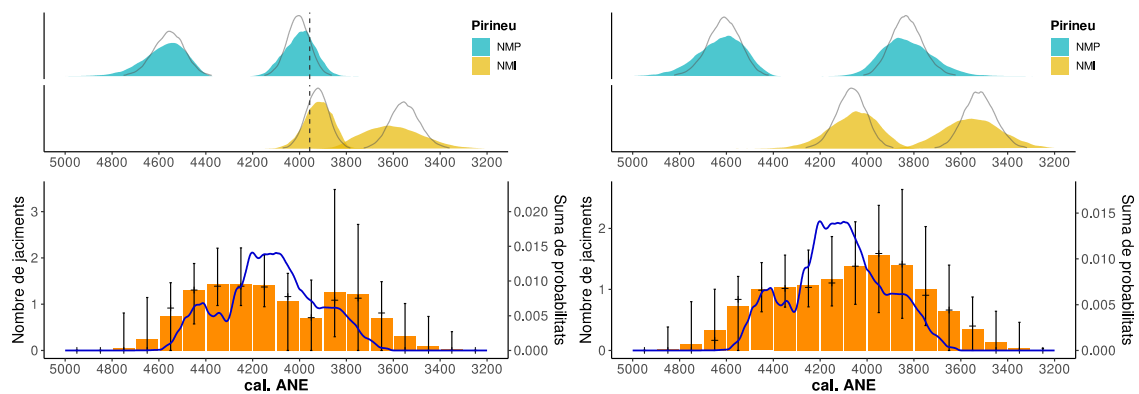
Penedès



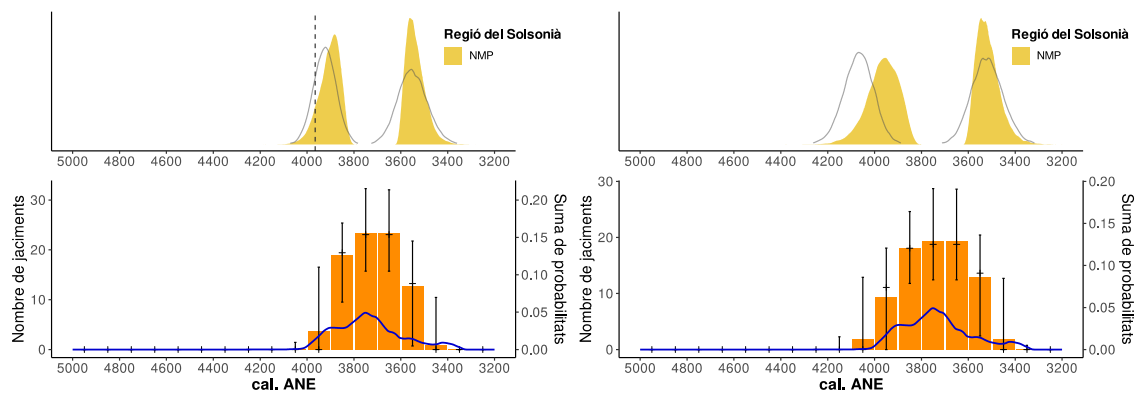
Catalunya central



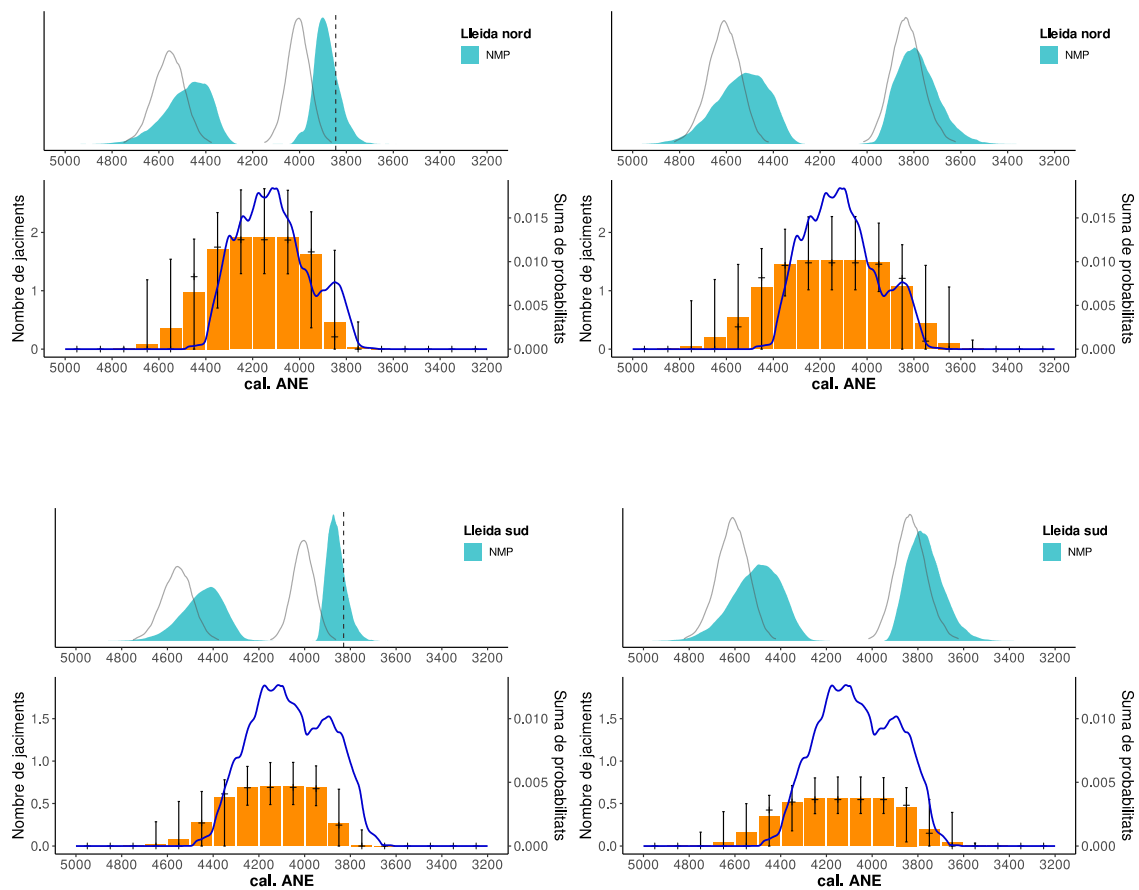
Pirineu



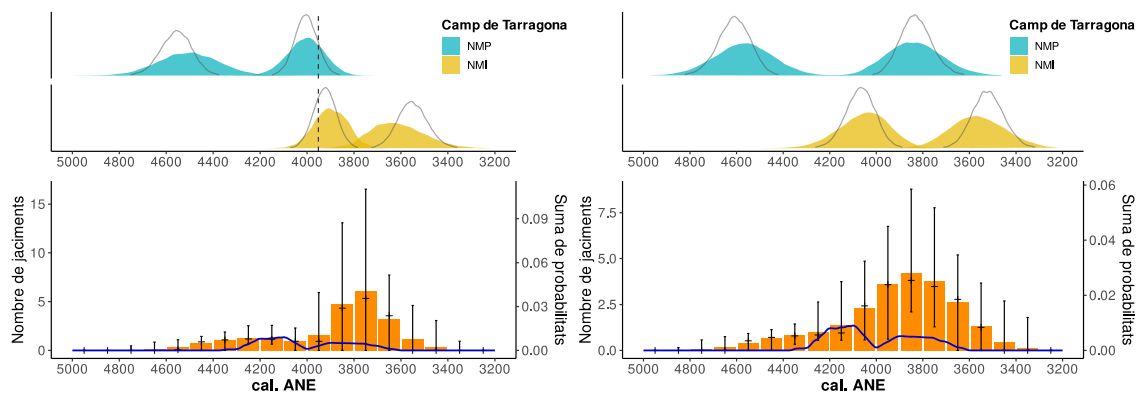
Regió del Solsonà



Plana de Lleida i Prepirineu



Camp de Tarragona



Terres de l'Ebre

