UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

Una aproximació a l'estudi de la Mobilitat a través del temps: Anàlisi multiproxy d'isòtops d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ al NE Ibèric des del Neolític Mitjà fins a l'Edat Mitjana

Rubén de la Fuente Seoane

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons: https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons: https://creativecommons.org/licenses/?lang=es

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license: https://creativecommons.org/licenses/?lang=en

TESI DOCTORAL

Una aproximació a l'estudi de la Mobilitat a través del temps: Anàlisi multiproxy d'isòtops d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ al NE Ibèric des del Neolític Mitjà fins a l'Edat Mitjana.

Doctorat en Biodiversitat de la UAB

Facultat de Biociències

Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia

Grup de Recerca en Antropologia Biològica

2024

Doctorand:

Rubén de la Fuente Seoane

Directores:

Dra. M. Eulàlia Subirà

Dra. Marta Díaz-Zorita Bonilla

Dra. Ariadna Nieto Espinet

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

Aquesta tesi ha estat finançada al programa d'Ajuts a universitats per a la contractació del personal investigador en formació (FI-DGR 2019) de l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya. La investigació s'ha emmarcat dins dels següents projectes:

- Títol del projecte: Origen, desarrollo y consolidación del Neolítico en el ámbito Mediterráneo. Entitat finançadora: Ministerio de Ciencia, Innovación, y Universidades Referència de la concessió: RED2018-102382-T. Durada: des de/d' 1/10/19 fins a 1/10/21. Investigador/a principal: Dr. JF Gibaja
- Títol del projecte: Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del Mediterráneo nordoccidental: construyendo respuesta desde los análisis paleoantropológicos y genéticos. Entitat finançadora: Ministerio de Ciencia e Innovación. Programas de investigación fundamental no orientada Referència de la concessió:HAR2015-67323-C2-1-P. Durada: des de/d' 1/1/16 fins a 31/12/20. Investigador/a principal: Dra. M. Eulàlia Subirà.
- Títol del projecte: Cabezas cortadas en el oppidum ibérico de Puig Castellar (Barcelona): mujeres, hombres y jóvenes víctimas de la violència. Entitat finançadora: Fundación Palarq, Paleontología y Arqueología. Durada: des de/d' 1/8/19 fins a 31/7/20. Investigador/a principal: Carme Rovira, Dra ME Subirà.
- Títol del projecte: Anàlisi de greixos en terra, d'isòtops d'estronci i oxigen, isòtops estables del carboni i nitrogen, així com d'ADN en restes dipositades al Museu d'Arqueologia de Catalunya (Ullastret). Entitat finançadora: Agència catalana del Patrimoni Cultural. Durada: des de 2014 fins a 2015. Investigador/a principal: Dra. M. Eulàlia Subirà
- Investigador/a principal: Dra. M. Eulàlia Subirà. Títol del projecte: Estudi dels cranis i mandíbules de Puig Castellar dipositades al Museu d'Arqueologia de Catalunya. Barcelona. Entitat finançadora: Agència Catalana del Patrimoni Cultural. Durada: des 2013 fins 2014. Investigador/a principal: Dra. M. Eulàlia Subirà
- Títol del projecte: Anàlisi d'isòtops d'estronci dels individus enterrats a les necròpolis de les Roquetes (Tàrrega, Urgell), i de Sant Antoni (Cervera, Segarra)." Entitat finançadora: Agència Catalana del Patrimoni Cultural. Durada: des octubre 2021 fins novembre 2022. Investigador/a principal: Dra. M. Eulàlia Subirà

Resum

Aquesta tesi doctoral té com a objectiu general comprendre i definir la mobilitat de les poblacions del nord-est de la Península Ibèrica des del Neolític Mitjà fins a l'Edat Mitjana, inferint patrons de mobilitat de forma diacrònica i coherent amb els models socioeconòmics d'aquestes poblacions. Per aconseguir aquest objectiu, s'han utilitzat tècniques d'arqueologia biomolecular, concretament una anàlisi multiproxy de les ràtios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i $\delta^{18}O$ en restes humanes i animals. Amb la intenció de contextualitzar espacialment els resultats d'humans i individus, s'han recollit mostres modernes de sediment i vegetació al voltant dels jaciments estudiats per establir rangs referencials d'estronci biodisponible (BASr) i així poder discernir la mobilitat dels individus.

La solidesa d'aquestes tècniques per inferir la mobilitat de les societats passades és àmpliament reconeguda, malgrat la seva aplicació relativament recent en la disciplina. Tot i que aquests estudis són comuns en altres regions, al nord-est de la Península Ibèrica encara són escassos. Aquesta tesi contribueix amb anàlisis sistemàtiques en restes humanes i animals de diversos jaciments i amb un mostreig sistemàtic de les àrees geològiques circumdants per establir rangs referencials locals de BASr, avançant cap a un mapeig isotòpic de la regió.

Els jaciments estudiats inclouen poblacions del Neolític Mitjà (finals V mil·lenni – mitjans IV mil·lenni), el Bronze Inicial (inici - finals II mil·lenni), jaciments ibers del Ferro (segles VI-III/II ane) i de l'Edat Mitjana (segle XIV). Cada període planteja problemàtiques diferents, abordades mitjançant una revisió bibliogràfica exhaustiva i l'anàlisi comparativa de registres arqueològics amb la intenció de proporcionar una visió diacrònica dels patrons de mobilitat a cada període i associar-los amb els respectius models socio-econòmics. Finalment, es proposa una metodologia de mostreig estandarditzada amb l'ajuda de programari GIS, amb la intenció de facilitar la comparació i la interpretació dels resultats isotòpics en futurs estudis.

Resumen

Esta tesis doctoral tiene como objetivo general comprender y definir la movilidad de las poblaciones del nordeste de la Península Ibérica desde el Neolítico Medio hasta la Edad Media, infiriendo patrones de movilidad de forma diacrónica y coherente con los modelos socioeconómicos de estas poblaciones. Para conseguir este objetivo, se han utilizado técnicas de arqueología biomolecular, concretamente un análisis multiproxy de las ratios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ y $\delta^{18}O$ en restos humanos y animales. Con la intención de contextualizar espacialmente los resultados de humanos e individuos, se han recogido muestras modernas de sedimento y vegetación alrededor de los yacimientos estudiados para establecer rangos referenciales de estroncio biodisponible (BASr) y así poder discernir la movilidad de los individuos.

La solidez de estas técnicas para inferir la movilidad de las sociedades pasadas es ampliamente reconocida, a pesar de su aplicación relativamente reciente en la disciplina. A pesar de que estos estudios son comunes en otras regiones, en el nordeste de la Península Ibérica todavía son escasos. Esta tesis contribuye con análisis sistemáticos en restos humanos y animales de varios yacimientos y con un muestreo sistemático de las áreas geológicas circundantes para establecer rangos referenciales locales de BASr, avanzando hacia un mapeo isotópico de la región.

Los yacimientos estudiados incluyen poblaciones del Neolítico Medio (finales V milenio – mediados IV milenio), el Bronce Inicial (inicio - finales II milenio), yacimientos íberos del Hierro (siglos VI-III/II ane) y de la Edad Media (siglo XIV). Cada periodo plantea problemáticas diferentes, abordadas mediante una revisión bibliográfica exhaustiva y el análisis comparativo de registros arqueológicos con la intención de proporcionar una visión diacrónica de los patrones de movilidad en cada periodo y asociarlos con los respectivos modelos socioeconómicos. Finalmente, se propone una metodología de muestreo estandarizada con la ayuda de software GIS, con la intención de facilitar la comparación y la interpretación de los resultados isotópicos en futuros estudios.

Abstract

The general aim of this PhD thesis is to understand and to define the human from the populations that inhabited the north-eastern Iberian peninsula from the Middle Neolithic to the Middle Ages. The objective is to infer mobility patterns within a diachronic perspective. To achieve this goal, biomolecular archaeological techniques were used, specifically a multiproxy analysis of $^{87}Sr/^{86}Sr$ and $\delta^{18}O$ ratios in human and animal remains. In order to provide spatial analyses s, modern environmental samples were collected around the sites to establish reference ranges of bioavailable strontium (BASr).

The reliability of these techniques to infer the mobility of past societies is widely recognised, despite their relatively recent application in the discipline. Although such studies are common in other regions, they are still scarce in the north-east of the Iberian Peninsula. This thesis contributes with systematic analyses on human and animal remains from several sites and with a systematic sampling of the surrounding geological areas to establish local BASr reference ranges, moving towards an isotopic mapping of the region.

The sites include populations from the Middle Neolithic (late 5th millennium - mid 4th millennium), Early Bronze Age (early - late 2nd millennium), Iberian Iron Age (6th-3rd/early 2nd century BCE) and Middle Ages (14th century BCE). Each period poses different problems, addressed through an exhaustive bibliographical review and the comparative analysis of archaeological records with the aim of providing a diachronic view of the mobility patterns in each period and to associate them with their respective socio-economic models. Finally, a standardised sampling methodology is proposed with the aid of GIS software, aiming to facilitate the comparison and interpretation of isotopic results in future studies.

Agraïments

Malgrat que l'autor d'una tesi doctoral, de forma òbviament legítima, sigui qui es duu la majoria del mèrit per la realització d'aquesta feina, no existeix cap treball netament individual i aquesta tesi doctoral no és menys. Les persones darrere d'aquest document son moltes, multitud. Són tantes, que amb la intenció de reconèixer el mèrit d'algunes poques d'elles, escric aquest petit apartat d'agraïments al que tant m'ha costat posar límits.

El primer agraïment de tots ha d'anar a l'Alba Masclans. Gràcies a ella vaig entrar en contacte per primera vegada amb els isòtops, just acabat el màster i em va posar en contacte amb la que va acabar sent la meva directora de tesis. l'Eulàlia Subirà.

A l'Eulàlia l'he d'agrair la direcció de la tesis, però sobretot per rebrem i dirigir-me en aquestes primeres passes en el complex -i gens familiar per mi- mon de la bioarqueologia i dels isòtops. Però sobretot, per haver-me seguit ajudant en tot el possible inclús en els pitjors moments. Seguint amb la direcció d'aquesta tesi, gràcies a la Marta Díaz-Zorita Bonilla. Gràcies, Marta, per recollir-me a mitja tesi, amb el projecte ja començat i sense conèixer-me, i ajudar-me tant en el caòtic mon de l'arqueologia biomolecular (si en aquesta tesi hi ha algun Sr o algun O sense el seu ^{87} o sense el seu ^{18} no serà perquè ella no m'ho hagi dit). Gràcies per donar-me tants ànims en els pitjors moments. Per finalitzar amb les directores d'aquest treball, a l'Ariadna Nieto Espinet. Mai tindré paraules per agrair-te el grau d'implicació i d'ajuda que has aplicat en aquesta tesi. Gràcies per acceptar dirigir una tesi en els darrers moments i, malgrat això, haver-te implicat d'una forma tan increïble. Gràcies també per ensenyar-me que el Drive sembla tenir un límit de comentaris que pots fer en un document fins que comenci a morir.

A la Sílvia Valenzuela Lamas, la Teresa Fernández Crespo, Carlos Tornero, Paloma Gonzàlez Marcén i al Jonathan Santana-Cabrera per haver acceptat ser membres del tribunal d'aquesta tesi doctoral.

A tota la gent que m'ha format i que m'ha ensenyat una miqueta del que fan. Al Domingo Gimeno, per ajudar-me tant en els primers i en els últims moments de la tesi amb la revisió geològica i amb la primera sortida de camp.

A toda la gente de las Instalaciones de Investigación Avanzada del SGIker de la Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) por hacerme sentir tan cómodo y bienvenido durante la estancia doctoral. Especialmente, un agradecimiento que no cabe en este documento para Luís Ángel Ortega y Javier Rodríguez, por contestar a los millones de preguntas que les hacía durante las sesiones de laboratorio, incluso aquellas que ya habían respondido.

Al Eneko Iriarte Avilés i al Jacinto José Delgado, del Parque Científico-Tecnológico de la Universidad de Burgos i al Leopoldo D. Pena, del Servei del Laboratori d'Isòtops Radiogènics i Ambientals (LIRA) del GRC Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (UB), per totes les analítiques realitzades i per l'amabilitat rebuda. Especialment al Leopoldo, per haver-me salvat part de la tesis en l'últim moment, per culpa d'uns resultats que no arribaven.

Al Jordi Farré, per la seva ajuda amb les restes de Mas d'en Boixos depositades al Museu de les Cultures del Vi de Catalunya de Vilafranca del Penedès (VINSEUM) i a l'Oriol Saula i l'Anna Colet, del Museu Comarcal de l'Urgell (Tàrrega) per la seva inestimable ajuda i col·laboració amb les restes de la Necròpolis de Roquetes.

Al Diego López Onaindia, pel suport i a la Conxita Ferrer, Carme Rovira, Gabriel de Prado i Ferran Codina, per la seva ajuda amb l'estudi dels caps enclavats de Puig Castellar i Ullastret.

A tota la gent del Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, especialment a aquelles amb les que més estones compartíem, a les cafeteres xafarderes i expertes en tinglados: A l'Aida (des-agradecimientos), Maria, Caro, Paloma i Anna.

Als companys i amics de fa tants anys del laboratori de Prehistòria (aka FaBoMAH+): al Quim, al Roger, a l'Alejandro, a la Sara, al Robert, a l'Arnau, a la Laura, a l'Ermen, a la María, la Corina i la Míriam.

La realització d’aquesta tesi doctoral hagués estat, literalment, impossible si no fos per totes les companyes amb les que vam engegar, al 2019, un Doctorands en Lluita que va cristal·litzar en la consecució del quart any de contracte. Una abraçada enorme a totes elles i a les companyes de la CGT.

A la família del Can Capa (el millor Casal dels PPCC) i a la família de la Família de Sabadell: a l’Àlex, a la Laia (i al Nel), a la Carla, a la Idoia, a la Marta, a la Bet, a la Marina, a la Mire, a la Meri, al Gerard (i a la Piga). Visca els llamps!

A tota la gent d’Estrat Jove, als que hi van ser i als que encara hi son.

A la María Dolores, per aquests darrers 5 anys passant-nos fotos dels gats de la UAB i per tota la companyia (i la portada de la Tesi!).

A la Núria, per tants anys compartint-ho tot, per salvar-me el Nadal del Covid (i a ta mare!) i per la teva amistat.

Al Guillem, per ser la primera persona de Catalunya amb la que vaig fer amistat i per haver-la mantingut tants anys. Per tots els cafès a les 8 del matí durant aquests darrers 5 anys (què necessaris eren aquests moments) i per tota l’ajuda, tant a la tesi com fora d’ella.

A la Júlia, per arribar-hi, per ser-hi i per quedar-s'hi.

Grazas a Xei, Ángel, Bea, Ángel, Santi, Javi, Amaia, Martín, Alex, Víctor e todas as que aínda estades.

Á miña irmá.

Á miña familia, por todos estes anos lonxe, aínda que preto.

Ós meus avós, ós que puideron ver rematada esta cousa e mais os que non.

Taula de continguts

Bloc 1. Introducció 1

1.1. Introducció: Punt de partida, objectius i preguntes de recerca 1

1.2. Estructura de la Tesi 4

Bloc 2. Marc teòric: L'anàlisi de la mobilitat al registre arqueològic 6

2.1. La mobilitat com a concepte sociològic 7

2.2. L'arqueologia biomolecular aplicada a l'estudi de la mobilitat 10

2.3. Principis de l'anàlisi isòtops d'estronci i oxigen en estudis de mobilitat humana 13

2.3.1. Estronci 13

2.3.2. Oxigen 18

2.4. Estudis previs sobre mobilitat humana a la Península ibèrica entre el Neolític i l'època medieval. Quina és la situació al NE peninsular? 23

2.5. La geologia del NE peninsular i les bases de l'estronci biodisponible ... 27

Bloc 3. Mètodes 34

3.1. Plantejament de les estratègies de mostreig 35

3.1.1. Recollida i emmagatzematge de les mostres 35

3.1.2. Anàlisi al laboratori 45

3.1.3. Anàlisi de les dades i representació gràfica dels resultats 58

3.1.4. Conceptualització de la localitat/no localitat i proposta de mètode . 60

Bloc 4. Materials 59

4.1. Neolític Mitjà 63

4.1.1. Context cronocultural 63

4.1.2. La Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental) 65

4.1.2. Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès) 79

4.2. Bronze Inicial 90
4.2.1. Context cronocultural 90
4.2.2. Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès) 91
4.3. Edat del Ferro - Època Ibèrica 100
4.3.1. Context cronocutural 100
4.3.2. Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelona) 104
4.3.3. Puig de Sant Andreu (Ullastret, Baix Empordà) 112
4.4. Edat Mitjana 123
4.4.1. Context cronocultural 123
4.4.2. Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell) 125
Bloc 5. Resultats 129
5.1. La geologia del NE de la Península Iberica i el referencial d'estronci biodisponible (BASr) 135
5.2. Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès) 140
5.2.1. Mas d'en Boixos al Neolític Mitjà 140
5.2.2. Mas d'en Boixos al Bronze Inicial 144
5.3. Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental) 148
5.4. Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelonès) 156
5.5. Puig de Sant Andreu (Ullastret, Baix Empordà) 165
5.6. Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell) 173
Bloc 6. Discussió 178
6.1. Referencials d'estronci biodisponible al NE peninsular 185
6.2. Explorant els canvis en els patrons de mobilitat humana al NE peninsular entre el Neolític i l'època medieval 193
6.2.1. Patrons de mobilitat durant la Prehistòria Recent en el NE de la Península Ibèrica 193

6.2.2. Territorialització i mobilitat durant l'Edat del Ferro: Una aproximació a través de l'anàlisi isotòpic dels caps tallats de Puig Castellar (Barcelona) i Ullastret (Girona) 219

6.2.3. El Pogrom de Tàrrega de 1348. Mobilitat entre comunitats a l'època medieval 233

6.3. La mobilitat al NE de la Península Ibèrica des d'una perspectiva diacrònica i sociocultural 239

Bloc 7. Conclusions i perspectives de futur 243

7.1. Conclusions 251

7.2. Perspectives de futur 256

Bloc 1. Introducció

1.1. Introducció: Punt de partida, objectius i preguntes de recerca

L'objectiu general d'aquesta tesi doctoral és entendre i definir com es movien les poblacions del nord-est de la Península Ibèrica, en un lapse de temps que abasta des del Neolític Mitjà fins l'Edat Mitjana, alhora que s'infereixen patrons de mobilitat de forma diacrònica i consistent amb els models socioeconòmics d'aquestes poblacions.

Aquest objectiu s'ha dut a terme gràcies a l'arqueologia biomolecular. Més específicament, a l'anàlisi de les ràtios isotòpiques de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ en restes humanes i (en alguns casos) animals. Per a poder definir els patrons de mobilitat d'aquestes poblacions, apart de l'anàlisi en els propis individus, es van recollir mostres modernes de sediment i vegetació al voltant dels jaciments estudiats (<2km), a fi d'establir uns rangs referencials d'estronci biodisponible (BASr) de cada zona, per a poder discernir quins individus se'n surten de l'habitual dels valors referencials i, en connivència amb la geologia de la zona, poder contextualitzar la mobilitat humana i animal. En aquest sentit, pel fi que busca assolir aquest treball, es realitzà una proposta de conceptualització de què es considera local/no local, consistent amb alguns estudis recents que es basen en la lògica de les àrees de captació de recursos (Cavazzuti et al., 2019; Snoeck et al., 2016) però assimilant les dades amb les unitats geològiques analitzades.

Malgrat ser unes tècniques "relativament" joves en la seva aplicació a la disciplina, la solidesa d'aquests mètodes per inferir la mobilitat de les societats passades està fora de tot dubte (Ahlström & Price, 2021; Bentley & Knipper, 2005; Britton et al., 2022; Cavazzuti et al., 2019; Díaz-del-Río et al., 2022; Kalenderian et al., 2023; Maurer et al., 2012; Pederzani & Britton, 2019; Snoeck et al., 2018). Tot i el gran impuls que aquests estudis han tingut en altres territoris, al NE de la Península encara hi ha pocs estudis específics d'aquesta metodologia, encara que poc a poc comencen a aplicar-se aquests mètodes en contextos d'arqueozoologia (Albizuri et al., 2019; Messana et al., 2023; Valenzuela-Lamas et al., 2016, 2018, 2023) i de restes humanes (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021).

La aportació d'aquest treball és doble: Per un costat, la realització i posada en comú de múltiples anàlisis en restes humanes i animals de diversos jaciments al NE peninsular. Per un altre, la realització d'un mostreig sistemàtic de les diverses àrees geològiques que envolten els jaciments estudiats per a determinar els rangs referencials locals de BASr i proposar uns rangs referencials per unitats geològiques, a fi de començar a donar passes cap a la realització d'un mapeig isotòpic de tot el NE de la Península Ibèrica, en sintonia al que s'ha fet amb altres territoris (Adams et al., 2019; Bataille et al., 2020; Evans et al., 2010; Hoogewerff et al., 2019; Kootker et al., 2016; Snoeck et al., 2020; Willmes et al., 2018, 2018). Per l'assoliment d'aquest objectiu, en aquest treball es proposa una metodologia de mostreig, amb ajuda de programari GIS, amb la intenció d'estandarditzar la recollida de mostres per a la proposta dels referencials locals. Aquest fet és important per a afavorir la difusió i posada en comú dels resultats isotòpics obtinguts mitjançant bases de dades d'accés obert. Aquestes bases de dades col·laboratives son fonamentals per l'avanç d'aquesta metodologia, en tant a que permeten contextualitzar resultats entre diversos estudis i faciliten la interpretació en estudis que no realitzin presa de mostres referencials.

Els jaciments que s'estudien en aquest treball son les poblacions del Neolític Mitjà (4156-4076/3626-3573 cal ANE) de La Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental) i de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès), l'assentament del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos (1900-1300 cal ANE), els caps tallats dels jaciments ibers del Ferro (s. IX – III ane) de Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelonès) i del Puig de Sant Andreu (Ullastret, Baix Empordà) i, finalment, individus de les fosses del pogrom de l'any 1348 dne de la Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell).

A cada període ens trobem una problemàtica diferent que s'ha respost en tant als estudis previs realitzats a cada període i a cada jaciment:

Al Neolític Mitjà es busca determinar els patrons de mobilitat per part d'aquestes societats, realitzant la anàlisis comparativa en dos jaciments (Mas d'en Boixos i la Bòbila Madurell/Can Gambús) amb algunes diferències clau en el registre, com poden ser la nombrosa presència de materials i objectes exògens al Vallès en contra de l'escassesa d'aquests materials que es veu al Penedès.

Al Bronze Inicial es busca definir el patró de mobilitat de Mas d'en Boixos en aquest període i comparar-lo amb l'assentament del Neolític Mitjà, per esbrinar diferències en àrees de mobilitat, captació de recursos i explotació del territori.

A Puig Castellar i el Puig de Sant Andreu es busca donar resposta a les qüestions plantejades pel registre arqueològic en relació a la motivació existent darrere de la pràctica dels caps tallats ibers mitjançant la definició de la mobilitat d'aquests individus.

A la Necròpolis de Roquetes, en el marc de l'anàlisi de les fosses on es van inhumar les víctimes jueves del pogrom de Tàrrega al 1348, s'intentà determinar l'existència de mobilitat entre comunitats relativament properes (12km en línia recta) en un context com el de la Plana de Ponent, característic per la seva homogeneïtat geològica.

Com es pot veure en el nombre tant diferent de jaciments i períodes tractats, un dels grans reptes que entoma aquest treball es, precisament, l'harmonització de registres quantitativa i qualitativament molt diferents, una densa i voluminosa revisió bibliogràfica i articular una proposta de patrons de mobilitat diacrònics derivats dels models socioeconòmics d'aquestes poblacions.

1.2. Estructura de la Tesi

Per les característiques i la naturalesa de les dades arqueològiques que formen la base d'aquesta tesi doctoral, inicialment es va optar per presentar un compendi de publicacions. De totes maneres, diverses circumstàncies alienes al control de l'autor d'aquest treball (com per exemple, la pandèmia de la COVID-19) van provocar l'alteració d'aquesta intenció. Per això, finalment el document de la tesis es troba estructurat en 8 blocs.

El Bloc 1 presenta una breu introducció del marc de recerca en el que s'exposa el punt de partida i els objectius, tant els generals de la tesi com els específics de cada període històric.

Al Bloc 2 es desenvolupa el marc teòric, es delimita la mobilitat com l'objecte d'estudi i es presenten dos estats de la qüestió: un al respecte dels diferents mètodes més utilitzats des de l'arqueologia biomolecular aplicada als estudis de mobilitat i un altre sobre els estudis existents al NE de la Península Ibèrica aplicats en mobilitat. També s'exposen els principis metodològics i les característiques químiques dels isòtops d'estronci i d'oxigen. Al darrer capítol es presenta el marc geogràfic en el que es desenvolupa la tesi i sobre les característiques geològiques del NE.

El Bloc 3 és a on es desenvolupen els mètodes aplicats en aquest treball. Es divideix en diversos capítols. Per un costat es presenten els protocols de mostreig dels individus i de l'estronci biodisponible. Per un altre, la metodologia seguida en les anàlisis de laboratori dels isòtops d'estronci i d'oxigen. Després es fa una síntesi dels mètodes seguits en l'estadística aplicada i en la representació gràfica dels resultats. Finalment, al darrer capítol, es planteja una proposta de conceptualització de com es tractarà la dicotomia local/no local derivada dels resultats d'isòtops per mobilitat.

Al Bloc 4 es descriuen els materials estudiats en aquest treball amb una síntesi cronocultural dels períodes i problemàtiques tractades. Es desenvolupen diversos capítols en els que s'introdueixen els jaciments estudiats i es resumeix la història de la recerca i el context arqueològic de cadascun d'ells. Finalment, es descriuen els conjunts de materials estudiats.

El Bloc 5 es a on es presenten els resultats derivats de les anàlisis d'estronci i d'oxigen dels humans, animals, sediment i vegetació. Es desglossen els resultats amb un capítol per jaciment, havent presentat primer, però, una síntesi dels resultats de les mostres de sediment i vegetació utilitzades per a definir el BASr al NE de la Península Ibèrica.

El Bloc 6 és el apartat a on es desenvolupa la discussió dels resultats. Aquí també es fa una interpretació dels resultats generals d'estronci pel NE peninsular que permet proposar les basses sobre les quals s'estructurarà el debat a cada jaciment. En aquest sentit, els capítols referits específicament a la discussió dels resultats dels jaciments s'estructuren en tant a períodes, conformant així un capítol en el que s'interpreten els resultats de la prehistòria recent (Neolític i Bronze) als jaciments de la Bòbila Madurell/Can Gambús i de Mas d'en Boixos, un altre capítol pels caps tallats ibers de Puig Castellar i el Puig de Sant Andreu i un capítol sobre el pogrom de Tàrrega al 1348. El darrer capítol d'aquest bloc és una síntesi de tots els resultats presentats a la tesi i a on es proposa un model de mobilitat diacrònic pel NE de la Península Ibèrica.

Finalment, al Bloc 7 es resumeixen les conclusions d'aquest treball i es proposen diverses perspectives de futur a partir de la feina presentada en aquesta tesi doctoral.

Bloc 2. Marc teòric: L'anàlisi de la mobilitat al registre arqueològic

2.1. La mobilitat com a concepte sociològic

"La geografia és la història en el lloc, la història és la geografia en el temps."

— Élisée Reclus, L'Homme Et La Terre - Livre I

El moviment humà, que va des de la immobilitat fins a la hipermobilitat, és fonamental per a l'experiència humana. La mobilitat afecta la salut individual, l'accés als recursos i la interacció social en un continu d'escales espacials, temporals, demogràfiques i culturals (Kuhn et al., 2016; Salazar & Smart, 2011).

La mobilitat s'entén com la capacitat de desplaçament d'individus o grups al llarg del temps i l'espai, condicionada per una estructura social determinada. Aquesta definició no entén la mobilitat només com l'acte físic de moure's, sinó també els factors socials, culturals, econòmics i polítics que fomenten, organitzen i restringeixen certs moviments.

La mobilitat i com definir-la i explicar-la arqueològicament ha interessat a l'arqueologia des de pràcticament el principi de la disciplina (entre otros: Childe, 1963; Gimbutas & Hencken, 1956; Ingold, 1993; Montelius, 1899; Renfrew, 1990; Vita-Finzi et al., 1970). En els darrers anys, a partir de diverses publicacions (Beaudry & Parno, 2013; Kintigh et al., 2014; Kristiansen, 2014; Price, 2023), s'ha ressaltat la importància del debat sobre la mobilitat en l'àmbit de l'arqueologia, defensant la necessitat d'entendre per a què s'han mogut els humans al llarg de la història i com s'han adaptat a noves àrees i diferents ambients i com això ha provocat (o ha vingut provocat) per certs canvis socials i culturals. Donar resposta a aquestes preguntes és el que acaba per definir l'enteniment de la mobilitat humana: Quines son les relacions entre l'entorn, les dinàmiques de població, els patrons d'assentament i de mobilitat?.

Un dels reptes que tenim des de l'arqueologia és entendre les relacions entre el moviment i la cultura material, i per això des de la disciplina hem tingut dificultats per identificar diferents formes i nivells de mobilitat. Molts estudis s'han centrat en les conseqüències que va tenir el procés de sedentarització, en com una suposada mobilitat més reduïda hauria precipitat canvis dramàtics en

l'emmagatzematge d'aliments, el comerç, la territorialitat, la desigualtat social i de gènere, els patrons de divisió sexual del treball, la subsistència i la demografia (p.e: Draper, 1975; Hayden, 1990; Hayden et al., 1981; Keeley, 1988; Kelly, 1991), així com en les nocions culturals de riquesa material, privacitat, individualitat, cooperació i competència (Gregg, 1991; Kelly, 1992). I es que els diversos patrons de mobilitat impacten de manera diferent en l'estructura d'un assentament, en l'organització política i social i en altres aspectes de la societat i del comportament, de manera reconeixible arqueològicament (p.e: Kent, 1992).

Els condicionants de la mobilitat humana són els factors que, interactuant entre ells, afavoreixen o restringeixen la capacitat, la necessitat o l'oportunitat de mobilitat dels diferents individus o grups d'una societat. Aquests condicionants poden manifestar-se com el conjunt de coneixements, habilitats i competències adquirides pels individus al llarg de la seva vida i com la societat en el seu conjunt estructura les xarxes de relacions socials, la disponibilitat de recursos i les necessitats socials.

La manera com es relacionen aquests condicionants defineix el tipus de mobilitats en una societat: Qui i com es pot moure? En aquest sentit, la mobilitat es pot caracteritzar de diverses maneres segons el seu l'objectiu, però també segons el context en què es desenvolupa. Els moviments migratoris, la transhumància, la transtermitància, mobilitat local per a l'obtenció de recursos, l'intercanvi de bens i objectes, etc., són tipus de mobilitat amb objectius ben diferenciats.

En aquest treball, ens proposem explorar la mobilitat des d'una perspectiva social i política, els diferents patrons de mobilitat i les seves implicacions socials. Examinarem els factors sociopolítics que han pogut condicionar i afavorir un tipus de mobilitat en funció de les necessitats socioeconòmiques i les dinàmiques de poder. Així mateix, considerarem com aquests patrons de mobilitat reflecteixen i influencien les estructures socials i culturals de les societats antigues.

La mobilitat humana és un fenomen complex i multidimensional que implica una sèrie de factors interconnectats. A nivell antropològic i arqueològic, és essencial comprendre no només els moviments físics de les poblacions, sinó també les motivacions, els obstacles i les conseqüències d'aquests moviments. Mitjançant

aquesta investigació, pretenem oferir una visió multidisciplinar i diacrònica de la mobilitat humana en el context de les societats antigues, contribuint a una millor comprensió de les dinàmiques socials i culturals que van modelar aquestes comunitats al llarg del temps.

2.2. L'arqueologia biomolecular aplicada a l'estudi de la mobilitat

L'anàlisi d'isòtops estables i de les relacions que existeixen entre ells és una eina cada cop més present en l'arqueologia donats els avantatges que aporten en l'estudi de les poblacions antigues. Específicament la seva utilització per l'estudi dels patrons de mobilitat ha vist multiplicat exponencialment el seu impacte en la disciplina en els darrers 20 anys (Britton et al., 2022). Avui dia, els isòtops més utilitzats per estudiar la mobilitat son l'estronci (Sr), l'oxigen (O), el plom (Pb) i el sofre (S). En aquest apartat es desenvoluparà mes profundament les aplicacions dels isòtops de plom i de sofre, en tant a que l'estronci i l'oxigen es desenvolupen amplament al apartat 2.3 d'aquest capítol.

Els primers estudis que utilitzaven l'estronci en l'arqueologia (Craig & Craig, 1972; Herz & Dean, 1986) ho aplicaven sobretot en minerals. A la dècada dels anys 80 es publica la primera metodologia aplicada específicament a l'estudi de les ràtios d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ per l'estudi de mobilitat en humans (Ericson, 1985) i a les dècades següents comencen a aparèixer els primers estudis que ressaltaven la importància de mesurar l'estronci biodisponible (Price et al., 2002; Sillen et al., 1998). A dia d'avui existeixen múltiples resums metodològics publicats (Bentley, 2006; J. A. Evans et al., 2010; Makarewicz & Sealy, 2015; Maurer et al., 2012; Montgomery, 2010; Price et al., 2002; Price, 2023; Slovak & Paytan, 2012) i s'ha avançat molt en les discussions pel que fa a la experimentació de com es manifesten les ràtios isotòpiques i sota segons quines condicions (Britton et al., 2022; Snoeck et al., 2021; Weber et al., 2020). En l'actualitat, una de les principals motivacions de la recerca és la de poder generalitzar els mapejos d'amples àrees d'estudi i la realització de isoscapes que permetin registrar amples variacions a les ràtios d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ (Adams et al., 2019; Bataille et al., 2018, 2020; Díaz-del-Río et al., 2022; Hedman et al., 2018; Scaffidi & Knudson, 2020; Snoeck et al., 2020; West et al., 2010; Willmes et al., 2018).

Inicialment utilitzats com a forma de mesurar la temperatura a diversos estudis paleoclimàtics (Dansgaard, 1964), els isòtops de $\delta^{18}O$ es van aplicar per primera vegada en restes de mamífers del Pleistocè (Longinelli, 1984) però ràpidament es van començar a aplicar en estudis de mobilitat de poblacions (Bryant et al.,

1996; White et al., 1998). La seva principal aplicació en l'arqueologia és la de l'estudi de la mobilitat en poblacions antigues (Balasse, Boury, et al., 2012; Bentley & Knipper, 2005; Lightfoot & O'Connell, 2016; Pederzani & Britton, 2019) i en recerca aplicada a models de mobilitat altitudinal estacional en fauna arqueològica (Balasse et al., 2003; Balasse, Obein, et al., 2012; Messana et al., 2023; Tejedor-Rodríguez et al., 2021; Tornero et al., 2013).

Els isòtops de plom es van començar a fer servir per a estudiar la procedència d'artefactes metàl·lics, sobretot de coure i de bronze. Els primers estudis aplicats a humans (Montgomery, 2002; Montgomery et al., 1999) barrejaven aquests anàlisis amb estudis d'estronci. Un dels treballs més famosos és el realitzat per Müller et al. (2003) a la mòmia trobada als Alps anomenada "Ötzi". Els isòtops de plom (^{204}Pb, ^{206}Pb, ^{207}Pb i ^{208}Pb) poden provenir d'orígens naturals (principalment, meteorització geològica i processos volcànics) o antropogènics (J. A. Evans et al., 2022). La variació dels isòtops de plom obeeix a l'edat geològica del subsol i de les quantitats prèvies d'isòtops de urani i de tori i, les ràtios presents a l'esmalt dental emmirallen les de la ingesta alimentària. De totes maneres, la concentració dels isòtops de Pb a les restes humanes de poblacions antigues és molt baixa i esta supeditada a processos de contaminació per diagènesi. A això se li suma que, avui dia, és pràcticament impossible trobar algun racó del planeta sense ingents quantitats de plom industrial o antropogènic (Kamenov & Krigbaum, 2023). Això permet establir fàcilment les diferències entre plom preindustrial i post-industrial i així poder esbrinar processos de diagènesi en contextos funeraris preindustrials (Kamenov et al., 2018). Així mateix, la utilització del plom a Europa des de l'Edat del Ferro en processos de mineria o a l'època Romana pel que fa a les instal·lacions de canonades de plom d'aigües subterrànies permet distingir poblacions de diverses àrees en les que aquests efectes no hi eren tan presents (Kamenov & Krigbaum, 2023; Montgomery, 2010).

Finalment, pel que fa al sofre (δ^{34}S), la primera vegada que es van mesurar valors de restes arqueològiques va ser als 90 per a la realització d'estudis de dieta (Leach et al., 1996) i no va ser fins uns anys més tard que es va començar a aplicar als estudis de mobilitat (Richards et al., 2001). El sofre i les seves ràtios isotòpiques (^{34}S/^{32}S, δ^{34}S) es mesuren en el col·lagen ossi humà per a servir-se

com indicador de mobilitat. Com el col·lagen es renova al llarg de la vida de l'individu, es adequat per a determinar la mobilitat durant etapes posteriors. A més de servir, aquestes mesures, també com a indicadors dietètics (Nehlich, 2015). El sofre està present al col·lagen humà a un únic aminoàcid, la metionina. Anteriorment, l'anàlisi d'aquest isòtop plantejava seriosos reptes degut a la gran quantitat de col·lagen necessària per a mesurar les relacions isotòpiques (fins a 10mg). De totes maneres, les millores recents en el mètode permeten realitzar mesures simultànies de carboni ($\delta^{13}C$), nitrogen ($\delta^{15}N$) i de sofre ($\delta^{34}S$) de la mateixa mostra (Richards, 2023). Els mètodes de flux continu permeten el mesurament d'isòtops de sofre a partir de mostres de col·lagen molt més petites mitjançant l'addició d'una columna GC termorretráctil (Sayle et al., 2019), que només requereix 1,5 mg de mostra. La metionina, l'aminoàcid que es mencionava abans, no el pot sintetitzar el cos humà, pel que s'obté directament del consum de plantes i animals (Richards, 2023). Les proporcions de sofre presenten un fraccionament mínim en el col·lagen (ca. 1-1,5‰) i s'originen o bé al subsol geològic o a partir de dipositar-se en el sòl mitjançant la pluja o l'aerosol marí (Nehlich, 2015), essent posteriorment ingerides i assimilades pels éssers humans. Els individus amb dietes terrestres que resideixen en regions costaneres poden presentar valors de sofre intermedis entre els valors marins i terrestres, mentre que els humans amb dietes terrestres que es troben lluny de la costa tenen valors de sofre molt més pròxims als valors de sofre del subsol geològic.

2.3. Principis de l'anàlisi isòtops d'estronci i oxigen en estudis de mobilitat humana

L'ús de les proporcions isotòpiques d'estronci i oxigen en restes humanes o animals s'ha utilitzat sovint en connivència amb la comparació dels valors dels individus amb els de la zona d'enterrament per a poder discernir diferències per avaluar la procedència i reconstruir la mobilitat d'individus de les societats passades.

El com es manifesta la proporció isotòpica en el cos humà o animal i el com es relaciona amb l'entorn local varia segons l'element o isòtop analitzat. La litologia o el període formatiu d'una zona geològica, les condicions climàtiques, el tipus de sòl, l'escorrentia, els patrons de precipitació, la distribució de la vegetació, els factors antròpics, etc. Són molts els factors que influencien la distribució dels isòtops a l'entorn. En aquest apartat, s'explicaran tots aquests aspectes dels isòtops utilitzats en aquest treball: l'estronci i l'oxigen.

2.3.1. Estronci

L'estronci té diversos isòtops estables ($\delta^{84}Sr$, $\delta^{86}Sr$, $\delta^{87}Sr$). Malgrat ser el $\delta^{87}Sr$ un isòtop estable, es genera a partir del decaïment del rubidi-^{87} ($\delta^{87}Rb$) i la seva abundància relativa en relació al total d'estronci depèn de la quantitat de $\delta^{87}Rb$ present al tipus de geologia i al seu procés formatiu (Bentley, 2006; Dickin, 1995; Diez-Fernández, 2019; Faure, 1977; Hoppe et al., 2003; Stewart et al., 1998). Degut a això és per el que cada zona o territori geològic mostra un rati isotòpic d'estronci $^{87}Sr/^{86}Sr$ diferent.

Els isòtops radiogènics d'estronci son traslladats des del substrat geològic cap a la cadena tròfica i d'allà cap a les plantes i animals d'un territori, substituint el calci en l'estructura de la hidroxiapatita de l'os al formar-se (Bentley, 2006; Bocherens & Drucker, 2003; Carames-Pasaron et al., 2012; Hoppe et al., 2003; Hoppe & Koch, 2007; Price et al., 2002). Com a resultat d'això, l'estronci s'incorpora a l'esmalt de les dents i als ossos, reflectint així l'estronci biodisponible de la zona originaria dels productes que aporten aquests isòtops als individus (Comar et al., 1957; Toots & Voorhies, 1965). L'esmalt dentari, format durant la infància, roman sense modificacions i emmiralla la composició

geològica de la localització a on es va mineralitzar aquesta dent. Els ossos, pel contrari, son més susceptibles a alteracions per diagènesi (Lee-Thorp & Sponheimer, 2003; Nelson et al., 1986; Price et al., 2002) i el seu rati $^{87}Sr/^{86}Sr$ es va equilibrant amb l'estronci adjacent de l'enterrament o de l'entorn directe. És per això que en els casos que exposem en aquesta tesi només s'han analitzat dents. De totes maneres, estudis recents apunten a que els ossos calcinats no semblen mostrar gaire contaminació per diagènesi, degut a que el foc ajuda a la fixació dels valors originals d'estronci a l'os, tancant-lo així a influències externes (Snoeck et al., 2015; Vaiglova et al., 2023).

Com s'ha mencionat al començament d'aquest apartat, la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ varia a cada regió en relació a la composició litològica i al procés formatiu de la geologia local. Aquesta informació és transferida cap a les plantes i animals de la zona per la cadena tròfica i com l'estronci comporta un fraccionament mínim en el seu pas pel ecosistema, permet la comparació dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ entre diferents tipus de mostres (Bowen et al., 2009; Bowen, 2010a; Ehleringer et al., 2010; J. A. Evans et al., 2010; Hoppe & Koch, 2007). És aquest procés el que ens permet inferir la mobilitat humana i animal d'un jaciment arqueològic havent determinat per avançat la ràtio referencial d'estronci (Figura 2.1).

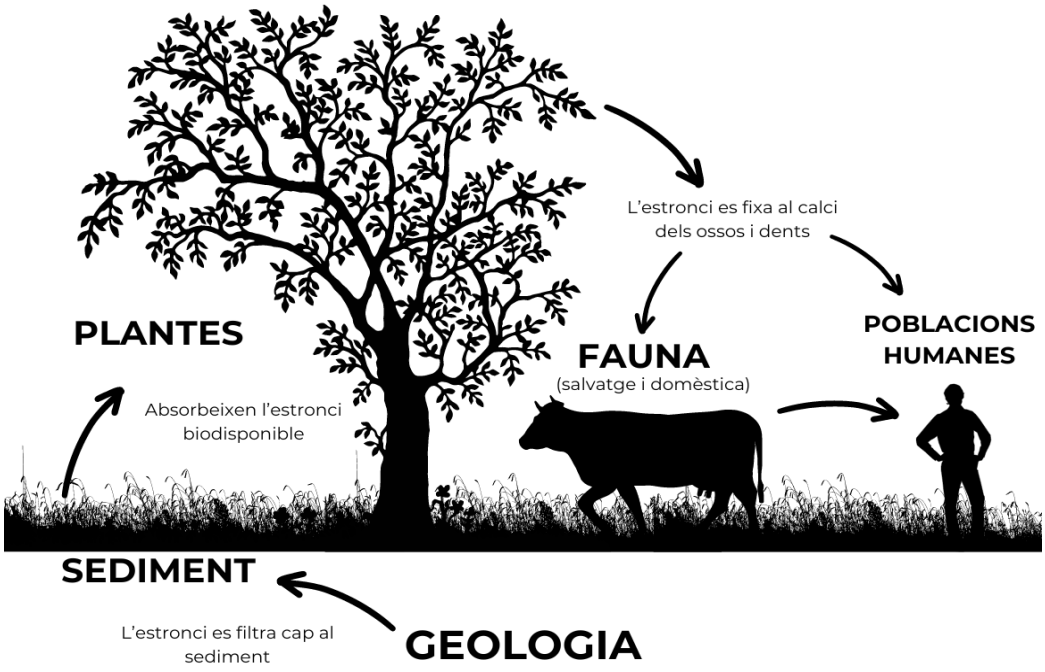


Figura 2.1. Cicle que segueix l'estronci biodisponible des de que es filtra cap al sediment des del subsol geològic fins arribar a la vegetació i animals d'una zona (elaboració pròpia).

Per tant, degut a que la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ en humans i animals reflexa l'ambient local, en estudis com el que ocupa aquesta tesi doctoral es fa crucial determinar l'estronci biodisponible local per poder entendre els patrons de mobilitat tant de animals com de persones (Bentley et al., 2004; Böhlke & Horan, 2000; Bowen et al., 2009; Bowen, 2010a; Ehleringer et al., 2010; J. A. Evans et al., 2010; Hobson et al., 2010; Hoppe & Koch, 2007). Per a poder establir el rang local d'estronci és fa necessari, per tant, recol·lectar materials representatius de l'estronci biodisponible de la zona que s'estigui estudiant.

L'estronci es pot trobar en la terra, l'aigua i les plantes, el que ens permet tenir varies fonts d'obtenció d'aquesta informació. Els recursos més utilitzats son el sediment, les plantes, la petita fauna invertebrada (com insectes) i restes de fauna (salvatge o domèstica, arqueològica o moderna). Cadascuna d'aquestes opcions té les seves fortaleses i debilitats, permetent-nos així diverses aproximacions diferents.

Pel que fa l'aigua superficial (rius, llacs, gorgs) el principal problema que té com a bona font d'informació és la incertesa de si ha estat alterada la seva composició isotòpica, en particular degut als residus químics de les industries o de l'escorrentia agrícola, que afecten a la composició química (Casado et al., 2019). Malgrat això, diversos estudis han intentat desenvolupar isoscapes basades en dipòsits d'aigua superficial (Frei & Frei, 2013; Wang et al., 2018). Pel que sembla, a més a més, analitzar l'aigua superficial pot no aportar el mateix nivell de precisió que altres mostres (Britton et al., 2020; Hamilton et al., 2019).

L'aigua subterrània (aqüífers) comporta un altre sèrie de problemàtiques, ja que més enllà del factor de la contaminació moderna que pugui alterar la ràtio isotòpic, podria no representar l'estronci biodisponible de forma acurada degut a la seva tendència a emmirallar la composició isotòpica de les formacions geològiques adjacents més que l'estronci consumit per les poblacions humanes o animals que ens interessen (Adams et al., 2019; J. A. Evans et al., 2010; Frei & Frei, 2013; Maurer et al., 2012; Voerkelius et al., 2010; Wang et al., 2018).

El sediment o la terra és una de les mostres més utilitzades, però els efectes de l'agricultura moderna (aportació forana de terra, fertilitzants, pesticides, etc.) pot

alterar els resultats isotòpics (Adams et al., 2019; Hoogewerff et al., 2019; Maurer et al., 2012; Willmes et al., 2018) i això s'ha de tenir en compte de cara al procés de mostreig de sediment. Els afloraments de roca mare també son una opció que a vegades s'ha tingut en compte, però és desaconsellable mostrejar-los amb intenció d'analitzar poblacions humanes i animals, degut a que no representaran la ràtio isotòpic de l'estronci biodisponible, sinó que ho faran del llit geològic (Hamilton et al., 2019; Vitousek et al., 1999; Warham, 2013).

Les plantes modernes son una de les fonts més fiables d'estronci local biodisponible (Adams et al., 2019; Britton et al., 2020; J. A. Evans et al., 2010; Maurer et al., 2012; Montgomery, 2010; Ryan et al., 2018; Snoeck et al., 2020; Willmes et al., 2018). De totes maneres, basar-se exclusivament en plantes modernes per a determinar l'estronci local d'un territori pot presentar reptes, com per exemple que una sola espècie de planta pot no representar de forma acurada el ventall de variabilitat isotòpica d'un àrea. Això es pot solucionar agafant un gran nombre de mostres o homogeneïtzant-les, aconseguint que múltiples plantes dins d'un radi acabin formant una única mostra durant el processat (Johnson, 2018). A més a més, és important considerar que les diferències a les arrels de es plantes, ja que les plantes d'arrel curta i les d'arrel llarga poden emmirallar diferents ratis isotòpics de les capes més profundes de la roca, el qual pot acabar afectant a la mostra (Britton et al., 2020; Hartman & Richards, 2014).

Dintre dels insectes, el recurs més habitual per extreure estronci son les closques de cargol, ja que habitualment es consideren un recurs molt fiable per mesurar estronci local (Britton et al., 2020; J. A. Evans et al., 2010; Maurer et al., 2012; Villalba-Mouco et al., 2020). De totes maneres, sembla que les closques son més susceptibles a reflectir la ràtio isotòpic de les plantes d'arrel curta (Hartman & Richards, 2014) i poden ser fàcilment influïdes químicament per les característiques químiques del sediment modern. Inclús s'ha trobat que algunes espècies de cargol poden ser influenciades en gran manera pels ratis isotòpics de l'aigua de pluja (J. A. Evans et al., 2010).

La fauna, tant l'arqueològica com la moderna, també és un mitjà molt útil de cara a poder determinar l'estronci local d'un territori (Adams et al., 2019; Maurer et al., 2012). Les restes animals trobades en contextos arqueològics poden ser utilitzats per anàlisis d'estronci, ja que el seu rang de mobilitat territorial pot ser

considerat representatiu del consum humà (Crowley et al., 2017). Els animals petits que no migren també solen ser bons indicadors, degut a la seva limitada mobilitat territorial i la seva curta esperança de vida, permetent a les seves restes reflectir ratis isotòpics d'un termini de temps molt limitat (Hedman et al., 2018; Kootker et al., 2016; Serna et al., 2020). De totes maneres, s'ha de tenir en compte que els mamífers petits, com els rosegadors comensals, poden ser transportats fora del seu ecosistema local de forma no intencional degut a activitats humanes com el transport d'objectes, l'intercanvi o el comerç (Perry et al., 2008). Espècies com els porcs domèstics, a més de tenir àrees d'estabulació més petites, solen ser també bons representants de la dieta i consum humà (J. A. Evans et al., 2009) al igual que passa amb els gossos (Guiry, 2012). Tot i així, és important tenir en compte que les pràctiques d'alimentació, pasturatge i els patrons de mobilitat dels animals domèstics son habitualment controlats per les pràctiques socials de les comunitats humanes (Makarewicz & Sealy, 2015; Valenzuela-Lamas et al., 2018) i a cada context arqueològic es poden donar circumstàncies que propiciïn un estudi més o menys depenent de la fauna domèstica. Si les pràctiques ramaderes es concentren en zones allunyades del nucli d'hàbitat de la comunitat humana, podem tenir problemes per caracteritzar l'estronci local amb algunes espècies trobades al registre arqueològic. A més a més, l'intercanvi i comerç de animals domèstics està profusament documentat des de la prehistòria, significant això que no es poden fer assumpcions de l'origen local de la fauna domèstica en contextos arqueològics (Bentley & Knipper, 2005; Madgwick et al., 2019; B. Shaw et al., 2010; B. J. Shaw et al., 2009)

Un altre aproximació per encarar aquests estudis implica no fer sondejos ambientals de forma directa basant-se en un "rang local" que es construeix a partir de diverses tècniques estadístiques, assumint que la representació isotòpica majoritària a la població estudiada és representativa de la localitat, classificant els *outliers* (valors atípics) estadístics com a representatius de la forania (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021; Scaffidi & Knudson, 2020). Aquest plantejament és útil en contextos molt antropitzats, on la recollida de mostres d'estronci referencial es fa un repte considerable, però és recomanable sempre acabar donant suport a aquestes dades amb algun tipus de mostreig local, degut a que les societat humanes poden incloure individus amb una alta mobilitat

geogràfica degut a pràctiques econòmiques, esclavatge, migracions i relacions de parentiu. Un petit grup de immigrants poden tenir un impacte molt elevat en els estudis amb poblacions petites. A més, cal tenir en compte que en certes circumstàncies, alguns individus poden consumir proporcions significatives de menjar no local, per exemple, els aliments d'importació, sovint associats a les classes altes en alguns contextos arqueològics (Cavazzuti et al., 2019).

La estratègia escollida per establir els ratis d'estronci local dependran tant del context històric com geogràfic. A àrees amb mamífers de gran mobilitat, analitzar a aquests individus pot no aportar una informació gaire fiable si desconeixem els seus patrons de mobilitat. En altres contextos, com les illes, sent com son zones més confinades, aquesta estratègia sí que pot aportar dades rellevants (Ahlström & Price, 2021; Valenzuela-Suau et al., 2023). És també important tenir en consideració la contaminació potencial a l'estronci local. No només des de una perspectiva química (com fertilitzants i pesticides) si no també degut a una contaminació física (nivelat de terrenys, construccions modernes o desenvolupament de infraestructures), incloent contaminació del sediment degut a l'antropització del territori (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021; Holt et al., 2021; Vaiglova et al., 2023).

2.3.2. Oxigen

Els isòtops d'oxigen son, juntament amb l'estronci, el mètode més amplament aplicat en el camp de l'estudi de la mobilitat mitjançant isòtops. Es poden aplicar a estudiar aspectes tan diversos com la transhumància, les temporades de cria, processos de lactància, mobilitat regional o inclús paleoclima (Britton et al., 2009; Henton et al., 2010; Madgwick et al., 2019; Pederzani & Britton, 2019).

L'oxigen és l'element més abundant del planeta i participa en nombroses combinacions químiques, formant la major part de components de la hidrosfera, la biosfera i la litosfera. Els tres isòtops més comuns de l'oxigen son el $\delta^{16}O$ (99,75%), $\delta^{18}O$ (0,2%) i el $\delta^{17}O$ (0,04%) (Rundel, 1995; Schoeller, 1999).

En diverses ocasions i en diversos estudis diferents, l'aplicació d'isòtops d'oxigen ha demostrat un gran potencial per a investigacions arqueològiques sobre la mobilitat residencial i les migracions (Bentley & Knipper, 2005; Budd et al., 2013; Knudson, 2009; Prowse et al., 2007; White et al., 1998; Wright et al., 2019).

L'oxigen s'incorpora a la hidroxiapatita, la porció mineral d'esmalt dental i os, mitjançant el consum de l'aigua beguda i, en menor mesura, altres aliments (Bryant & Froelich, 1995; Koch, 1998; Luz et al., 1984) fixant-se i així representant el moment de la formació del teixit en qüestió (Bentley, 2006; Bowen, 2010b). L'oxigen dels teixits ve influenciat per diversos orígens, però pel $\delta^{18}O$ es reflecteix principalment per l'aigua consumida, servint així com un bon marcador de variacions isotòpiques locals (Bryant & Froelich, 1995; Daux et al., 2008; Kohn, 1996; Longinelli, 1984; Luz et al., 1984; Pederzani & Britton, 2019; Podlesak et al., 2008). El principal problema que tenim amb aquest aspecte és la variació química que pateix l'oxigen quan viatja entre elements i estats.

La variació als isòtops de $^{18}O/^{16}O$ és majoritàriament controlada per variables geogràfiques i climàtiques (Figura 2.2), degut a que l'oxigen augmenta o disminueix en relació a l'altitud, la latitud, el clima i la distància de la costa (Araguás-Araguás et al., 2000; Dansgaard, 1964; Emery et al., 2018; Laffoon et al., 2012; Yurtsever, 1975). La ràtio d'aquests dos isòtops ($^{18}O/^{16}O$) a l'aigua i al menjar varia degut a que les molècules que contenen el isòtop més lleuger ($\delta^{16}O$) s'evaporen de forma més senzilla i son menys precipitades que les que contenen l'isòtop més pesat ($\delta^{18}O$) (Dansgaard, 1964; Epstein & Mayeda, 1953; Pederzani & Britton, 2019). La latitud i l' altitud també afecten a la variació del fraccionament isotòpic (Bocherens et al., 1996; Craig, 1961; Epstein & Mayeda, 1953; Gonfiantini et al., 2001; Koch, 1998; Webb et al., 2013).

A més a més, factors socials, com podrien ser el mètode de preparació de certs plats, poden alterar també els valors isotòpics degut a l'ebullició de l'aigua que contenen, ja que durant el procés d'evaporació perdem, preferentment, molècules de $\delta^{16}O$ (al ser més lleuger) (Brettell et al., 2012; Emery et al., 2018).

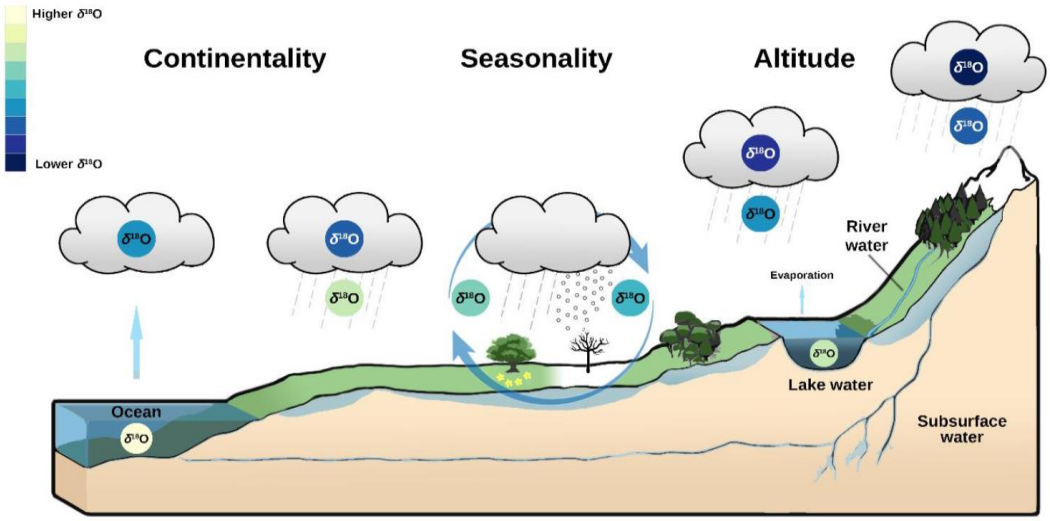


Figura 2.2. Figura que representa la variació de la baseline de l'oxigen a partir de la modificació del $\delta^{18}O$ pels processos de precipitació i evaporació (fig. 1 a Pederzani and Britton, 2019)

Tots aquests inconvenients poden ser minimitzats gràcies a la predictibilitat d'altres factors lligats al procés de precipitació. Tenim eines, com l'OIPC (Online isotopes in Precipitation Calculator) o la creació de isoscapes, que ens poden ajudar a treballar amb certa seguretat (Bowen, 2010b; Bowen & Revenaugh, 2003). Gràcies a aquesta predictibilitat, podem generar patrons de estacionalitat en el $\delta^{18}O$ de la precipitació, ja que al fixar-se aquests isòtops als teixits, permeten diversos estudis i aplicacions com la mobilitat estacional (transhumància), paleoclima o mobilitat residencial (migracions) (Araguás-Araguás et al., 2000; Pederzani & Britton, 2019).

Dit això, com els humans i els animals acostumen a consumir aigua de diferents orígens (rius, llacs, torrents, etc.) els valors de $\delta^{18}O$ poden veure's modificats, en tant a que les característiques isotòpiques de l'aigua que s'afegeix i la que es retira de la font d'aigua, així com es barreja, determina com es manifesta el $\delta^{18}O$ de precipitació en aquest cos d'aigua. De totes maneres, sembla que els valors isotòpics de rius i aigua subterrània solen representar els valors del $\delta^{18}O$ de la precipitació (Darling et al., 2003; Gat, 1995; Kendall & Coplen, 2001; Pederzani & Britton, 2019; van Geldern et al., 2014) però sol haver-hi situacions en les que aquests valors isotòpics poden venir influenciats per la quantitat de precipitacions caigudes (Gat, 1995; Gibson & Edwards, 2002; van Geldern et al., 2014).

Una de les aplicacions més comunes en anàlisis isotòpics d'oxigen en arqueologia és l'esbrinament de la mobilitat tant humana com animal. Aquests estudis s'aprofiten dels patrons geoespacials en el $\delta^{18}O$ de l'aigua ambiental i el com es preserven aquests ratis isotòpics als teixits biològics. En aquest sentit, l'estudi més habitual és el de la transhumància animal al passat. Aquestes investigacions incideixen en aspectes clau de la paleoecologia, les pràctiques d'explotació animal i de la ramaderia (Balasse et al., 2003; Kerven et al., 2004; Pederzani & Britton, 2019; Tornero et al., 2013; Valenzuela-Lamas et al., 2016).

Igual que amb el cas de l'estronci, un primer pas de cara a esbrinar la mobilitat geogràfica de les poblacions del passat inclou definir un rang de valors isotòpics locals, de cara a poder definir quins individus serien no locals. De totes maneres, en el cas de la utilització de l'oxigen per aquest fi n'hi ha diversos problemes que encara son objecte de debat (Iacumin et al., 1996; Lightfoot & O'Connell, 2016; Pederzani & Britton, 2019; Pollard, 2011; Pryor et al., 2014). Degut a les problemàtiques derivades de la contaminació de l'oxigen ambiental, es pot intentar aproximar aquesta dada combinant valors locals de $\delta^{18}O$ de precipitació amb valors de $\delta^{18}O$ de bioapatita d'un grup que "es sap" local (Knipper et al., 2017; Prowse et al., 2007). De totes maneres, com s'ha comentat abans, la comparació entre diferents estats i elements del $\delta^{18}O$ requereix d'una fórmula de conversió cap a $\delta^{18}O$ d'aigua consumida, que introdueix en l'anàlisi una incertesa estadística que aplicada de diferents formes pot donar a resultats diferents (Daux et al., 2008; Kalenderian et al., 2023; Longinelli, 1984; Pollard, 2011).

A més a més, la complexitat de les pràctiques socials humanes és, igual que amb l'estronci, un altre factor que complica encara més la interpretació d'uns possibles resultats d'oxigen ambiental, donat que, com s'ha comentat una mica més amunt en aquest mateix apartat, les pràctiques culinàries, com la forma de bullir l'aigua d'alguns plats, o inclús la ingesta de lactis, un cop la lactància ha estat finalitzada, son factors que es sap poden modificar els valors isotòpics dels teixits humans (Bryant et al., 1996; Pederzani & Britton, 2019).

En els casos d'estudi que tractem en aquesta tesi doctoral treballarem amb resultats d'isòtops d'oxigen d'individus humans i de fauna, però no s'ha fet cap anàlisis d'oxigen ambiental. La combinació d'estudis d'isòtops d'estronci i d'oxigen té una llarga carrera en el mon de la bioarqueologia i ha demostrat ser

una forma molt sòlida d’arribar a esbrinar patrons de mobilitat passats (Bentley & Knipper, 2005; Britton et al., 2009; Chenery et al., 2010; Eckardt et al., 2009; J. Evans et al., 2019; Kalenderian et al., 2023; Knipper et al., 2017; Scheeres et al., 2014).

2.4. Estudis previs sobre mobilitat humana a la Península ibèrica entre el Neolític i l'època medieval. Quina és la situació al NE peninsular?

En general els estudis arqueològics que desenvolupin una anàlisi específica de la mobilitat de les societats passades al NE de la Península Ibèrica son escassos. La immensa majoria dels estudis (sobretot els que tracten les pràctiques de subsistència) acaben inferint en major o menor mesura en processos de mobilitat al referir-se a pràctiques que requereixen d'una mobilitat específica para realitzar-los, com poden ser les pràctiques agrícoles o ramaderes. En aquest apartat es busca aglutinar tots aquells estudis que han intentat fer un estudi específic de la mobilitat al NE de la Península Ibèrica.

Al Neolític, en un context de poblament mixt, amb habitatges en cova i a l'aire lliure (Edo et al., 2022). Els diversos estudis realitzats en els darrers anys en clau de els activitats de subsistència (Antolín & Saña, 2022) mostren una convivència entre una agricultura intensiva, en camps permanents propers als assentaments (Antolín et al., 2015) amb una explotació dels recursos naturals salvatges de les proximitats dels jaciments (Antolín & Jacomet, 2015; Buxó, 1997). Al Neolític Antic (5714-5384/4366-4029 cal ANE) hi ha el jaciment de la Cova de l'Avellaner, a on es van fer l'anàlisi genètic de 7 individus i a partir del qual es va suggerir que els patrons de mobilitat d'homes i dones serien diferents (Gibaja, Morell, et al., 2018; Lacan et al., 2011). Al Neolític Mitjà (4156-4076/3626-3573 cal ANE) hi ha nombrosos jaciments a on s'ha demostrat una predominança de recapte de materials locals per a la fabricació de la majoria d'artefactes trobats al jaciment (Borrell & Bosch, 2012; Quevedo et al., 2020; Villalba, 1986) malgrat que la presència de nombrosos artefactes i materials exògens, associats amb grups d'altres zones del Mediterrani europeu i d'altres indrets del territori del NE peninsular (Borrell & Bosch, 2012; Navarrete et al., 2020), indiquen contactes i xarxes d'intercanvi de llargues distàncies (Gibaja Bao, 2003; Gibaja, Duboscq, et al., 2018; Gibaja et al., 2004; Masclans, 2017; Vaquer et al., 2012) que col·lapsen en torn al 3900 cal ANE (Gibaja et al., 2004; Morell Rovira, 2019). En aquest període, es va realitzar un estudi d'isòtops d'estronci i d'oxigen de diversos individus de 2 necròpolis dels Sepulcres de Fosses: La Bòbila

Madurell/Can Gambús (Vallès Occidental, Barcelona) i Puig d'en Roca (Gironès, Girona). Aquest estudi va demostrar poca mobilitat en els individus analitzats, amb només 4 individus mostrant valors atípics a la resta de la població, tot i que no es van recollir mostres per a generar rangs referencials locals (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021).

El Bronze (3500 ane – s. X ane) al NE peninsular es desenvolupa amb uns models de població molt similars als vistos als darrers moments del neolític, assentaments dispersos pel territori amb acumulacions de sitges, forats de pal i fosses situats a prop de rius, terrasses fluvials i peus de muntanya, amb una modalitat d'unitats productives amb certa autonomia, situades a zones properes dels camps de conreu (Carlús et al., 2003; Francés, 2005; Marín Castro, 2018), malgrat que amb unes diferències, en les pràctiques funeràries, molt marcades. La gestió dels ramats sembla similar al vist en altres períodes, amb els animals essent criats localment, en aquesta línia, estudis d'isòtops d'alguns animals trobats al jaciment de Can Roqueta (Sabadell, Barcelona) mostren uns valors coherents amb els valors mostrejats localment, exceptuant un èquid amb uns valors molt elevats que es considera un bé d'intercanvi, tot i que els valors d'isòtops d'oxigen obren la possibilitat a que els èquids no fossin criats localment (Valenzuela-Lamas et al., 2023).

Al Ferro (s. IX – III ane) es perpetua el poblament de zones més elevades del territori, mantenint assentaments en zones més baixes, de plana. La pressió demogràfica evidencia un patró d'assentament en expansió que afavoreix el procés anomenat com a "territorialització" (Francés, 2005; Sanmartí, 2004). La producció agrícola en aquest període sembla seguir característiques similars als períodes anteriors, però amb un augment de la producció que va afavorir la producció d'excedent agrícola i el sorgiment d'elits locals que cristal·litzaria al s. V cal ane amb el sorgiment del que es coneix com la societat Ibera (Francés, 2005). En aquest període, s'ha estudiat la mobilitat del ramat al jaciment del Turó de la Font de la Canya (Alt Penedès, Barcelona) que estableix un rang referencial local per les rodalies del jaciment a partir de l'anàlisi de mostres vegetals modernes i, havent analitzat diverses mostres de caprins del jaciment, suggereix una relativa mobilitat del ramat, tot i que per les àrees geològiques que envolten l'assentament, el que indicaria una cria local d'aquesta cabanya (Valenzuela-

Lamas et al., 2018). Un altre estudi (Albizuri et al., 2019) analitza les restes de diversos èquids del jaciment de Can Roqueta (Vallès Occidental, Barcelona), amb anàlisis osteoarqueològics i d'estronci, i suggereixen que alguns d'aquests animals podrien provenir d'altres àrees del NE de la Península Ibèrica, tenint en compte els resultats d'estronci dels animals, que en alguns casos no coincideixen amb els referencials locals i altres estudis que demostren contactes d'intercanvi amb altres zones del Vallès, l'Empordà i el SE de l'actual França. Seguint amb la gestió dels ramats, un estudi (Messana et al., 2023) realitza anàlisis d'oxigen, estronci i carboni en caprins de quatre jaciments d'aquest període mostra que cada jaciment tindria una estratègia de gestió de la mobilitat dels ramats diferents: Mas Castellar de Pontós (Alt Empordà, Girona) mostra un sistema de pasturatge sedentari, Tossal de Baltarga (Baixa Cerdanya, Lleida) mobilitat altitudinal estacional, Sant Esteve d'Olius (Solsonès, Lleida) una mobilitat unidireccional, possiblement fruit d'intercanvis, i el Turó de la Rovira (Barcelonès, Barcelona) una mobilitat estacional selectiva per alguns individus del ramat, apuntant a que la selecció de les estratègies de gestió dels ramats era específica per a cada jaciment i circumstància. També hi ha un estudi genètic (Fischer et al., 2022) realitzat en poblacions gal·les del sud de l'actual França, que suggereixen una mobilitat interregional entre el NE de la Península Ibèrica i aquests territoris, donades les afinitats genètiques trobades en aquestes poblacions.

Paral·lelament, analitzant restes de jaciments des del Bronze i abastant fins a Tardoantiguitat, es realitza un estudi que mostra que, al NE de la Península Ibèrica, malgrat que el caràcter ecològic de les diferents regions estudiades va jugar un paper important, les freqüències, distribució i canvis en el ramat estan majorment relacionats amb decisions de caire socioecòmic, així, en els períodes amb menor integració econòmica i un territori més fragmentat (com Bronze, Ferro I i la Tardoantiguitat) les necessitats locals i la capacitat de l'entorn venen condicionades per les condicions ecològiques. Pel contrari, en les èpoques amb polítiques productives encaminades cap a una economia pan-mediterrània (s. IV-III ane i època romana) les característiques del ramat i la seva gestió obeïen a unes eleccions polítiques, pensades en clau de demanda i producció (Nieto-Espinet et al., 2020, 2021).

A l'Edat Mitjana, més enllà d'estudis que evidencien la correlació entre comunitats i la interdependència existent entre els mercats medievals i les viles productores (Verdés Pijuan, 1998, 2015) i la gran mobilitat existent en les poblacions de la Corona d'Aragò en aquest període, en part per la conquesta de noves terres, en part per processos de concentració de població en viles i ciutats post arribada de la Pesta Negra (Furió, 2017; Manso, 2006; Torras i Cortina, 2014) no s'han trobat estudis que parlin específicament, des de una vessant arqueològica, la mobilitat humana o animal durant aquest període. Només un estudi (Garcia Casas & Gassiot Ballbè, 2023), realitzat en el marc territorial de l'actual Parc Nacional d'Aigüestortes i l'Estany de Sant Maurici (Alt Pirineu, Lleida) a on s'investiga la mobilitat pastoral de les poblacions d'aquesta zona, entre la Tardoantiguitat/Edat Mitjana i l'època Moderna/Contemporània (s. III – XIV dne i s. XVIII-XX dne), mitjançant l'aplicació de programari GIS, amb la intenció d'establir possibles traçats de rutes pels moviments estacionals del ramat. L'estudi demostra que existeixen diferències en les localitzacions dels assentaments en relació a la cronologia i que els factors ecològics, com l'altitud o l'accés a cursos d'aigua, no eren determinants per l'assentament humà.

Com a resum, es pot veure que hi ha molt pocs estudis realitzats al NE de Iberia pel que fa a la mobilitat humana i animal, si ho comparem amb altres territoris del Mediterrani Occidental i Europa (Cavazzuti et al., 2019; Emery et al., 2018; Guede et al., 2017; Snoeck et al., 2016; Spros et al., 2022). S'observa també, per períodes, que hi ha una descompensació important entre el Ferro i la resta d'èpoques, concentrant aquest període la majoria d'estudis realitzats, i, a més, es veu que manquen molts estudis específicament de poblacions humanes.

2.5. La geologia del NE peninsular i les bases de l'estronci biodisponible

El NE de la Península Ibèrica es caracteritza per una geografia diversa i heterogènia, que influeix en la disponibilitat i la composició de l'estronci biodisponible (BASr) en els diferents entorns naturals del seu territori. Podem distingir principalment tres grans unitats morfoestructurals amb uns trets comuns diferenciadors pel que fa a la seva litologia: el Pirineu, les Cadenes Costaneres Catalanes i la Depressió de l'Ebre.

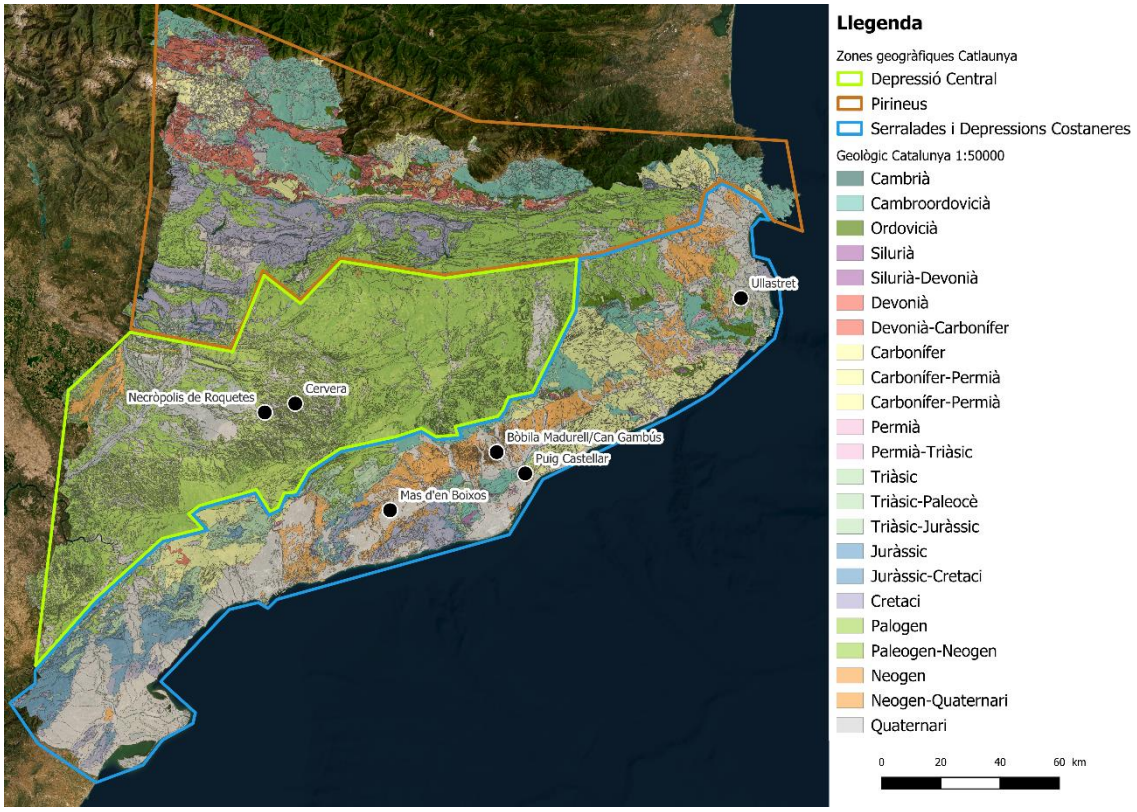


Figura 2.3. Mapa geològic del NE de la Península Ibèrica amb els períodes geològics i els jaciments arqueològics estudiats. Les àrees geogràfiques ressaltades son les mencionades al text (fons: mapa geològic comarcal del ICGC 1:50000).

- Pirineus

Els Pirineus, que formen la frontera natural amb França, representen una serralada muntanyosa que s'estén de forma longitudinal a través del territori. Aquestes muntanyes estan constituïdes per una gran varietat de materials geològics, incloent-hi roques ígnies (especialment a la zona axial) metamòrfiques i roques sedimentàries, que han donat lloc a una diversitat de sòls i paisatges. El nucli més elevat d'aquesta formació conforma el Pirineu axial, format

principalment per roques paleozoiques (massissos granítics i gnèissics, envolcallats pel seu encaixat de roques essencialment paleozoiques metasedimentàries dominantment gresosopelítiques (fil·lites, pissarres, esquistos etc.), amb intercalacions menors de roques metavolcàniques i roques carbonàtiques, estructurats com a serralada primer durant l'orogènia herciniana i finalment en la seva disposició actual durant l'alpina. Paral·lelament a la zona axial hi ha materials formats al Mesozoic i al Terciari, predominantment calcaris i detrítics siliciclàstics, de l'orogènia alpina.

- Cadenes Costaneres Catalanes

Les Cadenes Costaneres Catalanes (o Catalànids) presenten una constitució litològica semblant a la del Pirineu, si bé es caracteritzen per haver arribat a un grau inferior de metamorfisme dels materials paleozoics durant el desenvolupament de l'orogènia herciniana, tret de llocs puntuals (p.e. Les Guilleries). Des del punt de vista morfoestructural, el paisatge es caracteritza per un joc de blocs aixecats o horsts (Cadena Litoral i Cadena Prelitoral Catalana) amb depressions intermèdies (grabens) generades per fractures verticals pròpies de la tectònica distensiva regional posterior a l'estructuració alpina dels Pirineus. Això inclou una sèrie de depressions (Vallès-Penedès, Empordà, Selva, etc.) que són reblertes dels materials sedimentaris (anàlegs als que es comenten tot seguit de la Depressió de l'Ebre) a partir de l'Oligocè però principalment durant el Miocè, Pliocè i Quaternari. Aquest sistema de horsts i grabens continua sota la Mediterrània.

Així, les serralades Litoral i Prelitoral estan formades per un nucli de roques granítiques amb el seu encaixant paleozoic, i una cobertora de roques sedimentàries de períodes que van des del Triàsic fins al Quaternari, amb predomini dels materials del Secundari, tot i que alguns períodes (p.e. Juràssic) estan pobrament representats. Les depressions que hi ha entre les serralades estan formades, principalment, per materials sedimentaris del Neogen i del Quaternari amb predomini de materials detrítics com argiles, graves, sorres, gresos i conglomerats. Al sector nord i central (al nord de la Tordera) trobem també intercalacions volcàniques majoritàriament de composició basàltica amb un rang d'edat que va des dels 15 Ma fins als 12.000 anys (a la Garrotxa). Aquestes intercalacions estan principalment associades a fractures verticals que

afecten tota l'escorça terrestre (de direcció NW-SE), conjugada a les NE-SW que delimiten les principals depressions tectòniques (grabens) i formades també durant la relaxació de l'escorça terrestre posterior al desenvolupament de l'orogènia herciniana.

- La Depressió de l'Ebre

Al sud dels Pirineus, es troben les planes al·luvials i els conreus fèrtils de la vall de l'Ebre, un dels principals rius de la zona. Aquesta zona es caracteritza per tenir un substrat sedimentari, on dominen les roques siliciclàstiques formades a expenses de l'erosió dels marges de la conca sedimentaria (Pirineus i Cadenes Costaneres Catalanes) amb continguts menors de materials carbonàtics i evaporítics, dipositats inicialment en ambient marí i de manera majoritària a partir de l'Oligocè en ambient subaeri (i per tant, lacustre en el cas de carbonats i evaporites). Inclou principalment materials des de l'Eocè fins al Quaternari. Aquesta àrea es caracteritza per la presència de sòls rics en nutrients, amb abundància de terres argilosos, que són el resultat dels sediments transportats pel riu al llarg del temps.

Com s'ha desenvolupat a l'apartat anterior, la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ en roques i minerals depèn tant de l'abundància inicial de ^{87}Rb, ^{87}Sr i ^{86}Sr (litologia) com del temps (pel decaïment radioactiu del ^{87}Rb al ^{87}Sr). Des d'aquestes premisses es poden establir una sèrie de criteris geològics que condicionen la ràtio que tendeix a tenir cada capa geològica. Feta la descripció geològica del NE peninsular, quin escenari a nivell de ràtio d'estronci ens podem trobar?

En general, amb quantitats similars de ^{87}Rb i ^{86}Sr inicial, les roques ígnies (p. e. granits, basalts) més antigues tenen major ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ donat que el ^{87}Rb ha tingut més temps per decaure. D'aquestes, les fèlsiques (aquelles abundants en elements lleugers, com el granit) a mateixa edat, tenen més ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ que les màfiques (aquelles ígnies abundants en magnesi o ferro, com els basalts o els gabres) degut a que les roques fèlsiques parteixen d'una major quantitat inicial de ^{87}Rb que decau cap al ^{87}Sr (Bataille et al., 2020; Maurer et al., 2012; Price, 2023).

Les roques siliciclàstiques (p.e. conglomerats, gresos, llims, pissarres, esquistos) hereten la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de la roca mare, però la seva composició tan variada

acaba per emmirallar unes relacions isotòpiques molt diferents. De totes maneres, els processos de meteorització i metamorfisme pot modificar la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ heretada de la litologia, pel que les formacions sedimentàries més antigues poden mostrar una major variabilitat, pel contrari, les roques carbonatades no metamòrfiques hereten la ràtio d'estronci de l'aigua marina i, per tant, mantenen una ràtio molt propera a 0,707 i 0,709 (Bataille et al., 2020).

Partint dels condicionants geològics que influeixen en la ràtio del $^{86}Sr/^{87}Sr$ mencionats, s'han establert una sèrie de criteris orientatius per definir l'estronci biodisponible (BASr) al nord-est de la Península Ibèrica:

- Al Pirineu Axial, amb roques de l'orogènia herciniana més antigues i abundants granits, es pressuposen valors més alts, mentre que al Pre-Pirineu, amb roques calcàries del Cenozoic i del Mesozoic (del Triàsic al Neogen), els valors haurien de ser més baixos.
- A la Depressió de l'Ebre, s'assumeixen valors més baixos degut a l'acumulació de sediments del Paleogen i del Quaternari.
- A les Serres Costaneres, les terres sedimentàries del Mesozoic (Triàsic, Cretaci i Juràssic), que inclouen margues, calcàries i argiles, mostren una gran variabilitat. Els granits, en canvi, tendeixen a tenir valors més elevats. A les Depressions Costaneres, amb materials sedimentaris més recents, es preveuen valors més baixos.

A la base de dades d'accés obert SrIsoMed (Nikita et al., 2022) recopila estudis d'anàlisis d'estronci al Mediterrani. Analitzant les mostres recollides al nord-est, es pot observar que les dades compleixen el pronòstic esmentat. S'han exclòs d'aquesta revisió les anàlisis de l'esmalt dentari de macromamífers, però s'han mantingut les mostres d'ossos que els autors dels estudis han considerat representatius de l'estronci biodisponible degut a la seva porositat i, per tant, susceptibilitat a la contaminació per diagènesi. Amb les dades aportades per aquests treballs previs (Figura 2.4), exceptuant un parell de casos que caldria revisar individualment, es confirma que el Pirineu Axial té valors més radiogènics, la Depressió Central i el Pre-Pirineu tenen valors més baixos, i les serralades costaneres presenten valors més elevats a Litoral i més baixos al Prelitoral, degut als períodes formatius més moderns (Paleogen i Neogen) d'aquesta última. Les

Depressions Costaneres mostren valors més baixos, probablement per la influència dels sòls sedimentaris del Quaternari i del Neogen.

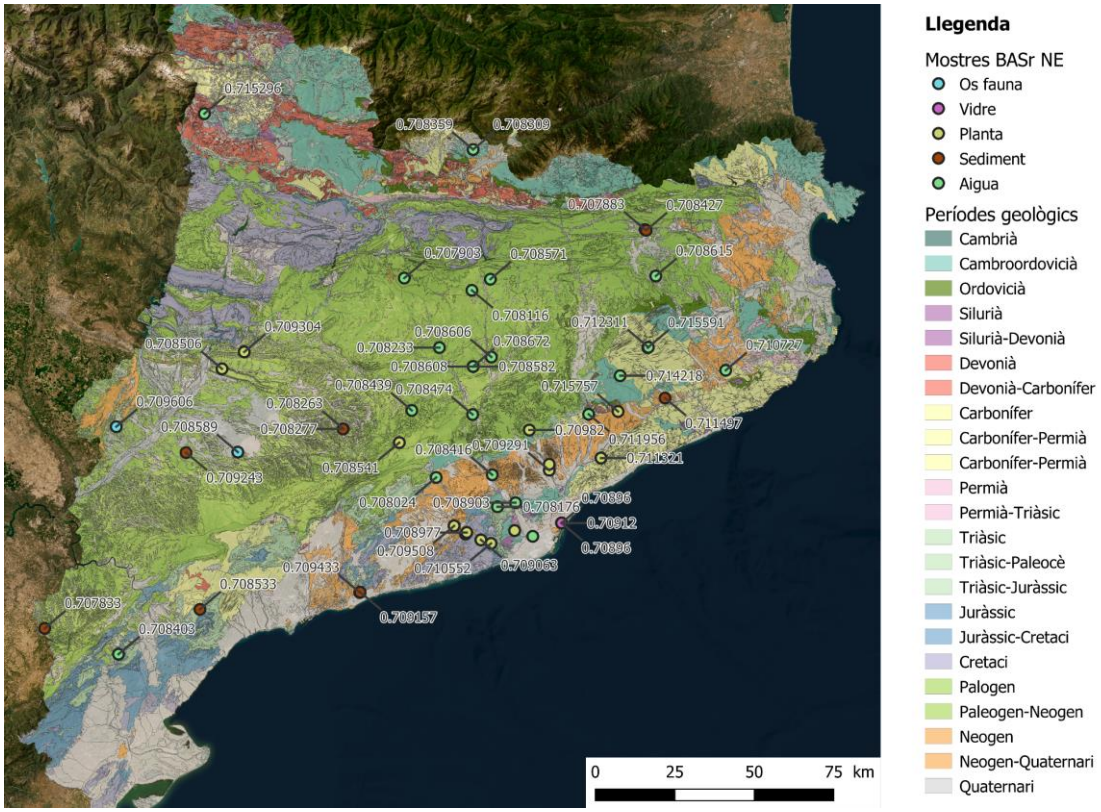


Figura 2.4. Períodes geològics del NE de la Península Ibèrica amb la localització dels mostrejos de BASr realitzats fins l'actualitat trets de la base de dades SrIsoMed (fons: mapa geològic comarcal del ICGC 1:50000)

Tenint en compte aquesta informació, al NE de la Península Ibèrica, els valors isotòpics semblen estar més condicionats per l'antiguitat de la capa geològica més que per la litologia, degut, possiblement, a la majoritària composició siliciclàstica del territori. Les mostres d'aigua vistes a SrIsoMed semblen reflectir els valors del període formatiu de la unitat geològica corresponent al seu llit, és a dir, els llits de rius més recents tenen valors baixos, mentre que els dels períodes més antics presenten valors més elevats.

A partir d'aquestes dades, s'han establert uns rangs per període geològic (Taula 2.1), que caldrà revisar a mesura que s'obtinguin els resultats d'aquest estudi.

Període	Mínim	Màxim	Variació
Cambroordovicià	0,712337	0,714218	0,001881
Devonià	0,715296	0,715296	0,000000
Carbonífer-Permià	0,708533	0,715591	0,007058

Triàsic	0,708176	0,710552	0,002376
Juràssic-Cretàcic	0,708923	0,709063	0,000140
Cretàcic	0,708977	0,708977	0,000000
Paleogen	0,707833	0,709820	0,001987
Neogen	0,708024	0,715757	0,007733
Quaternari	0,707883	0,722640	0,014757

Taula 2.1. Rang dels valors de la ràtio isotòpica BASr al NE en tant al període geològic d'on s'ha recollit (font: base de dades SrIsoMed: https://srisomed.emmebioarch.com/).

Bloc 3. Mètodes

En aquest bloc s'exposa la metodologia seguida a tots els casos d'estudi analitzats. Es presenten els protocols de mostreig aplicats a les restes humanes arqueològiques, i a les mostres ambientals de sediment i vegetació actual per a determinar les ràtios d'estronci local. També es detallaran les tasques dutes a terme al laboratori, així com els aspectes tècnics de totes les analítiques i problemàtiques especifiques que s'han anat trobant en cada estudi de cas.

3.1. Plantejament de les estratègies de mostreig

3.1.1. Recollida i emmagatzematge de les mostres

3.1.1.1. Referencial d'estronci local biodisponible

Protocol de mostreig

Per tal de determinar la ràtio isotòpica local de $^{87}Sr/^{86}Sr$, es van planificar diverses campanyes de mostreig amb l'objectiu de recollir mostres ambientals de les zones d'interès. Es va optar per la recol·lecció de mostres de vegetació (d'arrel curta i d'arrel llarga) i de sediment (també sediment arqueològic quan les circumstàncies ho han permès). La raó d'aquesta elecció rau en que aquests dos tipus de mostres per a determinar les ràtios d'estronci biodisponible son les més àmpliament analitzades (Adams et al., 2019; Barberena et al., 2021; Bataille et al., 2018; Dalle et al., 2022; Evans et al., 2019; Frei, 2012; Knipper et al., 2012; MacRoberts et al., 2020; Maurer et al., 2012; Müldner et al., 2022; Scaffidi & Knudson, 2020; Snoeck, Jones, et al., 2020; Snoeck, Ryan, et al., 2020; Spros et al., 2022; Valera et al., 2020; Willmes et al., 2018). A més a més, aquestes fonts d'informació son les que han demostrat tenir menys contradiccions metodològiques, al ser la vegetació moderna i el sediment les tipologies de mostres amb les que és més senzill controlar l'impacte de contaminants.

Alhora d'establir les zones de mostreig es van tenir en compte diferents aspectes com ara: grau de complexitat geològica, factors històrics, patrons de pastures, àrees agrícoles històriques, possibles canvis orogràfics i/o pràctiques socials que poguessin afectar els resultats. Aquestes premisses no es van poder aplicar de manera uniforme a tots els casos d'estudi, degut al desigual estat de la recerca i disponibilitat d'estudis previs que permetin documentar tots aquests factors. A més a més, cal assenyalar la dificultat de la realització d'aquests sondejos en la

majoria de zones analitzades, degut, principalment, al elevat grau d'antropització que existeix avui dia en les zones que s'han estudiat (Figura 3.1).

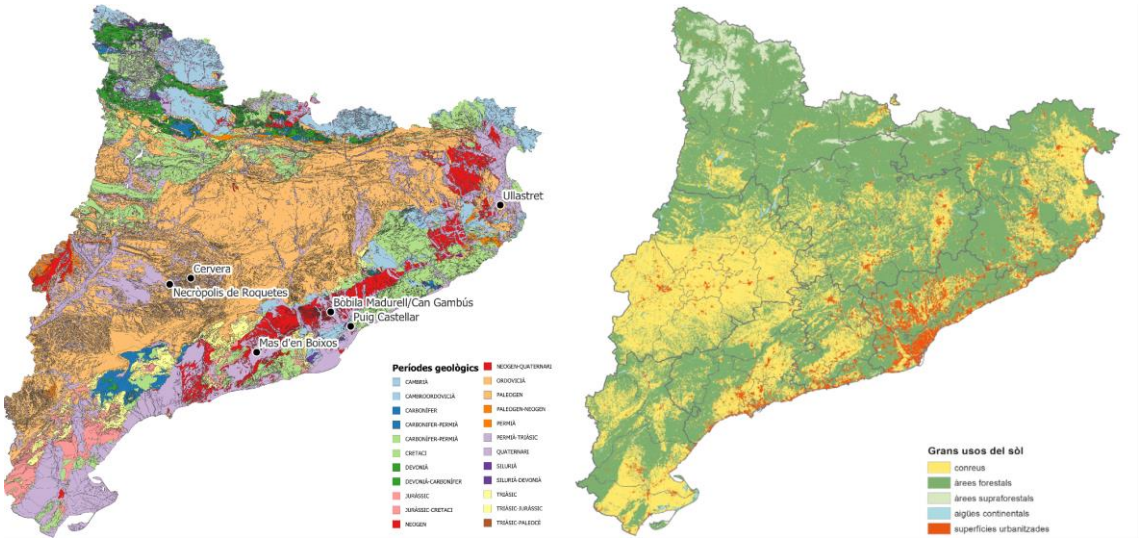


Figura 3.1. Mapes on s'indica el grau de complexitat geogràfica i d'antropització de les zones on es troben els jaciments i conjunts arqueològics analitzats en relació al mapa geològic de Catalunya (Font: mapa geològic comarcal del ICGC i Mapa 1.4 (p.11) Atles del mon rural 2022)

El protocol de mostreig s'ha dut a terme seguint diversos criteris:

- Les unitats geològiques (UG) s'han utilitzat per a establir les àrees de mostreig, ja que representen conjunts geològics definits per la seva edat i composició geològica. Aquestes unitats són significatives perquè influeixen en la variació de la composició isotòpica de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$.
- S'ha de mostrejar un mínim de 2 localitzacions (1 de vegetació d'arrel curta, 1 de vegetació d'arrel llarga i 1 de sediment per cada localització) de punts contraposats geogràficament de les principals unitats geològiques que es troben a un radi aproximat d'uns 2 km al voltant dels jaciments analitzats (Figura 3.3). S'ha prioritzat un anàlisi exhaustiu de la zona adjacent, les quals constitueixen les àrees d'influència dels jaciments arqueològics estudiats. S'han recollit diverses mostres per UG enlloc d'abastar una àrea més gran, amb menys densitat de punts mostrejats.
- Totes les plantes analitzades són autòctones i s'han agafat diverses espècies per a cada UG mostrejada. Això és deu al fet que els sòls i les plantes representen el $^{87}Sr/^{86}Sr$ biodisponible localment però poden tenir

valors diferents en tant als sistemes radiculars. S'ha trobat que la vegetació amb arrels poc profundes tendeix a emmirallar les proporcions isotòpiques de la capa superficial del sòl, mostrant diferències amb les espècies d'arrels més profundes, que absorbeixen la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de sols més profunds (Britton et al., 2020; Costantini et al., 2016; Hartman & Richards, 2014; Holt et al., 2021). Un mostreig que contempli aquesta diversitat permetrà establir el grau de variabilitat de les ràtios en cada capa geològica mostrejada.

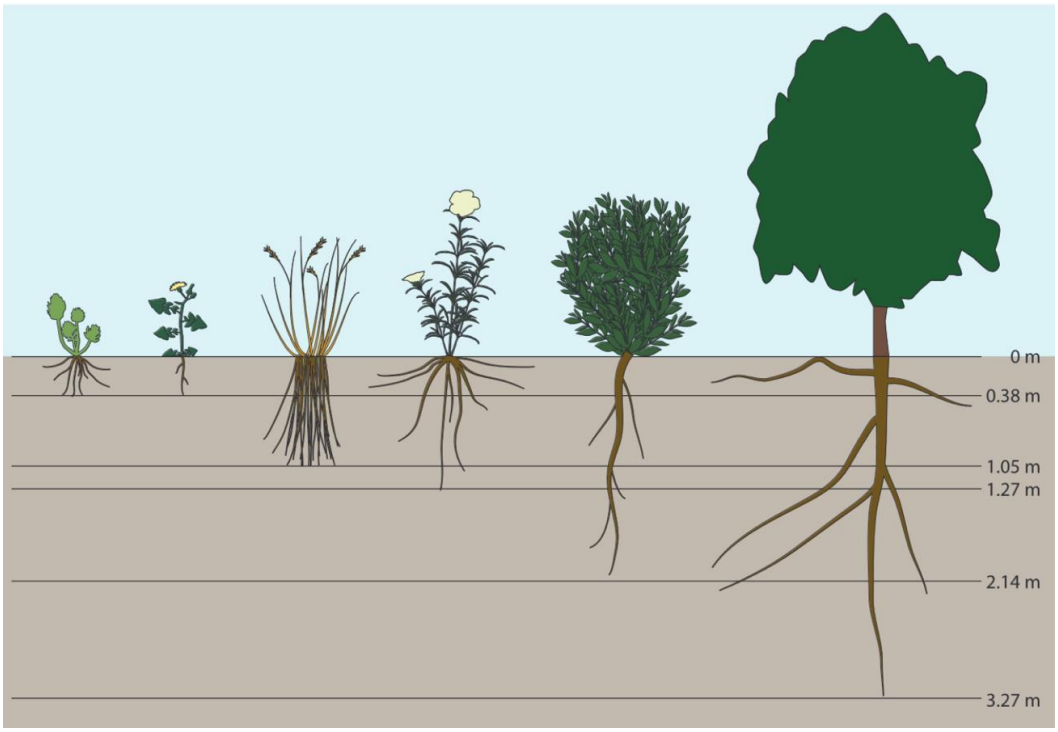


Figura 3.2. Figura on es mostren les profunditats de les arrels il·lustrades com a dibuixos esquemàtics de plantes individuals utilitzant valors mitjos geomètrics aproximats per a sis categories de formes de creixement (de l'esquerra a la dreta): suculentes, herbes anuals, herbes perennes, arbusts i arbres. Els valors mitjos de les profunditats de les arrels es van obtenir de Schenk i Jackson (2002a) (figura 2 de Constantini et al. 2016: 400).

- S'han evitat els mostrejos en camins, zones enjardinades i parcs, camps de cultiu i, en general, qualsevol zona que pugui haver estat producte de mobilitat de terres o d'aplicació de fertilitzants i altres productes químics. D'aquesta manera s'evita el mostreig de capes potencialment contaminades amb barreja i/o aportació de composicions geològiques foranies.

- Totes les mostres han estat georeferenciades mitjançant GPS per facilitar-ne la integració posterior en programari SIG.

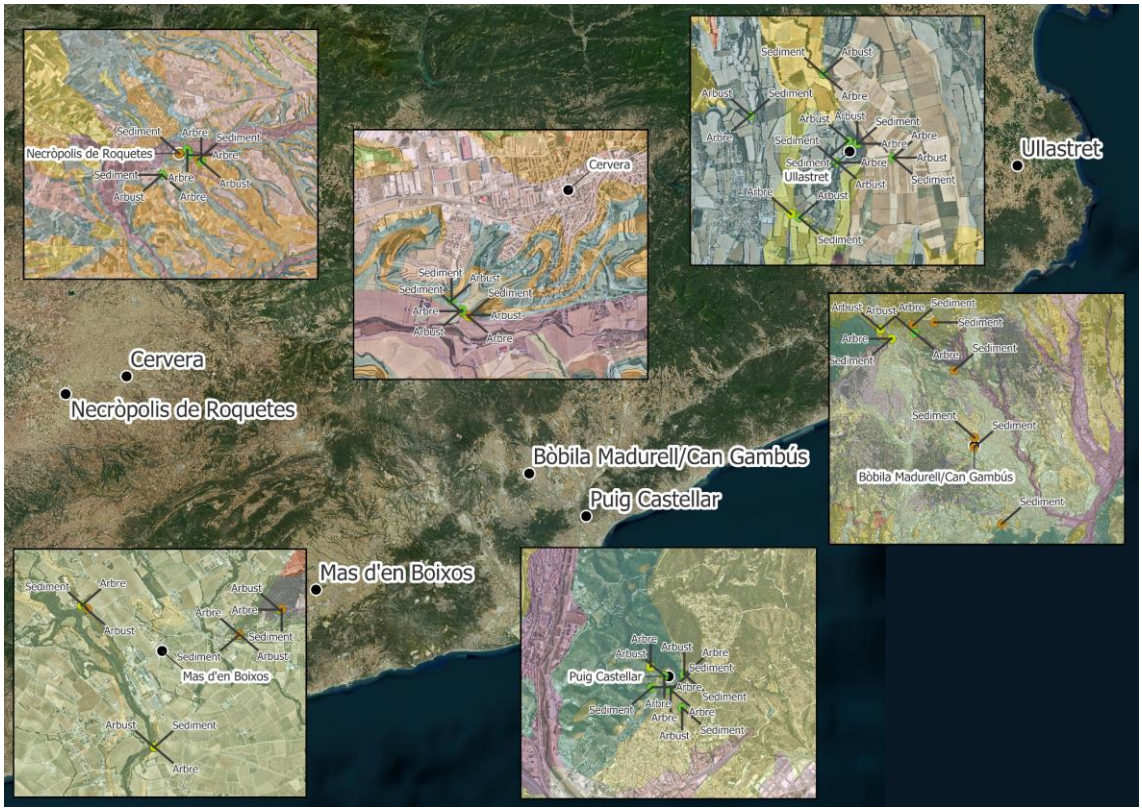


Figura 3.3. Mapa geològic de Catalunya on s'indiquen els diferents punts i la tipologia de mostra duta a terme (Mapa elaborat en QGis a partir del mapa geològic comarcal del ICG 1:50000).

Digitalització dels punts i mostreig

Partint dels criteris descrits anteriorment, amb el programari QGis, es van generar buffers de 2 km al voltant de cadascun dels jaciments arqueològics estudiats (Figura 3.4). Les UG es van localitzar a partir del Mapa geològic comarcal 1:50000 del ICGC (*Mapa geològic comarcal 1:50000*, 2016). D'altra banda, per a la manipulació, anàlisi i representació de dades espacials, s'ha fet servir QGIS *Desktop* (v. 3.28.3-Firenze). Pel que fa a la planificació i execució dels mostrejos en camp, així com la recopilació d'informació espacial, s'ha integrat QField (v. 4.6.0) com a plataforma mòbil per a la recopilació de dades en terreny. A més, QFieldCloud (v. 4.6.0) ha estat utilitzat com a complement per a

la gestió de dades recopilades en temps real, facilitant la sincronització i l'actualització de la informació entre el treball al camp i al laboratori.

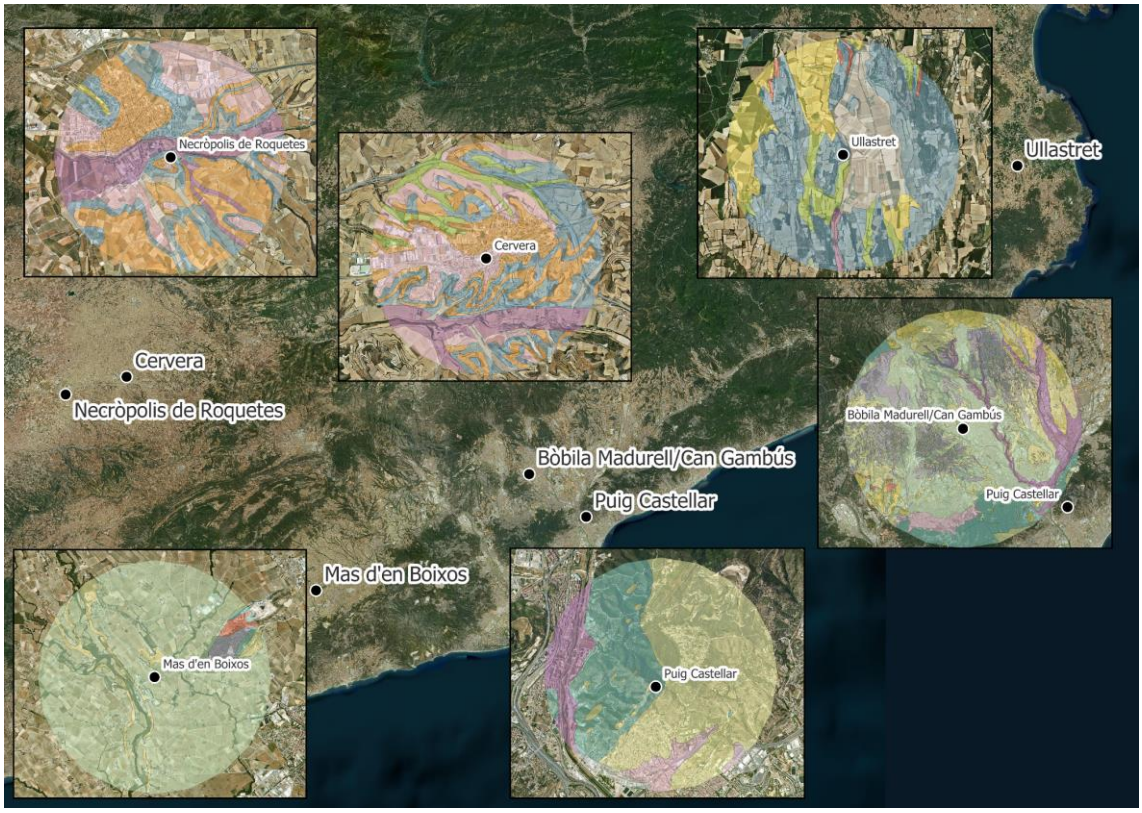


Figura 3.4. Mapa on s'indiquen els buffers de 2km realitzats per planificar les campanyes de mostreig de cada àrea arqueològica elaborats en QGis a partir del mapa geològic comarcal del ICG 1:50000.

Una vegada localitzades les àrees de mostreig es van escollir els punts de recollida de les mostres de vegetació i sediment. Aquests punts es van localitzar segons les premisses descrites anteriorment i, a partir de l'ortofoto de l'ICGC (*ICGC - Ortofoto Territorial*, 2022). Les propostes de localitzacions van ser en zones poc impactades per les activitats agrícoles i per l'antropització. La selecció prèvia de punts de mostreig té múltiples problemàtiques difícils de gestionar una vegada ens trobem al camp. És per això que es va fer servir el programari QField per treballar i corregir al camp allò que no es va veure a la planificació prèvia dels mostrejos.

QField és una aplicació de terreny per a la captura de dades geoespacials dissenyada per a dispositius Android. Està basada en el programari QGIS, un

sistema d'informació geogràfica (SIG) de codi obert. QField permet als usuaris recollir dades de camp directament al terreny, visualitzar mapes, capturar coordenades GPS i editar informació geoespacial. Aquesta aplicació permet consultar i recollir dades des del telèfon, permetent preparar la informació necessària per l'execució dels mostrejos al QGis d'escriptori per poder manipular-los i/o consultar-los al terreny (QField Ecosystem Documentation, 2024 https://docs.qfield.org/). En els casos que desenvolupem en el present treball de recerca, es van preparar diferents projectes QGis per a cada sortida de camp amb una capa base (l'ortofoto territorial del ICGC), el tall del buffer de 2km del mapa geològic (el geològic comarcal 1:50000 del ICGC), la capa de punts amb les propostes de localització de sondeig, que s'han preparat prèviament en laboratori, i una capa buida, de punts, en la que aniran registrats els sondejos definitius. Els camps es van configurar prèviament a la sortida de camp i es va fer servir la mateixa estructura de taula per a totes les sortides (Taula 3.1). La importació de les dades al telèfon es pot fer de dues maneres, mitjançant connexió per cable o pujant els projectes al núvol amb el complement de QField, QFieldCloud.

La presa de mostres es va dur a terme buscant la ratificació dels punts de sondeig proposats en laboratori. Quan s'arribava a una proposta de localització es verificava que la zona fos idònia (tenint en compte les premisses ja plantejades) i s'agafava el punt. Si es considerava adient modificar la localització proposada, es seleccionava una proposta alternativa consultant amb QField la capa geològica, verificant així que la nova localització formés part de la mateixa UG que l'anterior.

Un cop seleccionada la localització per mostrejar amb el telèfon marquem el punt de la presa de mostra i s'omplen tots els camps amb les dades de georeferenciació preestablertes prèviament. Es fa fotografia de la planta o zona mostrejada (amb l'automatització, el propi camp deriva cap a la càmera del telèfon) i es procedeix a agafar les mostres.

Nom	Tipus valor		Origen dades	Tipus dades
Codi de la mostra	Text		Usuari	Manual
Data	Data		Calendari telèfon	Automàtic
UTM X	Numèric		GPS telèfon	Automàtic
UTM Y	Numèric		GPS telèfon	Automàtic
Z	Numèric		GPS telèfon	Automàtic
Error GPS	Numèric		GPS telèfon	Automàtic
Tipus de mostra	Llistat	Arbre	Usuari	Manual
		Arbust		
		Sediment		
Espècie vegetal	Text		Usuari	Manual
Unitat Geològica	Text		Mapa geològic	Automàtic
Observacions	Text		Usuari	Manual
Fotografia	Adjunt		Càmera telèfon	Manual

Taula 3.1. Estructura dels camps inclosos a la taula buida que s'importaven a QField. En aquesta taula és on, posteriorment, es registren les dades preses a camp.

Tant en el cas del sediment com en el de les plantes, la mostra es guarda en una bossa de plàstic minigrip a la que se li han fet prèviament alguns forats per evitar l'acumulació d'humitat (per evitar la presència de fongs).

Les dades s'han registrat mitjançant QField, que es va exportar cap al QGis d'escriptori amb el complement QFieldCloud. Això va permetre descarregar totes les dades recollides durant el mostreig cap a un informe dissenyat amb el programari QGis que facilita la transcripció de les dades de manera instantània. El procés de treball es pot veure, simplificat, a la Figura 3.5.

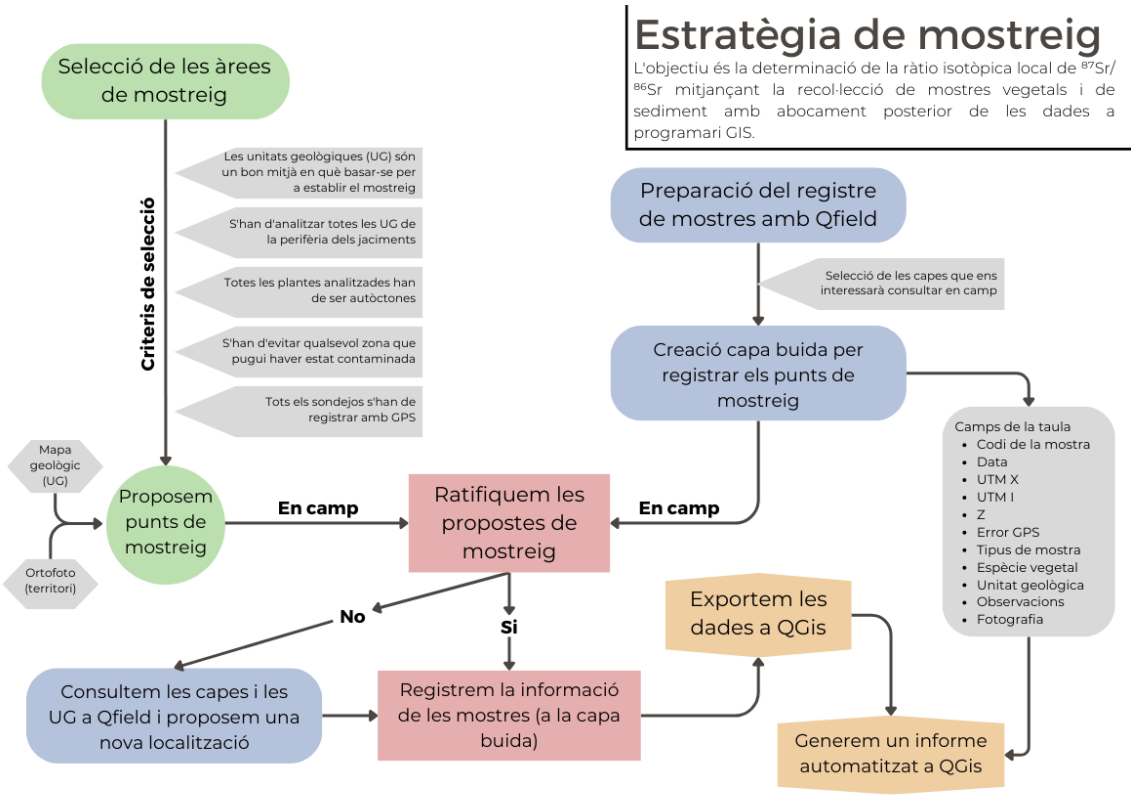


Figura 3.5. Esquema del procés de treball de la metodologia utilitzada per recollir les mostres de vegetació i sediment modern per a l'establiment del referencial d'estronci local biodisponible. Cada color representa una fase del procés: En verd les tasques executades amb el QGis d'escriptori, en blau les del QField, en vermell els processos duts a terme en camp i en taronja aquells posteriors al mostreig.

3.1.1.2. Restes antropològiques

Aquí s'exposaran els criteris que es van seguir per a la selecció de mostres de individus humans pels anàlisis d'estronci i d'oxigen.

Com ja s'ha comentat a capítols anteriors (vegeu capítol 2.3), els isòtops d'oxigen i d'estronci d'un individu s'incorporen a l'esmalt de les dents i als ossos principalment a través de la dieta, ja que es transfereixen des dels aliments que consumeixen fins als seus teixits ossis durant el procés de creixement i metabolisme. L'esmalt dentari, format durant la infància, roman sense modificacions, degut a la seva estructura no porosa (Hoppe et al., 2003), i emmiralla la composició geològica de la localització a on es va mineralitzar aquesta dent. En canvi, l'estructura de la cortical dels ossos és més porosa i per tant més susceptibles a alteracions per diagènesi (Lee-Thorp & Sponheimer, 2003; Nelson et al., 1986; Price et al., 2002). Com cap dels conjunts ossis

analitzats contenien restes calcinades (Snoeck et al., 2015; Vaiglova et al., 2023) només s'ha analitzat l'esmalt dentari.

Com que la mineralització de l'esmalt dentari es forma durant la infància, i un cop format la seva estructura roman inalterada al llarg de la vida, el seu procés de mineralització aporta informació sobre el tipus de composició geològica del lloc on es trobava l'individu en el moment en que s'estava formant la dent (Bentley, 2006; Bocherens & Drucker, 2003; Carames-Pasaron et al., 2012; Comar et al., 1957; Hoppe et al., 2003; Hoppe & Koch, 2007; Pederzani & Britton, 2019; Price et al., 2002; Toots & Voorhies, 1965). Per aquest motiu, l'elecció de la dent per a l'analitzi en humans ha de ser meticulosa. A causa dels períodes de formació de les dents definitives, els resultats de l'anàlisi podrien estar reflectint la ràtio d'estronci de la dona que va alletar a l'individu analitzat. Tenint en compte aquest aspecte, es van planificar els anàlisis de manera que es va optar per seleccionar preferiblement, els segons i tercers molars, al formar-se aquests en moments de la vida suficientment allunyats del període de lactància (Taula 3.2).

Mineralització corona dents permanents en humans							
	Incisius	Canins	1er premolar	2n premolar	1er molar	2n molar	3er molar
Maxil·lar	4,5m – 2,5a	7,5m – 2,5a	2,5a – 6,5a	3,5a – 6,5a	4,5 m – 2,5a	2,5a – 8,5a	8,5a – 15,5a
Mandíbula	7,5m – 2,5a	10,5m – 2,5a	2,5a – 6,5a	2,5a – 6,5a	4,5 m – 2,5a	2,5a – 8,5a	8,5a – 15,5a

Taula 3.2. Rangs de l'edat de mineralització de la corona en la dentició permanent humana expressada en mesos (m) i anys (a). Realitzada a partir de la fig. 6 a AlQahtani et al., 2010.

Com que les poblacions analitzades son arqueològiques, hi han hagut diversos casos en els quals la manca de registre disponible, ha obligat a treballar amb altres peces dentals. En aquests casos, sempre s'ha prioritzat agafar aquelles dents de formació més tardana. El llistat complet de dels individus i dents seleccionades per a l'anàlisi es pot consultar a la base de dades disponible a l'annex A1.1.

L'estudi antropològic de totes les inhumacions humanes ja s'havien realitzat prèviament, pel que en aquesta tesi doctoral no s'han realitzat cap anàlisi d'aquestes característiques. Al jaciment de Mas d'en Boixos es van consultar els informes dels individus neolítics i del bronze realitzats pel Jordi Alfonso, Mª Eulàlia Subirà i Assumpció Malgosa (Alfonso et al., 2000, 2001, 2002, 2004), del que es van agafar les dades d'edat, sexe i conservació dels individus, i les tesis doctorals de la Florènce Allièse (Allièse, 2016) i la Stephanie Duboscq (Duboscq, 2017) que fan propostes de tipologies d'estructures funeràries i dels aixovars que acompanyen als individus neolítics. En el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús, es van utilitzar les dues tesis doctorals ja mencionades a Mas d'en Boixos (Allièse, 2016; Duboscq, 2017). Pel que fa als individus ibers, es van fer servir els informes antropològics de la Mª Eulàlia Subirà i la Mª Carme Rovira Hortalà (Subirà & Rovira Hortalà, 2019) en el cas de Puig Castellar i de la Bibiana Agustí i l'Antonia Díaz Carvajal en el cas d'Ullastret (Agustí & Díaz-Carvajal, 2015). En ambdues publicacions es descriuen el sexe, l'edat i les paleopatologies dels individus que s'utilitzen a la discussió d'aquest treball. Finalment, en el cas de les fosses de la necròpolis de Roquetes, es va fer servir l'informe antropològic en el que es detalla el sexe, edat i disposició d'inhumació dels individus, realitzat pel Jordi Ruiz i la Mª Eulàlia Subirà (Ruiz & Subirà, 2009). En l'apartat corresponent a cada cas d'estudi es referencien els treballs i publicacions dels diferents estudis antropològics i informes d'excavacions arqueològiques que detallen les diverses troballes.

Les dents de fauna dels jaciments de Puig Castellar i Ullastret que han estat utilitzades en aquest treball ja havien estat seleccionades i analitzades prèviament a l'inici d'aquesta tesi doctoral. No es va participar del procés de selecció de les mostres i és per això que no s'ha desenvolupat una metodologia específica per aquest tipus de restes biològiques. En el cas de Tàrrega/Cervera, es van seleccionar dues dents de caprí (dos molars superiors) perquè eren les úniques restes biològiques disponibles de les excavacions del Call de Tàrrega (el carrer jueu) i es va considerar necessari incloure-les a l'estudi.

Per facilitat l'estudi estadístic i la interpretació dels resultats, els individus humans es van classificar en grups d'edat en tant als resultats dels informes ja citats. Aquests grups es van aplicar en tant a l'aplicada en els estudis antropològics i

que es pot resumir en: individus infantils (fins a 12 anys), juvenils (de 13 a 20 anys), adults joves (de 20 a 30 anys), adults (30 a 40) i individus madurs (de 40 a 60 anys).

En el cas de no poder-se determinar l'estimació d'alguna dada antropològica (edat, sexe, paleopatologies, etc.) per manca dels elements diagnòstics (Campillo & Subirà, 2004) es classifica a la base de dades com a "Indeterminat". En el cas de no poder-se determinar alguna dada antropològica per pèrdua de la informació o per manca d'estudis específics, es classifica com a "Desconegut".

El mostreig d'alguns dels individus analitzats es va realitzar a les instal·lacions dels museus i reserves arqueològiques responsables del seu emmagatzematge i conservació, havent obtingut, prèviament, els permisos pertinents. Els individus dels jaciments de Puig Castellar i Ullastret, ja es trobaven en dipòsit al nostre laboratori de la Universitat Autònoma de Barcelona i no es va haver de sol·licitar cap permís per retirar-los. Les restes humanes dels jaciments de Mas d'en Boixos (Neolític i Bronze) estaven depositades al VINSEUM, Museu de les Cultures del Vi de Catalunya (Vilafranca del Penedès) i les de la Necròpolis de Roquetes al Museu Comarcal de l'Urgell (Tàrrega). Moltes gràcies per la seva ajuda i col·laboració a les persones encarregades d'aquestes col·leccions, al Jordi Farré en el cas del VINSEUM i a l'Anna Colet i al Oriol Saula a Tàrrega.

3.1.2. Anàlisi al laboratori

No totes les mostres presentades aquí han estat analitzades en el marc d'aquest treball. En certs casos, s'han utilitzat resultats prèviament publicats en investigacions anteriors i, en altres, s'han fet servir dades analitzades amb anterioritat en el marc del grup de recerca però que encara no s'havien interpretat ni publicat.

Els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ de les mostres humanes de la Bòbila Madurell/Can Gambús es van obtenir de la població analitzada per Díaz-Zorita Bonilla et al (2021) per estudiar la mobilitat humana entre el V i el IV mil·lenni al nord-est de la Península Ibèrica i no van ser analitzades en el marc d'aquest treball.

En el cas de les mostres humanes i de fauna dels jaciments de Puig Castellar i Ullastret, els anàlisis ja s'havien realitzat amb anterioritat en el marc dels projectes "Cabezas cortadas en el oppidum ibérico de Puig Castellar (Barcelona): mujeres, hombres y jóvenes víctimas de la violencia" i "Analítiques entorn a restes humanes ibèriques dipositades al Museu d'Arqueologia de Catalunya" sota la direcció de la Dra. Mª Eulàlia Subirà el primer i de la Dra. Mª Eulàlia Subirà i la Carme Rovira el segon, entre els anys 2014-2019. Els anàlisis dla ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ es van dur a terme en al Laboratori per la Recerca Isotòpica i Bioarqueològica de la Universitat de Tübingen i al *Curt-Engelhorn-Zentruym Archäometrie gGmbH* a Manheim.

Pel que fa a les mostres analitzades en el marc d'aquest treball, els processos de preparació química de les mostres i espectrometria per obtenir la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ es van dur a terme a diferents laboratoris.

A les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), en el marc de l'estada doctoral realitzada al juliol del 2021, sota la direcció del Dr. Luis Ángel Ortega Cuesta i del Dr. Javier Rodríguez Aller, es va realitzar el procés de preparació química i espectrometria de masses de les dents humanes de Mas d'en Boixos i de Tàrrega, així com de les mostres de vegetació i sediment de la Bòbila Madurell/Can Gambús, Puig Castellar i Ullastret.

Les mostres de sediment i vegetació de Mas d'en Boixos i de Tàrrega, es van realitzar al Servei del Laboratori d'Isòtops Radiogènics i Ambientals (LIRA) del GRC Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (UB), sota la direcció del Dr. Leopoldo D. Pena.

En el cas de les anàlisis per obtenir els resultats de $\delta^{18}O$, totes les mostres es van analitzar als laboratoris del *Parque Científico-Tecnológico* de la Universitat de Burgos, sota la direcció del Dr. Eneko Iriarte Avilés.

El procés de neteja i d'extracció de totes les mostres, tant d'estronci com d'oxigen (exceptuant les dents les dents humanes i de fauna de Puig Castellar i Ullastret), es va realitzar al laboratori de Química de l'Os de la Unitat d'Antropologia Biològica de la Universitat Autònoma de Barcelona, sota la direcció de la Dra. Mª Eulàlia Subirà.

3.1.2.1. Isòtops estables d'estronci ($^{87}Sr/^{86}Sr$)

Els treballs duts a terme al laboratori s'han subdividit en tres categories: neteja i extracció de les mostres, preparació química i espectrometria de masses.

Neteja i extracció de les mostres

En el cas de les mostres de **vegetació**, a l'arribar de la sortida de camp es van posar a assecar les mostres de vegetació per a que no agafessin humitat. Com s'ha comentat abans, és important també el com s'han recollit, ja que la utilització de paper de diari a dins de les bosses minimitza en molt la quantitat d'humitat acumulada.

Les mostres es van estendre en petites safates de paper de diari siglades i dividides per mostra (Figura 3.6). Es va deixar cert espai entre les safates per a minimitzar potencials contaminacions i/o l'acumulació d'humitat durant un temps que va variar entre quatre dies i una setmana (depenent del tractament previ que havien tingut les mostres i de la humitat prèvia a la que havien estat exposades). Un altre factor que es va tenir en compte va ser la potencial presència d'insectes sobre les restes de vegetació. En els casos que van ser detectats es van extreure manualment abans del procés d'assecat , ja que els processos de mobilitat geogràfica i el tipus d'alimentació d'aquests insectes poden contaminar la mostra). En el nostre cas, no s'ha dut a terme la congelació, ja que alguns insectes com les paparres i algunes aranyes poden sobreviure, i per tant no es considerar un mètode 100% fiable.



Figura 3.6. Fotografia de mostres vegetals i de sediment de Mas d'en Boixos. Esteses per assecar al laboratori de Química de l'Os de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Una vegada assecades les plantes, s'han posat en un gresol i s'han incinerat al Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB). El gresol s'ha posat en un forn d'alta temperatura (Figura 3.7). S'han marcat els gresols amb el codi assignat a cada mostra amb un llapis, per evitar que la tinta d'un marcador s'evaporés. Vam establir obtenir un mínim de 5g per mostra calcinada, degut a que en el procés d'incineració es perd aproximadament el 90% de la massa de la mostra i es volia arribar als 100mg de cendres per a que la cromatografia posterior fos més fiable. El càlcul del pes es va realitzar amb una bàscula de precisió de quatre decimals.

Un cop pesades i apartades les mostres, es va configurar el forn d'incineració (Hobersal XB Series de 30cm x 30cm) per a que apliques una pujada de temperatura fins a 550ºC durant una hora i mitja (90'), i 2h (120') de temperatura estable a 550ºC.



Figura 3.7. Figura x. Fotografia de mostres vegetals de Tàrrega abans (a dalt) i després (a baix) de passar pel forn (Hobersal XB Series de 30cm x 30cm) al Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB).

A l'igual que la vegetació, el **sediment** també es va deixar assecar per eliminar la humitat. El procés va ser el mateix: safates de paper de diari, siglades, en una superfície llisa durant un temps variable de entre 2 a 3 dies (el sediment s'asseca abans). Igual que en cas anterior, es van retirar els possibles insectes que s'haguessin recollit conjuntament amb la mostra, així com arrels i material vegetal que es pugui veure a simple vista.

El processat del sediment va consistir en tamisar les mostres amb una criba de 2mm de grossor de malla, reservant uns 60g per la realització de l'analítica. El tamisat es va fer dos cops per mostra, amb la intenció de minimitzar la quantitat de material vegetal i d'altres elements que podrien impactar negativament a la cromatografia. Entre mostra i mostra es va netejar mecànicament la criba, per evitar possibles contaminacions creuades.

Les **dents** (tant les humanes com les de fauna) es van netejar de forma superficial mitjançant un bany d'ultrasons Bransonic® (model 5510EDTH). Per a fer això es va banyar cada dent individualment en tubs d'assaig siglats amb el codi de cada mostra amb aigua desionitzada i es van posar en una gradeta dins del bany d'ultrasons (Figura 3.8). Es van fer tandes de 10'-15' i uns tres banys per mostra (canviant l'aigua desionitzada de cada tub d'assaig a cada bany). En alguns casos s'han hagut de fer més tandes, degut a la duresa d'algunes incrustacions a les dents. Es van acompanyar les neteges amb rentats mecànics amb un raspall entre bany i bany a cada mostra. Un cop realitzades totes les tandes, es van anar posar les dents a unes safates de paper de diari (siglades) i es van deixar assecant un mínim de 24h.

La següent part del processat de les dents és l'extracció de l'esmalt de la mostra. Es va fer servir una broca dental Dremmel® (300 Series 300-25 Hobby) amb mola de diamant de 4,4 mm per a realitzar una primera passada superficial per les dents, amb la intenció de netejar l'esmalt abans de fer l'extracció de la mostra. Un cop fet això, es van realitzar abrasions horitzontals (una única abrasió per dent) a la part superior de la corona, amb una mola de diamant de 2mm, a sobre d'un tub Eppendorf obert (amb el pes tarat i prèviament siglat) amb cura de no arribar a la dentina i contaminar la mostra. En tots els casos es van extreure entre 15 i 20mg de mostra.

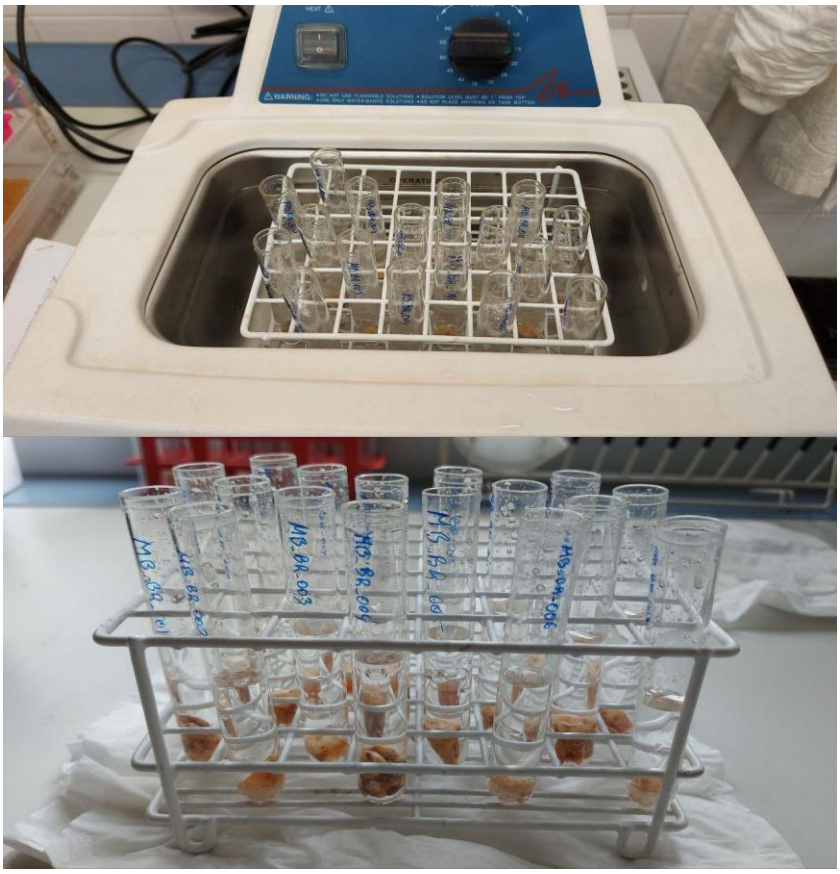


Figura 3.8. Fotografia de dents humanes de Mas d'en Boixos durant el procés de neteja amb el bany d'ultrasons Bransonic® (model 5510EDTH). La primera fotografia (a dalt) és durant un dels banys i la segona (a baix) just acabat el darrer bany (l'aigua miliQ ja surt transparent).

Preparació química

En el cas de la metodologia seguida per a la preparació química de les mostres, els mètodes aplicats tant a les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) com al Servei del Laboratori d'Isòtops Radiogènics i Ambientals (LIRA) del GRC Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (UB) son exactament els mateixos. En el cas de les mostres analitzades al Laboratori per la Recerca Isotòpica i Bioarqueològica de la Universitat de Tübingen i al *Curt-Engelhorn-Zentruym Archäometrie gGmbH* a Manheim, la metodologia canvia i s'explicarà posteriorment a la dels dos primers laboratoris.

Independentment de les particularitats de cada tipus de mostra (sediment, vegetació o esmalt dental) el procés de purificació de les mostres implica separar l'estronci de la resta d'elements que no ens interessen i que poguessin contenir

les mostres analitzades. Per aconseguir això, una vegada processada la mostra (com s'ha explicat al capítol anterior) es dissol en àcid nítric de diferents concentracions (HNO_3 0,05N y HNO_3 7M) i es passa la dissolució restant a través d'unes columnes cromatogràfiques (BIO-RAD, "Bio-Spin Disposable Chromatography Columns") que contenen una resina específica (Sr-resin, Triskem International, Bruz, France) que retindrà els isòtops d'estronci i deixarà passar la resta d'elements. Això permetrà recuperar de la resina l'estronci purificat (Pin & Bassin, 1992).

Un cop incinerades les mostres de **vegetació**, es van bolcar 100mg de la mostra en uns pots de tefló específics per aquest pas (Savillex^{tm} model 200-015-12 15mL). Després es va lixiviar la mostra amb 1.5ml de HNO_3 7M durant 60'-90'. Un cop acondicionades les columnes cromatogràfiques, es va dur a terme el bolcat de la mostra cap a la columna mitjançant un filtre de xeringa de tefló (<0.2 µm de llum de malla). En alguns casos es van haver de centrifugar les mostres i pipetejar directament del pot de la mostra a la columna, degut a que hi havia massa matèria orgànica. Després, es van afegir tres tandes de 1000 µl de HNO_3 7M a cada columna, per poder arrastrar tots els elements, com calci o rubidi, que no fossin estronci, de la resina cap als vials de rebuig. Finalitzat aquest pas, es van treure els vials de rebuig de sota de les columnes i es van col·locar els pots de mostra (ja per enviar al espectròmetre) sota la boca de les columnes i es van netejar amb dos volums de 1ml de HNO_3 0,05N a cada columna, per així arrastrar l'estronci cap al vial. Finalment, es van col·locar els vials a un tambor durant 24h sota una font de calor (rajos infrarojos) per a evaporar els àcids.

En el cas de les mostres de **sediment**, un cop tamisades, es va apartar 1g d'aquesta a uns pots de tefló específics per aquest pas (Savillex^{tm} model 200-015-12 15mL). Sobre aquesta mostra es va afegir 2.5 ml de nitrat amònic de 1M (NH_4NO_3) i es va agitar durant 8h a 250 rpm a un agitador orbital (Figura 3.9). A continuació vam transferir les mostres a un tub de centrífuga de 10ml i les centrifuguem a 4000 rpm durant 15' (model 5702 d'Eppendorf). Una vegada acabat, es va agafar el líquid sobrenedant i es va evaporar amb un dispositiu d'evaporació (Analab Evapoclean 12 x 25 mL) durant 24h. Un cop finalitzat aquest pas, es van afegir 2/3 gotes d'aigua oxigenada amb un goteró per eliminar

la matèria orgànica restant i es va deixar durant una nit més a temperatura suau sobre una placa calefactora.

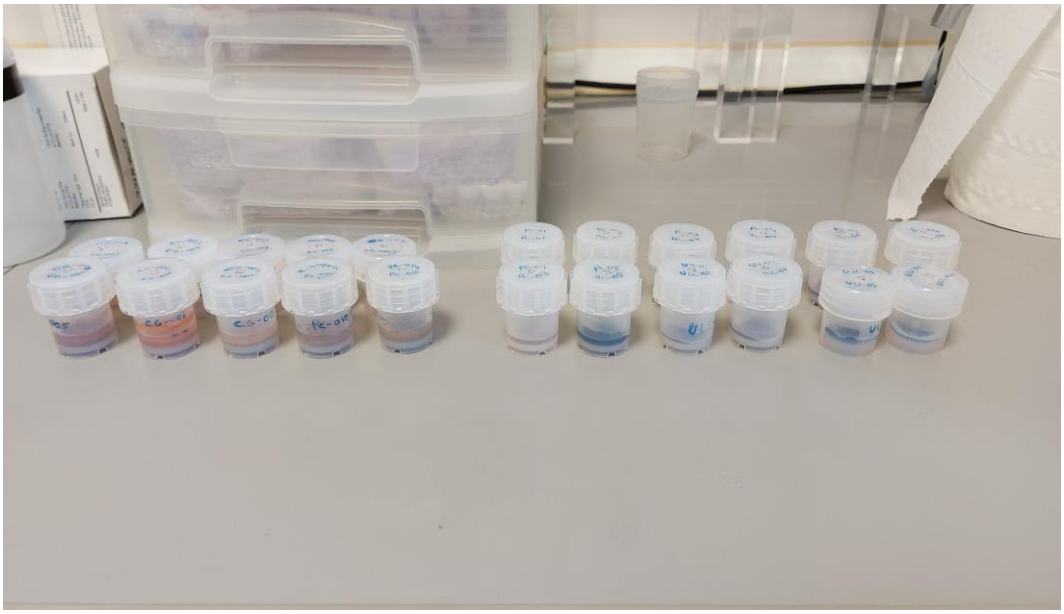


Figura 3.9. Fotografia de mostres de sediment de Puig Castellar, Ullastret i de la Bòbila Madurell/Can Gambús després de haver passat per l'agitador orbital a les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

Posteriorment, es van afegir 1'5 ml de HNO_3 7M i es va deixar reposar durant 2/3h sobre la placa calefactora un altre cop. Un cop acondicionades les columnes, es va carregar la mostra amb pipeta i es van afegir tres tandes de 1000 µl de HNO_3 7M a cada columna, per poder arrastrar tots els elements, com calci o rubidi, que no fossin estronci, de la resina cap als vials de rebuig. Finalitzat aquest pas, es van treure els vials de rebuig de sota de les columnes i es van col·locar els pots de mostra (ja per enviar al espectròmetre) sota la boca de les columnes i es van netejar amb dos volums de 1ml de HNO_3 0,05N a cada columna, per així arrastrar l'estronci cap al vial. Finalment, es van col·locar els vials a un tambor durant 24h sota una font de calor (rajos infrarojos) per a evaporar els àcids.

Les dents, després de realitzar l'extracció, es va afegir 1mL de 7M HNO_3 al vial Eppendorf per dissoldre la mostra i preparar-la per a la cromatografia. Un cop acondicionades les columnes cromatogràfiques, es va carregar la mostra

prèviament diluïda. Després, es van afegir tres tandes de 1000 µl de HNO_3 7M a cada columna, per poder arrastrar tots els elements, com calci o rubidi, que no fossin estronci, de la resina. Finalitzat aquest pas, es van treure els vials de rebuig de sota de les columnes i es van col·locar els pots de mostra (ja per enviar al espectròmetre) sota la boca de les columnes i es van netejar amb dos volums de 1ml de HNO_3 0,05N a cada columna, per així arrastrar l'estronci cap al vial (Figura 3.10). Finalment, es van col·locar els vials a un tambor durant 24h sota una font de calor (rajos infrarojos) per a evaporar els àcids.

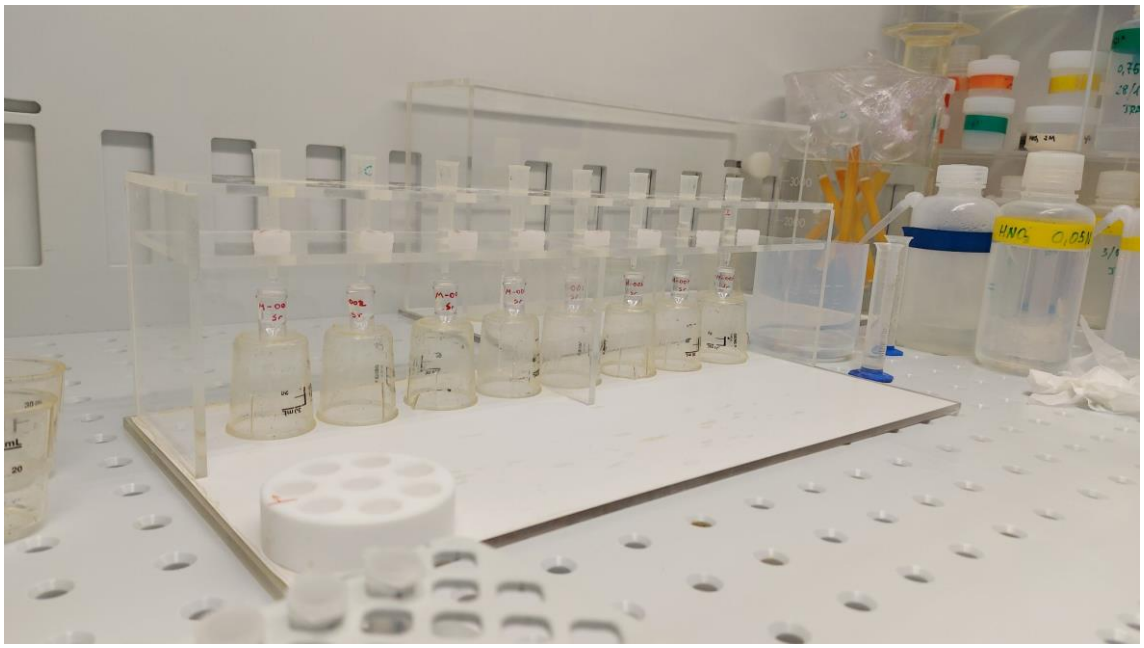


Figura 3.10. Figura x. Fotografia del final del procés de cromatografia, es pot veure les columnes decantant (en haver afegit dos volums de 1ml de HNO3 0,05N a cada columna) l'estronci cap als pots de mostra (ja per enviar al espectròmetre) a les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).

En el cas de les dents humanes i de fauna (Puig castellar i Ullastret) analitzades al Laboratori per la Recerca Isotòpica i Bioarqueològica de la Universitat de Tübingen i al *Curt-Engelhorn-Zentruym Archäometrie gGmbH* a Manheim, la metodologia de purificació química de l'estronci canvia al respecte dels altres dos laboratoris.

En aquest laboratori, per a cada mostra de **dent** es van dissoldre 10-12 mg d'esmalt dental en pols en 0,50 ml de 3N HNO_3. A continuació, es va separar

l'estronci de la matriu de la mostra utilitzant resina EiChrom SrSpec. L'esmalt dental dissolt es va evaporar i es va dissoldre en 0,25 ml d'HNO_3 5M. L'estronci es va separar de la matriu de la mostra utilitzant resina EiChrom SrSpec carregada en la punta d'una columna de vidre. El volum total de resina va ser d'aproximadament 50 µL. La resina es va utilitzar una vegada per a l'elució de la mostra i després es va rebutjar. La resina SrSpec es va empapar prèviament i es va rentar amb H_2O per a eliminar l'estronci present en el procés de fabricació de la resina. La resina es va tornar a netejar en la columna amb rentades repetides d'H_2O desionitzat i es va condicionar amb 750 µL d'HNO_3. La mostra dissolta es va carregar en 250 µL d'HNO_3 5M, es va rentar amb 500 µL d'HNO3 5M i, a continuació, es va eluir l'estronci amb 1000 µL d'H_2O.

Espectrometria de masses

Les mostres d'estronci es van dissoldre en 2mL de HNO_3 0,32 M i es van diluir fins arribar a una concentració final de 200 ng Sr/g solució.

En el cas de les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), les mostres es van introduir com aerosols humits a un espectròmetre Thermo Neptune MC-ICP-MS mitjançant un micronebulitzador PFA d'ESI amb aspiració nominal de 50L min^{-1} i una càmera de expansió dual ciclònica-Scott de doble pas. La mesura espectromètrica es va realitzar en 4 blocs de 25 cicles de mesura cadascun, amb un temps d'integració de 8s per cicle. Les línies de base electròniques dels amplificadors es van sostreure al començament de cada un d'aquests cicles. El fraccionament de masses instrumental es va corregir mitjançant l'adició de solució monoelemental de zirconi amb una concentració de 300ng Zr/g solució, segons el protocol descrit a Yang et al. (2008) però havent-hi calculant el fracciona a partir dels valors empírics obtinguts per a la relació $^{92}Zr/^{90}Zr$ (Liu et al., 2012). La interferència del criptó (Kr) es va corregir seguint el protocol de Balcaen et al. (2005).

Pel que fa a les mostres analitzades al Servei del Laboratori d'Isòtops Radiogènics i Ambientals (LIRA) del GRC Geociències Marines de la Universitat de Barcelona (UB), les relacions isotòpiques d'estronci es van determinar amb un MC-ICPMS Nu Plasma 3 (PANTHALASSA) al Centres Científics i Tecnològics

de la Universitat de Barcelona (CCiT-UB). Per la determinació dels ratis $^{87}Sr/^{86}Sr$ es van corregir les interferències analítiques i es van normalitzar els resultats amb l'estàndard extern de referència NBS987.

Al Laboratori per la Recerca Isotòpica i Bioarqueològica de la Universitat de Tübingen i al *Curt-Engelhorn-Zentruym Archäometrie gGmbH* a Manheim, les mostres van ser analitzades amb un espectròmetre de masses de plasma d'acoblament inductiu multicolector Neptune (MC-ICP-MS) al *Metals, Environmental and Terrestrial Analytical Laboratory.* Es va fer servir l'estàndard SRM-987 per determinar l'error de la mostra i es va veure que els valors del patró de l'estàndard coincideixen amb els analitzats a les mostres (Balcaen et al., 2005; Stein et al., 1997).

En tots els casos, la precisió interna de les mesures s'ha representat a les taules mitjançant el doble error estàndard en valor absolut.

3.1.2.2. Isòtops estables d'oxigen ($\delta^{18}O$)

Pel que fa als anàlisis d'oxigen, com s'ha introduït a l'apartat 2. 3. 2., en els casos d'estudi treballats en aquesta tesi doctoral no s'han realitzat anàlisis d'oxigen referencial local, si no que directament s'han realitzat anàlisis d'oxigen a les dents dels individus analitzats, amb la idea de amplificar la variabilitat estadística afegint un altre *proxy* als anàlisis isotòpics d'estronci. En el cas de la metodologia exposada en aquest subcapítol, tot el processament de mostres d'oxigen es va realitzar al laboratori de Química de l'Os de la Unitat d'Antropologia Biològica de la Universitat Autònoma de Barcelona i totes les analítiques als laboratoris del *Parque Científico-Tecnológico* de la Universitat de Burgos, exceptuant les mostres humanes i de fauna de Puig Castellar i Ullastret, que es van realitzar al Laboratori per la Recerca Isotòpica i Bioarqueològica de la Universitat de Tübingen i al *Curt-Engelhorn-Zentruym Archäometrie gGmbH* a Manheim.

Neteja i extracció de les mostres

Les dents de les quals es van realitzar anàlisis d'isòtops d'oxigen son les mateixes que dels anàlisis d'estronci (en els casos en els que la conservació de la mostra ho ha permès). L'extracció de la mostra es va realitzar seguint la mateixa metodologia d'extracció que en el cas de les mostres d'estronci

(detallada al apartat 3.1.1.1.) i es va extreure una única mostra per individu. Com el que es vol es afegir un proxy a l'estronci analitzat, no es va veure necessari realitzar anàlisis seqüencials.

Les dents es van netejar de forma superficial mitjançant un bany d'ultrasons Bransonic® (model 5510EDTH). Per a fer això es va banyar cada dent individualment en tubs d'assaig siglats amb el codi de cada mostra amb aigua desionitzada i es van posar en una gradeta dins del bany d'ultrasons. Es van fer tandes de 10'-15' i uns tres banys per mostra (canviant l'aigua desionitzada de cada tub d'assaig a cada bany). En alguns casos s'han hagut de fer més tandes, degut a la duresa d'algunes incrustacions a les dents. Es van acompanyar les neteges amb rentats mecànics amb un raspall entre bany i bany a cada mostra. Un cop realitzades totes les tandes, es van anar posar les dents a unes safates de paper de diari (siglades) i es van deixar assecant un mínim de 24h.

La següent part del processat de les dents és l'extracció de l'esmalt de la mostra. Es va fer servir una broca dental Dremmel® (300 Series 300-25 Hobby) amb mola de diamant de 4,4 mm per a realitzar una primera passada superficial per les dents, amb la intenció de netejar l'esmalt abans de fer l'extracció de la mostra. Un cop fet això, es van realitzar abrasions horitzontals a sobres d'un tub Eppendorf obert (amb el pes tarat i prèviament siglat) amb cura de no arribar a la dentina i contaminar la mostra amb una mola de diamant de 2mm. A l'extracció s'ha obtingut en tots els casos un mínim de 5mg i un màxim de 7mg de mostra.

Les mostres analitzades al Laboratori per la Recerca Isotòpica i Bioarqueològica de la Universitat de Tübingen i al *Curt-Engelhorn-Zentruym Archäometrie gGmbH* a Manheim es van preparar de forma diferent. Es van extreure mostres de 8mg d'esmalt dental amb un dispositiu de perforació Dremmel equipat amb broques de punta de diamant. El material orgànic es va eliminar utilitzant una solució de NaOCl al 2% durant un període de 24 hores, seguit d'una solució tampó d'àcid acètic Ca-acetat 0,1M durant altres 24 hores, després de la qual cosa es va assecar la mostra (Bocherens et al., 1996).

Espectrometria de masses

Als laboratoris del Parque Científico-Tecnológico de la Universitat de Burgos es va realitzar l'anàlisi en un espectròmetre de masses de relacions isotòpiques

(IRMS) de flux continu Thermo Scientific Delta Plus equipat amb un dispositiu de preparació e injecció de mostres de carbonat Thermo Scientific Gas-Bench *II*. Les mostres de carbonat polvoritzades es van dirigir en vials de borosilicat, prèviament purgats mitjançant He gasós, utilitzant àcid fosfòric anhídrid al 99'9% a 70ºC. Per avaluar l'exactitud dels anàlisis (amb precisió analítica externa) i calibrar els valors isotòpics obtinguts, es van fer servir els materials de referència internacionals IAEA-603 ($\delta^{13}C$= +2'46‰, $\delta^{18}O$= -2'37‰) i NBS18 ($\delta^{13}C$= -5'014‰, $\delta^{18}O$= -23'2‰). Els resultats s'expressen en parts per mil amb respecte de l'estàndard Vienna Pee Dee Belemnite (‰ V-PDB). Segons aquests anàlisis els valors isotòpics d'oxigen i carboni estables es van mesurar amb una precisió de 0'02‰ i 0'02‰ respectivament. L'error de precisió intern mitjà a 1 sigma (deu injeccions per mostra) és de 0'03‰ pel $\delta^{18}O$ i del 0'03‰ pel $\delta^{13}C$. La reproductibilitat es va verificar mitjançant l'anàlisi per duplicat d'alguna de les mostres i, en el cas dels resultats inicials aparentment aberrants, es van realitzar anàlisis i mostrejos repetits.

En el cas del laboratori de Tübingen, les mostres es van analitzar a 70 °C utilitzant un ThermoFinnigan Gasbench II connectat a un Finnigan Delta Plus XL CFIRMS en la Universitat de Tübingen per a obtenir els valors $\delta^{13}C$ i $\delta^{18}O$ de la fracció carbonatada de la bioapatita. Les abundàncies isotòpiques s'expressen com a valors δ (delta) en parts per mil (‰). Els estàndards són el carbonat marí V-PDB per a carboni i oxigen i V-SMOW per a oxigen. Per a les mostres fòssils l'error analític és de 0,1 i 0,2‰ per a $\delta^{13}C$ i $\delta^{18}O$, respectivament, basat en anàlisis isotòpiques múltiples d'esmalt dental d'elefant i hipopòtam preparats i analitzats al mateix temps que les mostres fòssils.

3.1.3. Anàlisi de les dades i representació gràfica dels resultats

Per dur a terme l'anàlisi estadística i representació gràfica dels resultats obtinguts, s'ha fet servir RStudio (v. 2023.09.0+463) com a entorn de desenvolupament integrat per a la programació en R (v. 4.0.5), proporcionant una plataforma eficaç per a la implementació dels scripts i la realització de l'anàlisi estadística. En aquest sentit, els paquets específics de R que han estat emprats son: car (v. 3.0.10), carData (v. 3.0.4), dplyr (v. 1.0.10), factoextra (v. 1.0.7), ggalt(v. 0.4.0), ggplot2 (v. 3.3.6), ggdendro (v. 0.1.23), ggrepel (v. 0.9.3), gridExtra (v. 2.3), hrbrthemes (v. 0.8.0), patchwork (v. 1.1.3), plotly (v. 4.10.2),

readxl (v. 1.3.1), viridis (v. 0.6.4). L'aplicació específica de cada paquet està detallada al script adjunt (annex A5).

El procés de tractament de les dades s'inicia amb l'aplicació de tests de normalitat a totes les mostres, mitjançant la prova Shapiro-Wilk, complementat amb qqplots per a una visualització efectiva dels resultats. Aquesta metodologia permet avaluar la normalitat de les distribucions, essencial per a una interpretació precisa dels mètodes estadístics posteriors.

Posteriorment, s'ha realitzat la comparació de mitjanes entre individus humans i els ratis isotòpics $^{87}Sr/^{86}Sr$ locals analitzats a les mostres de vegetació i sediment recollit en camp. Aquesta comparació s'ha realitzat mitjançant un bucle "for" en el que es compara, amb la prova de T de Student (en els casos d'una distribució normal) o amb el test de Mann-Whitney (en els casos d'una distribució no normal), la mitjana de totes les mostres referencials locals amb el valor d'estronci de cada individu del jaciment. En aquest anàlisi, la coincidència de mitjanes dins de l'interval de confiança del 95%, s'interpreta com una coincidència dels valors referencials locals amb els valors dels individus, és a dir, com a localitat.

En els casos en els que s'han comparat mitjanes de grups de variables, s'han realitzat les proves de Kruskal-Wallis, en cas de no paramètriques, o de l'anàlisi de variància (ANOVA) en el cas de les distribucions paramètriques. En el cas d'haver trobat diferències entre els grups, es van fer servir les proves ad-hoc de Dunn i de Tukey (respectivament a Kruskal-Wallis i ANOVA) per identificar quins grups eren els que eren diferents entre ells.

En alguns dels casos presentats en aquet treball, es va aplicar el coeficient de correlació de Pearson per avaluar la correlació entre dues variables numèriques.

La representació gràfica dels resultats s'ha realitzat amb gràfics de dispersió "dotplot" (ggplot2 v. 3.3.6), que destaquen les relacions numèriques-qualitatives ($^{87}Sr/^{86}Sr$ o $\delta^{18}O$ – variable arqueològica) i numèriques-numèriques ($^{87}Sr/^{86}Sr$ - $\delta^{18}O$). A més, es van incorporar en aquests gràfics l'interval de confiança del 95% derivat de les proves de la T de Student o de Mann-Whitney (en el cas que correspongui) i amb el rang mínim i màxim del 100% del valor de les mostres assumides com a referencials locals.

S'ha comparat la distribució de les mostres mitjançant gràfics de densitat i boxplots (ggplot2 v. 3.3.6), aplicats als tipus de litologies i als ratis isotòpics $^{87}Sr/^{86}Sr$ d'individus i a diverses variables arqueològiques (aixovar, tipus d'estructura, sexe, edat dels individus, etc), amb l'objectiu de proporcionar una perspectiva més clara sobre les distribucions de les variables.

En alguns casos, s'han realitzat dendrogrames per a les comparacions entre ratis isotòpics $^{87}Sr/^{86}Sr$ per espècie de fauna i humana, en contrast amb els ratis isotòpics $^{87}/^{86}Sr$ locals calculats a partir de la vegetació i el sediment recollit en camp. Aquests dendrogrames s'han classificat per grups en tant a la determinació del nombre òptim de clústers (factoextra v. 1.0.7) mitjançant el mètode "elbow", aplicat als ratis isotòpics $^{87}Sr/^{86}Sr$ amb $\delta^{18}O$.

3.1.4. Conceptualització de la localitat/no localitat i proposta de mètode

La gran aportació a l'arqueologia dels mètodes isotòpics que permeten inferir en la mobilitat de les societats és, sense cap mena de dubte, el poder discernir individus que se'n surten de la "habituabilitat" dels valors d'una zona. El que s'ha fet servir per a esbrinar quins individus d'una societat eren locals i quins no ho eren, normalment, és la conceptualització d'uns valors referencials locals d'un àrea que envolta un jaciment, o un grup de jaciments, i la coincidència dels individus amb aquests valors. Les implicacions en l'anàlisi d'una societat a partir d'aquesta pregunta son profundes i complexes per diverses raons. Primer, que el concepte de local/no local i la distància requerida per a designar un o un altre és totalment depenent del context socioeconòmic d'una societat i per tant difícilment es podrà generar un concepte general hàbil per a tots els contextos històrics. Segon, alimentacions diferents poden donar valors isotòpics diferents, pel que un grup assumit com a no local en realitat podria haver-se alimentat de forma diferent. Tercer, la metodologia inherent a les ràtios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ no ens permet, en l'actualitat, determinar orígens d'individus per manca de mapejos territorials generalitzats i per que no hi ha forma (que no sigui mitjançant informació arqueològica derivada d'altres evidències) de distingir unitats geològiques de períodes i litologies similars.

En aquest treball, s'ha establert una metodologia que busca donar solució a aquesta problemàtica. Aquest mètode ve inspirat per diversos estudis recents

que han vingut a proposar alternatives a la conceptualització històrica de local/no local que s'ha fet en l'arqueologia d'isòtops. Per exemple, Snoeck et al. (2016) recullen mostres en dos rangs de distància al voltant dels jaciments de 5km i de 20km i classifiquen els individus com locals (<5km), regionals (5-20km) o forasters (>2σ rang de 20km) d'acord amb la coincidència dels seus valors isotòpics amb cadascun d'aquests rangs. A Cavazzuti et al. (2019), estableixen 3 rangs de mostreig i els anomenen com a “àrea de captació de l'assentament” (<5km), “entorn immediat” (5-20km) i “entorn ampliat” (>50km) i defineixen la mobilitat dels individus i de les seves activitats de subsistència en tant a aquests rangs.

En aquest treball, s’agafen mostres de vegetació moderna i de sediment representatives de les diferents unitats geològiques representades en torn a cadascú dels jaciments objecte d’estudi. En aquest sentit, en lloc d'establir rangs des d'una determinació prèvia de les àrees de captació de recursos, s’intenta fugir de la dicotomia de “local” i “no local” a fi de generar les bases per a una isoscape pel NE de la Península Ibèrica a partir de proposar rangs isotòpics per als diferents períodes geològics analitzats. A partir d'aquestes propostes de rangs per a cada període geològic, s'han revisat les composicions geològiques dels voltants de cada jaciment i, segons la distribució dels valors dels individus de cada jaciment, s'han suggerit possibles àrees d'activitats on es desenvolupessin les activitats de subsistència de la societat en qüestió que fossin consistents amb els valors geològics proposats.

Bloc 4. Materials

Les aplicacions de les anàlisis isotòpiques en aquest treball es realitzen a contextos cronològics molt diversos, pel que aquest apartat es planteja com una introducció a les diverses problemàtiques tractades a la tesi, una introducció cronocultural dels períodes estudiats al llarg de tot el treball i una presentació dels jaciments inclosos a la tesi, així com una història de la recerca i les intervencions dutes a terme. Finalment, també s'inclou un darrer apartat a cada període, on es presenten i descriuen els conjunts arqueològics analitzats.

4.1. Neolític Mitjà

4.1.1. Context cronocultural

El Neolític al nord-est de la Península Ibèrica es divideix en 3 principals moments o fases: Neolític Antic (5714-5384/4366-4029 cal ANE), Neolític Mitjà (4156-4076/3626-3573 cal ANE) i Neolític Final (3560-2590 cal ANE) (Morell Rovira 2019; Oms et al. 2016). Als inicis del Neolític al NE de la Península Ibèrica predomina un poblament mixt, amb habitatges en cova i a l'aire lliure (Edo et al. 2022). Els diversos estudis realitzats en els darrers anys en clau de els activitats de subsistència (Antolín i Saña 2022) mostren una convivència entre una agricultura intensiva, en camps permanents propers als assentaments (Antolín, Jacomet, i Buxó 2015) amb una explotació dels recursos naturals salvatges de les proximitats dels jaciments (Antolín i Jacomet 2015; Buxó 1997) i una explotació dels ramats molt variada en termes d'espècies, amb una presència de la cacera escassa, amb un aprofitament tant càrnic com làctic (Antolín et al. 2014; Saña et al. 2020). Aquest model de ramaderia, mantenint als animals en l'àrea més immediata de l'assentament podria haver comportat una sobreexplotació dels recursos disponibles que va afavorir pràctiques de gestió del ramat basades en la mobilitat (Antolín i Saña 2022).

Al Neolític Mitjà es produeix un canvi en el patró d'assentament al respecte del que es veu en moments anteriors. A partir de la primera meitat del IV mil·lenni ane es pot veure una disminució dels assentaments en cova en favor dels assentaments en plana. Aquests s'agrupen a zones d'interior properes a la costa, mantenint la zona més central de l'actual Catalunya més deshabitada, probablement degut a una intensificació de l'agricultura (Molist 1992; Morell et al. 2016; Morell Rovira 2019).

La majoria de contextos arqueològics d'aquestes èpoques son funeraris i es concentren en agrupacions d'una vintena d'estructures com a molt, amb casos excepcionals com la Bòbila Madurell/Can Gambús, que excedeixen la norma amb més de 175 estructures funeràries documentades (Gibaja et al. 2017; Martín et al. 1988; Roig et al. 2010; Roig Buxó i Coll Riera 2010). Pel contrari, el registre domèstic roman pràcticament indocumentat (Bravo et al. 2015; Gibaja et al. 2004; Roig et al. 2010). És per aquesta recurrència d'estructures tipo d'enterrament que s'ha vingut a caracteritzar aquest període com a cultura dels Sepulcres de Fossa (Muñoz 1965).

Aquestes societats tindrien una economia principalment agro-ramadera, amb poques evidències d'alimentació marina, i escassa presència de cacera (Antolín et al. 2017; Antolín i Saña 2022; Fontanals 2015; Gibaja et al. 2004; Masclans 2017). Una de les característiques més particulars d'aquestes poblacions és l'explotació i intercanvi d'alguns materials i objectes arqueològics arreu el Mediterrani occidental (Gibaja et al. 2004, 2018; Gibaja Bao 2003; Masclans 2017; Vaquer et al. 2012). Tot i que a nombrosos jaciments d'aquest període s'ha demostrat una predominança de recapte de materials locals per a la fabricació de la majoria d'artefactes trobats al jaciment (Borrell i Bosch 2012; Masclans 2017; Quevedo et al. 2020; Villalba 1986). Aquestes xarxes d'intercanvi de materials exògens semblen desaparèixer cap al IV mil·lenni ANE (Gibaja, 2004).

Quant al material arqueològic trobat als contextos funeraris, com ja s'ha mencionat una de les principals particularitats d'aquesta època és la presència de materials de procedència exògena depositats com aixovar. Materials com el sílex melat, que es feia servir per a descarnar, treballar la pell o la (Gibaja 2004; Gibaja et al. 2004) i que es creu que ve del sud-est de l'actual França. Altres artefactes son les destrals polides (la majoria produïdes amb materials locals) fabricades amb materials com jadeïta i d'eclogita, probablement provinent dels Alps, amfibolita dels Pirineus i fibrolita del Massís Central francès (Masclans 2017, 2019). Pedres de variscita, probablement provinents de les mines de Gavà-Can Tintorer (Barcelona) (Domínguez-Bella i Bóveda 2011; Herbaut i Querré 2004; Morell Rovira 2019). Obsidiana provinent de de Sardenya (Gibaja et al. 2014; Morell Rovira 2019) que, encara que al nord-est de la península tenim poques peces, totes es concentren a la mateixa zona, la depressió prelitoral. I,

finalment, les ceràmiques de boca quadrada, forma ceràmica molt lligada a contextos del neolític del nord d'Itàlia. Aquestes ceràmiques sembla ser que estaven produïdes amb materials locals (Cubas et al. 2017) el que suggereix que, malgrat la peça ja produïda no fos el que arriba de fora, sí que com a mínim deixa entreveure alguna forma de contacte (directe o indirecte) entre aquesta zona i el nord-est peninsular (Duboscq, 2017; Morell Rovira, 2019). En aquest sentit, és curiós que, mentre als jaciments del Vallès es troben moltes restes d'aquests materials, a l'altre àrea estudiada en aquesta tesi, el Penedès, ressalta la seva escassesa (Masclans 2017).

Tenint en compte aquest context de les societats associades als Sepulcres de Fossa, en aquesta tesi doctoral s'estudien diferents restes humanes del Neolític Mitjà de dos jaciments arqueològics, la Bòbila Madurell/Can Gambús (Vallés Occidental, Barcelona) i Mas d'en Boixos (Alt Penedès, Barcelona) i es busca determinar els patrons de mobilitat per part d'aquestes societats tenint en compte la informació funerària existent, aixovar, tipologia i estructura d'enterrament en col·lació amb els resultats isotòpics. Així mateix, la comparació d'aquests dos jaciments és interessant perquè permet esbrinar si existeix alguna correlació entre la presència/absència d'aquests materials exògens i la mobilitat dels individus analitzats.

4.1.2. La Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental)

4.1.2.1. Introducció

El jaciment arqueològic de la Bòbila Madurell-Can Gambús és un poblat i necròpolis amb una ocupació al Neolític Mitjà entre el 4100-3500 cal ANE composat per centenars d'estructures negatives de dos tipus: funeràries i sitges d'emmagatzematge (moltes d'elles reaprofitades com a escombreres). Es troba entre els municipis de Sant Quirze del Vallès i Sabadell (Vallès Occidental, Barcelona), a la Depressió del Vallès-Penedès, entre les serralades Litoral i Prelitoral. Geològicament, el substrat son sediments quaternaris que cobreixen conglomerats i fàcies argilenques del Miocè superior. L'àrea del jaciment es composa, majoritàriament, per material detrític de la serralada Prelitoral, principalment d'argila vermella quaternària, llims i sorres. El jaciment es troba

entre les ciutats de Sabadell i Sant Quirze, essent una de les principals característiques del territori adjacent la seva profunda antropització. L'activitat humana contemporània ha tingut un impacte molt elevat en la zona, ja que el jaciment es troba en una zona de polígons industrials, havent estat prèviament un territori amb una intensa activitat agrícola. L'activitat industrial de les fàbriques de Bòbila Madurell i Bòbila Palazon, així com la construcció de la carretera C58 van tenir un profund impacte en alguns dels Sepulcres de Fossa, destruint inclús part de la necròpolis. Per això la conservació de les restes neolítiques es limita a les estructures negatives, incloent tombes i estructures domèstiques com sitges i fosses utilitzades com escombreres (Masclans 2017).

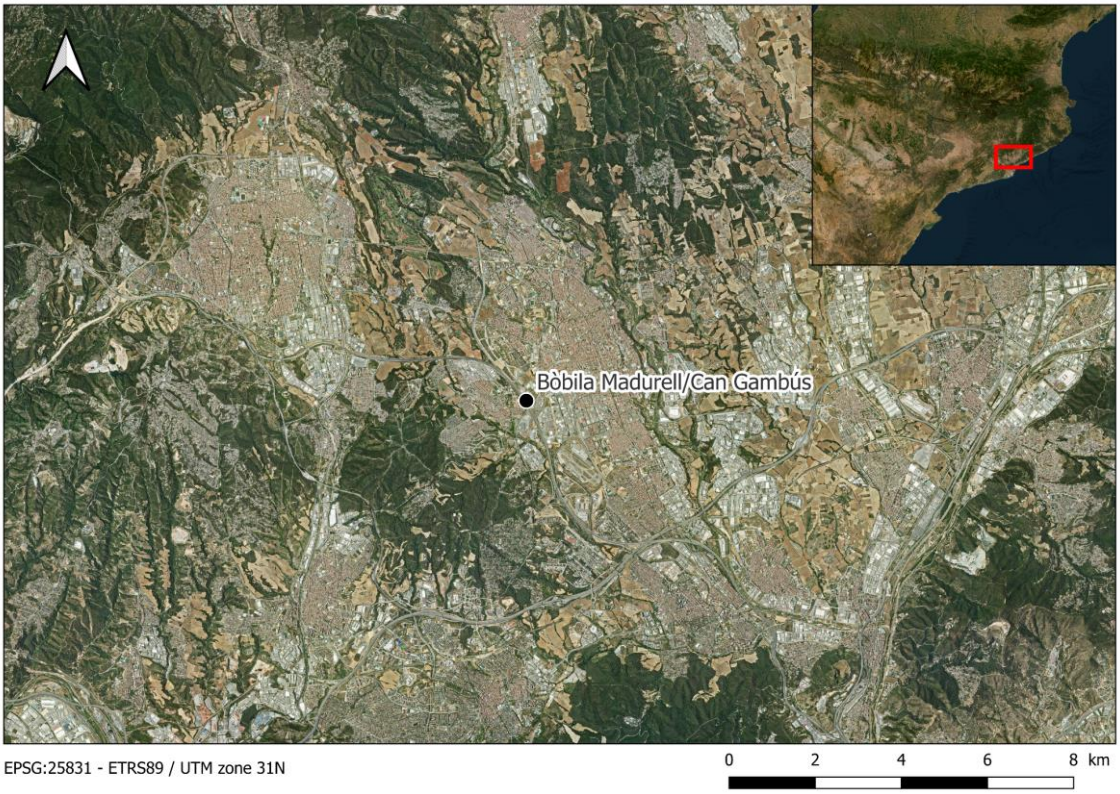


Figura 4.1. Localització de la Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental).

Malgrat tot això, la Bòbila Madurell-Can Gambús és un dels jaciments claus del Neolític del NE de la Península Ibèrica, essent un dels que presenta una major quantitat de materials exògens (provinents del SE de França, dels Alps, de Sardenya i dels Pirineus) a més d'haver-se documentat 179 estructures d'enterrament (Allièse, 2016; Morell Rovira, 2019). Ubicat cronoculturalment, en el marc del període dels "Sepulcres de Fossa", es composa de diversos sectors,

essent els més prominents i coneguts el de la Bòbila Madurell i el de Can Gambús.

4.1.2.2. Història de la recerca i context arqueològic

El sector de la Bòbila Madurell ha estat excavat de forma intermitent entre els l'any 1933 i el 1992. Les primeres troballes son de l'any 1921 per Vicenç Renom, que entre 1933 i 1947 comença les excavacions al sector anomenat "Sector Renom", treballant amb Serra-Ràfols del 44 al 47 (Masclans 2017). N'hi ha diverses campanyes al llarg del segle XX al sector Bòbila Madurell (i als seus subsectors: Bòbila Can Feu, Bòbila Madurell Sud, Bòbila Madurell Ferrocarril i Bòbila Madurell Mas Duran) fins que, l'any 2003, es comencen les excavacions al sector Can Gambús (dividit en Can Gambús 1 i 2), el més recent, fins l'any 2006, que s'acaben les excavacions a tot el jaciment (Martín et al. 1988, 2019; Masclans 2017; Morell Rovira 2019; Plasencia Figueroa 2016; Pou Calvet et al. 1994; Roig et al. 2010; Roig Buxó i Coll Riera 2008, 2010)

El jaciment documenta una intensa activitat d'ocupació continuada entre el Neolític Antic (5680-5380/4945-4595 cal ANE), Mitjà (4100-4010/3665-3575 cal ANE), Neolític Final/Calcolític (3440-3110/2600-2325 cal ANE), Bronze (2549-1946/1223-835 cal ANE) i Ferro (827-511/761-403 cal ANE) (Martín et al. 1988; Martín i Mestres 2002; Morell Rovira 2019). Històricament, els dos principals sectors del jaciment, Can Gambús i la Bòbila Madurell, s'havien assumit com a possibles ocupacions diferenciades. Això és degut a la discontinuïtat espacial i a les diferències arqueològiques que semblen tenir ambdós sectors (a Can Gambús tenim només individus adults i sense estructures de rebuig domèstic, al contrari que a la Bòbila Madurell). De totes maneres, les darreres datacions apunten a que la Bòbila Madurell es va ocupar entre el 4130-4010/3765-3615 cal ANE i Can Gambús 4115-3980/3640-3490 cal ANE (Morell Rovira 2019).

El patró funerari dels enterraments del jaciment és bastant homogeni pel que fa a la tipologia dels enterraments i dels aixovars que els acompanyen. Les inhumacions son, normalment, individuals i en alguns casos dobles. Més anecdòticament hi ha també enterraments amb tres o més individus. En aquest sentit, Can Gambús és l'única part del jaciment que només inclou estructures

funeràries. Quan es va excavar es van trobar més de 700 estructures arqueològiques (Allièse, 2016) de diferents èpoques, encara que la necròpolis del Neolític Mitjà abasta un total de 125 enterraments (Allièse, 2016). D'aquest sector destaca l'absència de sitges i escombreres relacionades amb activitats domèstiques, situació que pot venir provocada per la forta erosió registrada en el turó d'aquest sector (Vaquer et al. 2012). Pel que fa a l'arquitectura dels enterraments, a Can Gambús predominen les fosses de càmera central o lateral, havent-hi però, bastantes d'estructura simple (Allièse, 2016; Duboscq, 2017). A la Bòbila Madurell ens trobem unes condicions de preservació dels individus i de les estructures molt pitjors que les de Can Gambús, pel que l'assignació de tipus d'estructures es més complexa. De totes maneres, el tipus d'estructura més habitual és la fosa simple, seguida de les cambres circulars (no documentades a Can Gambús, son estructures de rebuig domèstic reaprofitades) i finalment les estructures complexes (de càmera central o lateral). En general, en aquest sector, el tipus d'enterrament més comú és l'individual (96 estructures) i alguns enterraments dobles (40 estructures) que tendeixen a estar concentrats al sub-sector de la Bòbila (nord Bòbila Madurell) mentre que a Madurell Sud només tenim enterraments individuals (Allièse, 2016).

Les estructures funeràries de tipus simple (1.1.1. segons Duboscq, 2017) son aquelles estructures amb funció estrictament funerària que estan cobertes amb una llosa o amb blocs i solen tenir aixovar (Figura 4.2).



Figura 4.2. Fotografia de l'estructura UF2, classificada per Dubosc com a estructura simple (1.1.1) (Bravo et al. 2015).

Les estructures de tipus complex (1.1.2. segons Dubosc, 2017) serien enterraments de grans dimensions, amb estructura d'accés i cambra sepulcral, amb una suposada gran càrrega de força de treball durant la seva construcció. En general son enterraments ben conservats, encara que alguns han estat alterats de forma postdeposicional (Figura 4.3).



Figura 4.3. Fotografia de les inhumacions de l'E-497 i de l'E-580, estructures classificades per Duboscq com a estructura de tipus complex (1.1.2) (Allièse, 2016).

Les estructures de tipus indeterminat (1.1.3. segons Duboscq, 2017) son aquelles estructures que no es van poder assignar a cap agrupació específica per raons de conservació (Figura 4.4).



Figura 4.4. Fotografia de les estructures E-70 i E-247, classificades per Duboscq com a estructures indeterminades (1.1.3) (Allièse, 2016).

Els depòsits no convencionals (2.1. segons Duboscq, 2017) son enterraments amb forma de sitja majoritàriament individuals, malgrat que hi ha 2 (MS78 i MF18) amb 4 i 2 individus, respectivament. Aquests individus es diferencien de la resta degut a un dipòsit molt variat i nombrós i que es troben a la perifèria de la resta d'estructures, a mes de mostrar alguns signes de violència (Duboscq 2017). Dins d'aquesta tipologia, Masclans (2017) anomena aquelles estructures amb mostres de violència com a "estructures d'enterrament no normatives". En el cas d'aquesta tesi doctoral s'ha decidit integrar aquesta tipologia dins l'anàlisi, ja que inclou una estructura (MS78) de les analitzades.

Finalment, hi ha algunes estructures (tipus 2.2.1. segons Duboscq, 2017) molt deteriorades per diverses circumstàncies com a la pràctica agrària o, simplement, l'erosió. Per tant, s'han d'interpretar amb cautela. Aquestes estructures van ser caracteritzades com a fosses molt alterades amb funció funerària incerta per Duboscq (2017).

La Bòbila Madurell-Can Gambús és un dels jaciments neolítics més ben estudiats del nord-est peninsular (Figura 4.5). Hi ha diverses publicacions sobre anàlisis d'artefactes (Clemente i Gibaja 1995; Gibaja et al. 2004; Gibaja Bao 2003; Masvidal Fernández 2005; Oliva Poveda 2015), pràctiques de subsistència i patró d'assentament (Masvidal Fernández i Mora 1999), patrons funeraris i ofrenes animals (Albizuri et al. 2021; Bravo et al. 2015; Gibaja 2004; Gibaja et al. 2010; Martín et al. 2019; Mercadal 2003; Pou Calvet et al. 1994; Pou Calvet i Martí Rosell 1997), divisió sexual del treball (Clemente i Gibaja 1995; Gibaja, Clemente-Conte, i Vila-Mitjà 1997; Masclans et al. 2019), isòtops de mobilitat i d'alimentació d'animals i persones (Díaz-Zorita Bonilla et al. 2021; Fontanals 2015; Fontanals-Coll et al. 2015).

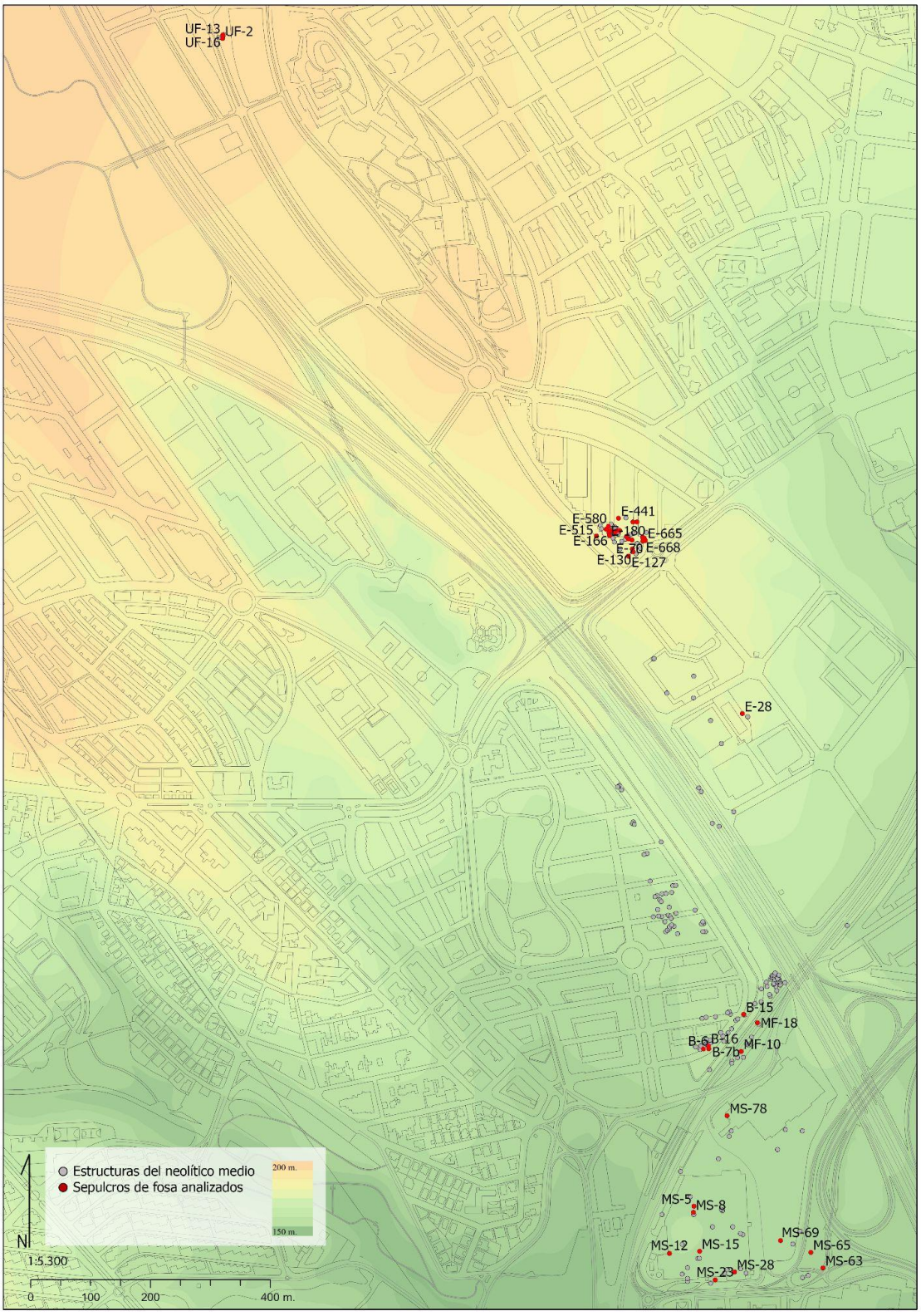


Figura 4.5. Planta del jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús amb les estructures analitzades en aquest treball etiquetades (mapa realitzat i cedit pel Gerard Remolins)

4.1.2.3. Els conjunts analitzats

En el cas de l'anàlisi de la mobilitat a la Bòbila Madurell/Can Gambús, les dades d'estronci i oxigen de dents humanes procedeixen d'un estudi previ sobre mobilitat humana durant el Neolític al NE de la Península Ibèrica (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021). Aquestes dades es comparen amb els resultats de les anàlisis d'estronci de les mostres de sediment i vegetació que s'han agafat en el marc d'aquesta tesi doctoral, amb la intenció d'establir la baseline referencial local de la Bòbila Madurell/Can Gambús.

Les restes humanes de la Bòbila Madurell/Can Gambús analitzades han estat estudiades prèviament, tant a nivell antropològic com pel que fa a les pràctiques funeràries (Allièse, 2016; Duboscq, 2017). Totes les classificacions metodològiques de les estructures analitzades, les conclusions al respecte de les estratègies funeràries i l'anàlisi dels aixovars que es discuteixen en aquesta procedeixen dels treballs previs.

En total s'han analitzat 98 mostres dividides entre mostres d'os humà (n=48) i d'esmalt dentari (n=50) provinents de 42 estructures (Taula 4.1) que son representatives de la diversitat tipològica existent al jaciment (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021). Com ja s'ha mencionat en l'apartat anterior, la majoria de les estructures en aquest jaciment son enterraments individuals i molt anecdòticament contenen dos o més individus (Allièse, 2016; Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021; Duboscq, 2017) però existeix una gran diversitat pel que fa a les mides i tipologia de les estructures, així com a la composició dels aixovars.

Individu	Sector	Estructura	Enterrament	Sexe	Edat	Dent	Lateralitat
IPCGI-0001	Can Gambús I	208	Individual	Femení	Adult	Canina	Inf. dreta
IPCGI-0002	Can Gambús I	166	Individual	Masculí	Adult	Incisiu	Inf. esquerra
IPCGI-0003	Can Gambús I	130	Individual	Masculí	Senil	Canina	Inf. esquerra
IPCGI-0004	Can Gambús I	221	Individual	Masculí	Senil	Incisiu	Sup. esquerra
IPCGI-0005	Can Gambús I	665	Individual	Femení	Adult	Incisiu	Sup. esquerra
IPCGI-0006	Can Gambús I	668	Individual	Masculí	Adult	Canina	Inf. dreta
IPCGI-0007	Can Gambús I	247	Doble	Masculí	Adult	Canina	Inf. esquerra
IPCGI-0008	Can Gambús I	180	Individual	Femení	Adult	1er premolar	Sup. esquerra

IPCGI-0009	Can Gambús I	580	Doble	Femení	Adult	Canina	Sup. esquerra
IPCGI-0010	Can Gambús I	70	Individual	Femení	Adult	1er premolar	Inf. esquerra
IPCGI-0011	Can Gambús I	497	Doble	Femení	Adult	Canina	Sup. dreta
IPCGI-0012	Can Gambús I	441	Individual	Masculí	Adult	Canina	Sup. esquerra
IPCGI-0013	Can Gambús I	127	Individual	Indeterminat	Adult jove	2n premolar	Sup. dreta
IPCGI-0014	Can Gambús I	515	Doble	Masculí	Adult	Canina	Inf. esquerra
IPCGI-0015	Can Gambús I	228	Individual	Indeterminat	Adult	1er premolar	Sup. dreta
IPCGI-0016	Can Gambús I	223	Individual	Masculí	Adult	2n molar	Inf. esquerra
IPCGI-0017	Can Gambús I	111	Individual	Femení	Adult jove	2do premolar	Inf. esquerra
IPCGI-0018	Can Gambús I	664	Individual	Femení	Adult	Incisiu	Inf. esquerra
IPCGI-0019	Can Gambús I	116	Individual	Femení	Adult jove	3er molar	Inf. dreta
IPCGI-0020	Can Gambús I	45	Individual	Indeterminat	Adult	2n molar	Inf. esquerra
IPCGI-0021	Can Gambús I	497	Doble	Masculí	Adult	Canina	Sup. dreta
IPCGI-0022	Can Gambús I	175	Individual	Femení	Adult	2n molar	Sup. esquerra
IPCGI-0023	Can Gambús I	161	Individual	Masculí	Adult	Canina	Inf. dreta
IPCGII-001	Can Gambús II	UF2	Individual	Masculí	Adult	3er molar	Inf. esquerra
IPCGII-002	Can Gambús II	UF16	Individual	Masculí	Adult	Incisiu	Sup. dreta
IPCGII-003	Can Gambús II	UF13	Individual	Indeterminat	Adult	3er molar	Sup. esquerra
IPLBM-0001	La Bòbila Madurell	B6	Individual	Masculí	Adult	1er molar	Inf. esquerra
IPLBM-0002	La Bòbila Madurell	B7	Individual	Indeterminat	Infantil	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0003	La Bòbila Madurell	B15	Individual	Femení	Adult	1er molar	Sup. dreta
IPLBM-0004	La Bòbila Madurell	B16	Individual	Masculí	Adult	1er molar	Inf. esquerra
IPLBM-0005	La Bòbila Madurell	E28	Doble	Femení	Adult	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0006	La Bòbila Madurell	MF10	Individual	Femení	Adult	1er molar	Inf. dreta
IPLBM-0007	La Bòbila Madurell	MF18	Doble	Masculí	Adult	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0008	La Bòbila Madurell	MF18	Doble	Femení	Adult	1er molar	Sup. esquerra
IPLBM-0009	La Bòbila Madurell	MS65	Individual	Masculí	Adult	1er molar	Sup. esquerra
IPLBM-0010	La Bòbila Madurell	MS5	Individual	Femení	Adult	1er molar	Sup. dreta
IPLBM-0011	La Bòbila Madurell	MS8	Individual	Femení	Juvenil	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0012	La Bòbila Madurell	MS12	Individual	Indeterminat	Infantil	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0013	La Bòbila Madurell	MS15	Individual	Indeterminat	Infantil	1er molar	Sup. dreta
IPLBM-0013	La Bòbila Madurell	MS15	Individual	Indeterminat	Infantil	Incisiu	Sup. esquerra
IPLBM-0014	La Bòbila Madurell	MS23	Individual	Indeterminat	Infantil	1er molar	Inf. esquerra

IPLBM-0015	La Bòbila Madurell	MS23	Individual	Indeterminat	Infantil	1er molar	Inf. esquerra
IPLBM-0016	La Bòbila Madurell	MS23	Individual	Masculí	Adult	2do premolar	Inf. esquerra
IPLBM-0017	La Bòbila Madurell	MS28	Individual	Femení	Infantil	1er molar	Inf. dreta
IPLBM-0018	La Bòbila Madurell	MS63	Individual	Femení	Adult jove	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0018	La Bòbila Madurell	MS63	Individual	Femení	Adult jove	3er molar	Sup. esquerra
IPLBM-0019	La Bòbila Madurell	MS69	Individual	Masculí	Adult	1er molar	Sup. dreta
IPLBM-0020	La Bòbila Madurell	MS78	Múltiple	Indeterminat	Infantil	Incisiu	Sup. dreta
IPLBM-0021	La Bòbila Madurell	MS78	Múltiple	Indeterminat	Infantil	Incisiu	Inf. esquerra
IPLBM-0022	La Bòbila Madurell	MS78	Múltiple	Femení	Infantil	Incisiu	Inf. esquerra

Taula 4.1. Llistat de totes les restes humanes analitzades a Diaz-Zorita Bonilla et al (2021) amb el sector, estructura, tipus d'enterrament, sexe, edat i identificació de la dent analitzada.

Pel que fa a les estructures que s'han analitzat en aquest treball, només tenim una estructura de tipus simple (1.1.1. segons Duboscq, 2017), a Can Gambús II, UF2, amb un únic individu adult masculí. D'estructures de tipus complex (1.1.2. segons Dubosc, 2017) son la majoria de les estructures al sector de Can Gambús I (n=12), al contrari que a la Bòbila Madurell (n=5). A les estructures de tipus indeterminat (1.1.3. segons Duboscq, 2017) s'han analitzat bastantes a Can Gambús I (n=11), algunes a la Bòbila Madurell (n=7) i a Can Gambús II (n=2). Pel que fa als anomenats depòsits no convencionals (2.1. segons Duboscq, 2017) s'han analitzat 3 estructures del sector de la Bòbila Madurell (MF18, MS65 i MS78). Finalment, s'ha inclòs també l'estructura B16 (Bòbila Madurell), que conté les restes d'un individu masculí adult, caracteritzada com a fossa molt alterada amb funció funerària incerta (tipus 2.2.1. segons Duboscq, 2017).

La recollida de mostres de vegetació i sediment per a la determinació de l'estronci referencial local es va realitzar a dues tandes. La primera es va realitzar al 2017 aprofitant l'estudi de la Dra. Miriam Cubas Morera i el Dr. Juan Francisco Gibaja Bao al respecte d'un estudi sobre les ceràmiques de La Bòbila Madurell/Can Gambús (Cubas et al., 2017) i amb la intenció de publicar-les a l'article ja esmentat (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021). La segona tanda es va realitzar en el marc d'aquesta tesi doctoral. En total es van recollir 8 mostres de sediment i 5 de vegetació en un radi de 11 km del jaciment. A diferència dels altres casos descrits en aquest treball, la recollida de mostres no es va realitzar

tenint en compte el buffer de <2km, sinó que es va prioritzar mostrejar els mateixos punts que es van fer al 2017. De tots els punts de mostreig proposats abans d'anar a camp, 3 es van haver d'eliminar al ser del tot impossible assegurar que les mostres no estiguessin contaminades. Totes les mostres analitzades es poden consultar a l'annex A2.1.

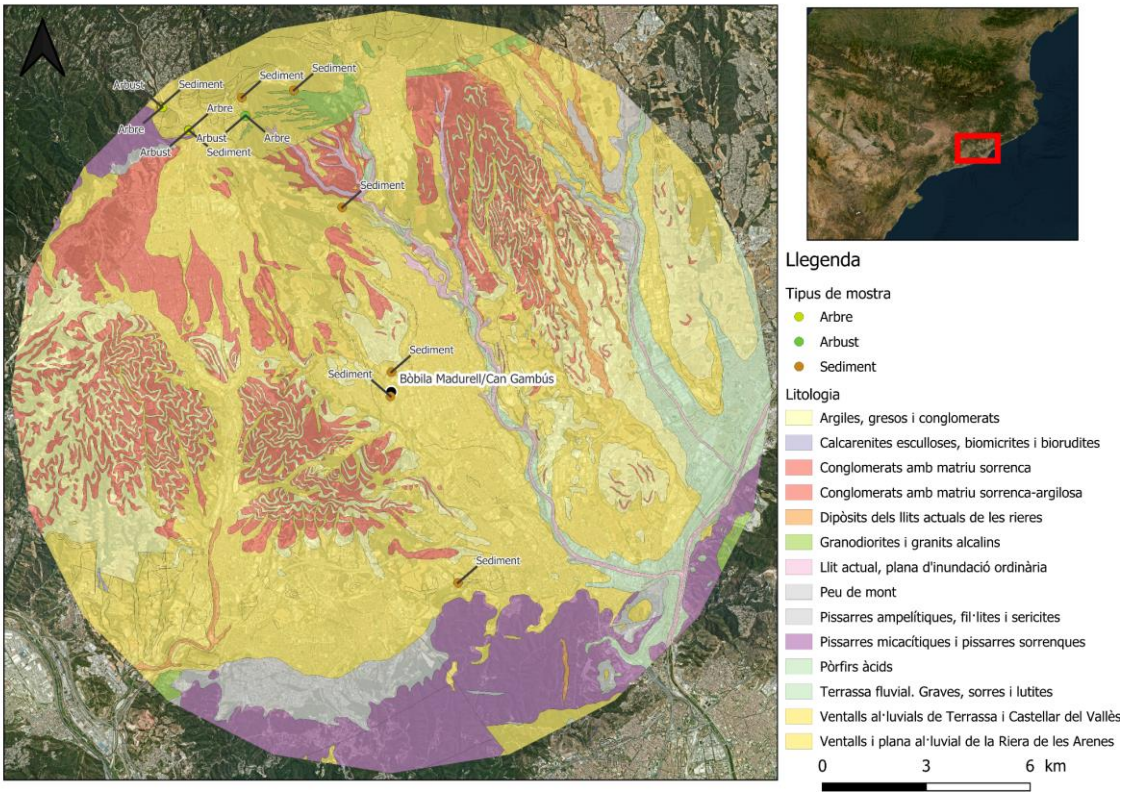


Figura 4.6. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús.

Codi	Mostra	Tipus	Espècie	UG	Període	Litologia	UTM X	UTM Y	Z (m s.n.m.)
CG_001	Sediment	Sediment	Sediment	Tm2	Triàsic	Gresos i argiles	417473	4606699	493
CG_002	Sediment	Sediment	Sediment	Tbg	Triàsic	Gresos silícics i argiles	418280	4606015	452
CG_003	Sediment	Sediment	Sediment	mc_Çorp	Cambroordovicià	Fil·lites i cornubianites	421321	4607164	476
CG_004	Sediment	Sediment	Sediment	Qva1-3	Quaternari	Ventalls i plana al·luvial	424139	4599035	403

CG_004.2	Sediment	Sediment	Sediment	Qva1-5	Quaternari	Ventalls al·luvials	424111	4598336	230
CG_005	Sediment	Sediment	Sediment	mc_Çorp	Cambroordovicià	Fil·lites i cornubianites	419812	4606953	483
CG_006	Sediment	Sediment	Sediment	Qva1-5	Quaternari	Ventalls al·luvials	422715	4603784	10
CG_007	Sediment	Sediment	Sediment	Qva1-3	Quaternari	Ventalls i plana al·luvial	426062	4592956	156
CG_LOC_008	Arbust	Romaní	Salvia rosmarinus	Tbg	Triàsic	Gresos silícics i argiles	418284	4606013	500
CG_LOC_009	Arbre	Olivera	Olea europaea	Tbg	Triàsic	Gresos silícics i argiles	418287	4606007	501
CG_LOC_010	Arbust	Olivera jove	Olea europaea	Tm2	Triàsic	Gresos i argiles	417513	4606676	549
CG_LOC_011	Arbre	Roure	Quercus cerrioides	Tm2	Triàsic	Gresos i argiles	417514	4606676	549
CG_LOC_012	Arbre	Roure	Quercus cerrioides	mc_Çorp	Cambroordovicià	Fil·lites i cornubianites	419935	4606428	499
CG_LOC_013	Arbust	Galzeran	Ruscus aculeatus	mc_Çorp	Cambroordovicià	Fil·lites i cornubianites	419908	4606422	507

Taula 4.2. Llistat de totes les mostres de sediment i vegetació agafades pels voltants del jaciment de La Bòbila Madurell/Can Gambús amb les seves coordenades, espècie de planta i arbre, UG i altitud.

Per tal d'establir les ràtios de l'estronci local biodisponible es van recollir 14 mostres ambientals , de les quals 8 eren de sediment i 6 de vegetació (Taula 4.2), recollides en un radi de 11 km al voltant del jaciment. A diferència dels altres casos explicats en aquesta tesi doctoral, la recollida de mostres no es va planificar tenint en compte el buffer de <2 km, sinó que es va prioritzar realitzar la recollida de mostres complementant el mostreig del 2017 (Figura 4.6). Totes les mostres de vegetació i de sediment van ser recollides tenint en compte el registre del màxim d'unitats geològiques (UG) possibles. Algunes d'aquestes mostres no es van poder agafar ni es van poder substituir per equivalents degut a l'avançament del urbanisme de la zona.

Totes les mostres recollides es poden consultar a la base de dades (l'annex A2.1).

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

4.1.2.1. Introducció

Mas d'en Boixos és un jaciment arqueològic localitzat a la depressió prelitoral del Penedès (Figura 4.7), dins del terme municipal de Pacs del Penedès (Alt Penedès, Barcelona), a una zona ocupada actualment per l'empresa Bodegues Miguel Torres S.A. i les vinyes que l'envolten. Es situa al fons d'una vall de la depressió fluvial del riu Foix, producte de processos de sedimentació de les terrasses fluvials que conformen el substrat geològic de la zona. Aquesta composició geològica està formada per sediments quaternaris (principalment, argiles i graves) amb certs afloraments d'argiles miocèniques (Marín Castro 2018). Coneguda com la depressió litoral catalana, aquesta zona està emmarcada entre les serralades litoral i prelitoral, àrea que històricament s'ha considerat una única unitat territorial i cultural que s'ha considerat determinant en les relacions entre els poblats de la zona (Bouso et al. 2004).

És un poblat a l'aire lliure i necròpolis de més de 450 estructures negatives, la majoria de les quals es consideren d'ús i/o funcionalitat domèstic, tot i que n'hi ha diverses que tenien una funcionalitat sepulcral. L'estudi de la cultura material ha permès establir una utilització que va des del Neolític (4500-3800 ane) fins a l'Edat del Ferro (880-550 ane), essent el període del Neolític Mitjà, corresponent a l'horitzó dels Sepulcres de Fossa, el més representatiu (Farré et al. 1999; Masclans 2017; Pascual, Haro, i Subirà 2014; Pedro 2012). Malgrat l'erosió que sembla haver patit aquest jaciment i que impossibilita reconèixer altres possibles estructures d'habitatge, la cultura material aporta indicis clars de practiques agrícoles, especialitzades en la producció, processament i emmagatzematge de cereals, tal com demostra la profusió de sitges (Edo et al. 2022).

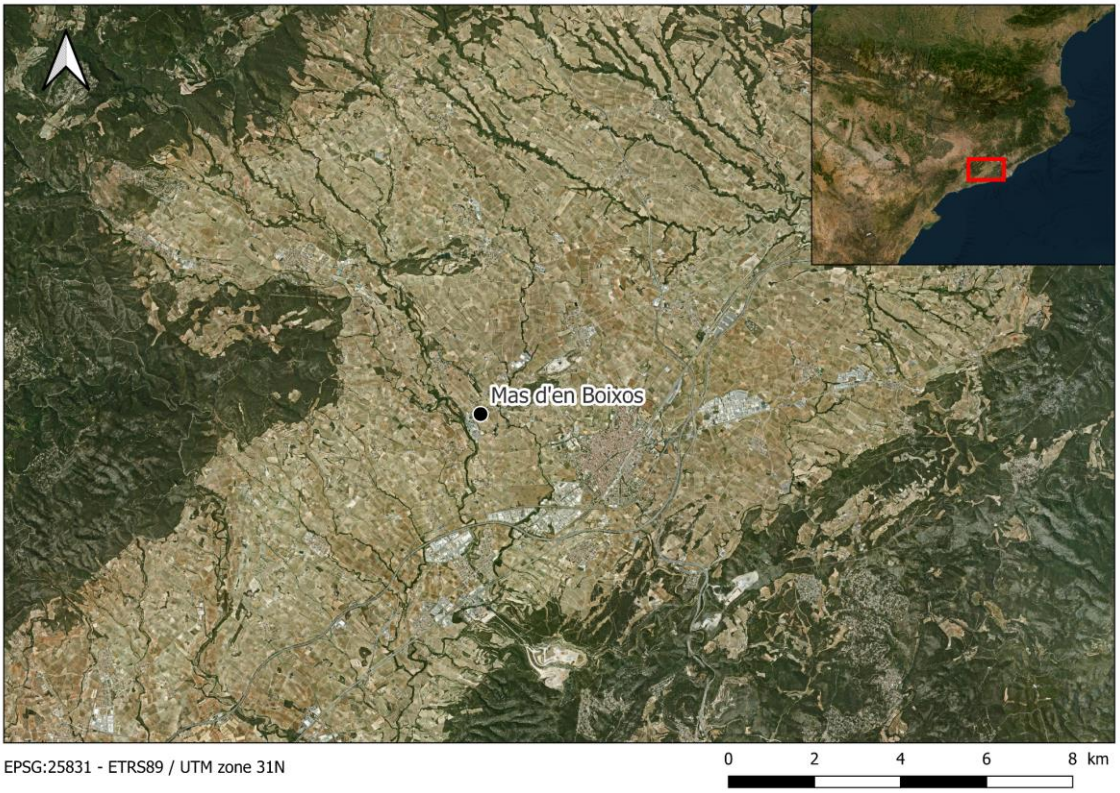


Figura 4.7. Localització de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès).

4.1.2.2. Història de la recerca i context arqueològic

Les primeres troballes a Mas d'en Boixos es donen a terme als anys 50, quan es troba un sepulcre, anomenat com a "Sepulcre almeriense", i adscrit possiblement al Neolític Mitjà (Farré et al. 1999; Giró i Romeu 1954, 1957) i a partir del qual es cataloguen els terrenys de la masia com a zona d'interès patrimonial. Als anys 90, en el marc de l'ampliació d'aquesta zona, es planifiquen diverses intervencions per part de Triade SL i del Servei d'Arqueologia fins a l'any 2008 (Esteve i Gràcia 2005; Farré et al. 2002; Marín Castro 2018; Masclans 2017).

Les diferents intervencions van permetre identificar una sèrie d'ocupacions en forma d'estructures negatives, sense solapament estratigràfic, que es van estructurar en 9 sectors diferents. No s'ha pogut establir una correlació clara entre la distribució espacial dels sectors i els diferents períodes d'ocupació del jaciment (Marín Castro, 2018; Masclans, 2017).

Les estructures neolítiques son bastant nombroses (n=110) i en general estan relativament ben conservades, exceptuant les trobades al sector excavat en l'any

2008, degut principalment a que mostraven un elevat grau d'erosió i molt poca potència estratigràfica.



Figura 4.8. Fotografia del procés final de l'àrea excavada durant les campanyes de 2008 (Pedro, 2012).

Actualment el jaciment compta amb un total de 7 datacions radiocarbòniques publicades (Feliu Roca 2013; Marín Castro 2018; Oms et al. 2016; Ramsey et al. 2000), que han permès datar un total de sis estructures, una d'elles corresponent al Neolític Mitjà i cinc al Bronze Inicial (Taula 4.3).

Hi ha més datacions realitzades a les estructures del Neolític Mitjà (E-88, E-127A, E-201, E-231 i E-355) però son encara inèdites. Segons altres publicacions que han pogut consultar-les (Bouso et al. 2019; Duboscq 2017; Masclans 2017) aquestes datacions inèdites marcarien una ocupació des de finals del V mil·lenni fins a mitjans del IV mil·lenni. Al haver-hi tan poques datacions per un jaciment tan extens, la majoria de les assignacions cronològiques del jaciment s'han fet en base als materials arqueològics (Alfonso, Subirà, i Malgosa 2002; Bouso et al. 2004; Marín Castro 2018; Soriano 2013).

Estructura	^{14}C BP	^{14}C cal ANE 2σ	Fase	Referències
E-128	4875 ± 45	3750/3590	Neolític Mitjà	Oms et al., 2016; Feliu Roca, 2013
E-35	3350 ± 60 3095 ± 50	1870/1500 1492/1223	Bronze Inicial	Ramsey et al., 2000; Marín, 2018
E-62	3203 ± 35	1531/1414	Bronze Inicial	Marín, 2018
E-69	3495 ± 45	1942/1690	Bronze Inicial	Ramsey et al., 2000; Marín, 2018
E-82	3265 ± 70	1737/1412	Bronze Inicial	Ramsey et al., 2000; Marín, 2018
E-257	3415 ± 40	1879/1613	Bronze Inicial	Marín, 2018

Taula 4.3. Datacions publicades del jaciment de Mas d'en Boixos amb les referencies d'on s'han obtingut.

En base a les dades disponibles s'ha plantejat una hipòtesis de com es podrien haver desenvolupat les diverses fases d'ocupació de Mas d'en Boixos (Marín Castro 2018). El Neolític Mitjà (4156-4076/3626-3573 cal ANE) es caracteritza per una ocupació de sepulcres de fossa amb certa homogeneïtat en la distribució entre sepulcres i estructures domèstiques (Pedro 2012). Al Neolític Final i Calcolític (3647-3373/2598-2314 cal ANE) no es té constància de pràctiques d'enterrament. L'ocupació del Bronze Inicial es desenvoluparia entre el 1900-1300 cal ANE, destacant, sobretot, el llarg període d'utilització de l'hipogeu E-35.

El Neolític de Mas d'en Boixos històricament s'ha subdividit en dues fases diferenciades, el Neolític Antic Evolucionat (NAE) i el Neolític Mitjà. La fase del NAE obeeix a la presència de certs fòssils directors ceràmics com les tipus "Molinot". Amb els diversos treballs que s'han anat succeint al respecte de la correlació entre aquests fòssils directors i la seva representativitat cronològica amb datacions radiocarbòniques, s'ha tendit cada vegada més a deixar-la de fer servir i a incloure-la com a "Neolític Mitjà" (Bouso et al. 2004; Farré et al. 1999; Masclans 2017; Mestres, Farré, i Senabre 1998; Mestres Mercadé i Esteve i Gràcia 2016; Morell Rovira 2019).

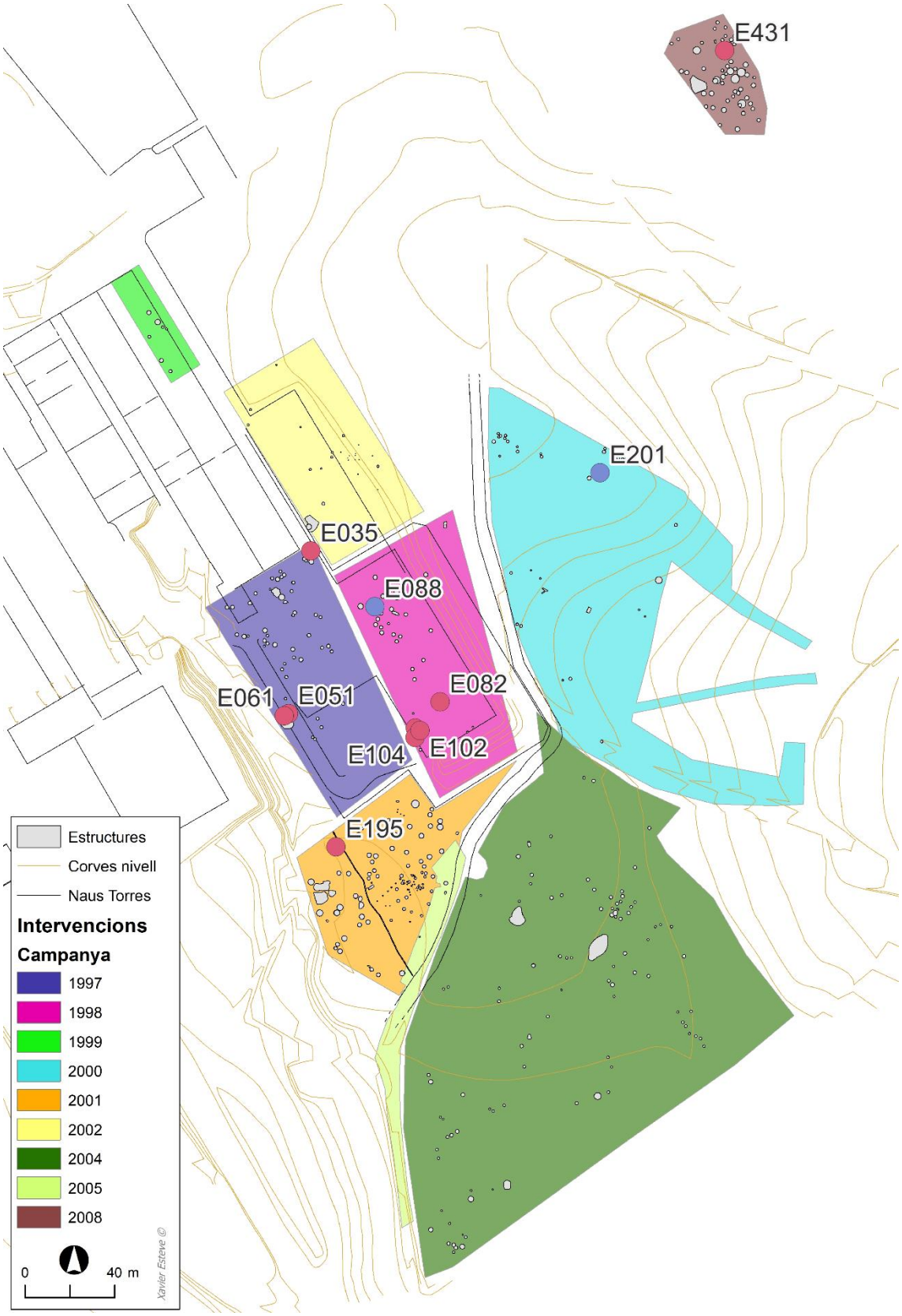


Figura 4.9. Planta del jaciment de Mas d'en Boixos, dividit per sectors. Els punts blaus son les estructures del Neolític Mitjà i els vermells les del Bronze Inicial (mapa realitzat i cedit pel Xavier Esteve).

A diferencia del que passa amb altres jaciments contemporanis, Mas d'en Boixos te poques estructures funeràries (n=8) respecte de les estructures de caràcter domèstic (n=102) (Bouso García i Esteve Gràcia 2003; Esteve Gràcia 2003; Esteve i Gràcia 2005; Farré 2001, 2001; Farré et al. 2002; Feliu Roca 2013; Pedro 2012; Vidal Sanchez 2007). D'aquestes darreres, no hi ha cap datació i es fa impossible determinar si la utilització era sincrònica o d'un altre moment. Pel que fa a les de caràcter sepulcral (Figura 4.10), Duboscq (2017) va proposar que algunes van ser construïdes amb una funcionalitat específicament funerària (E-85, E-88, E-127, E-201 i E-231), i d'altres eren sitges reaprofitades com a tombes (E-128) i estructures categoritzades per Duboscq com a "depòsits no convencionals" (E-355) segons els criteris habituals en els Sepulcres de Fossa (Bouso et al. 2019; Duboscq 2017; Gibaja et al. 2016; Masclans 2017; Subirà 2006). Finalment, nomes hi ha 3 estructures en les que es documenta aixovar associat al inhumat (E-88, E-127 i E-201) entre les quals només hi ha un element exogen, una làmina de sílex melat associada al segon individu de l'E-88 (Alfonso, Subirà, i Malgosa 2000; Duboscq 2017; Farré 2001; Farré et al. 2002; Subirà 2005).

Les estructures assignades com a domèstiques son sitges d'emmagatzematge, fosses i cubetes negatives en les que s'ha trobat sílex, eines de molta, artefactes lítics, ceràmica i petxines. La distribució és bastant heterogènia (Masclans, 2017), però la manca d'estudis específics sobre la funcionalitat d'aquests artefactes, no permet inferir més detalls sobre les activitats artesanals específiques al jaciment.



Figura 4.10. Fotografia de les sitges neolítiques E383, E381, E423 i E382 (d'esquerra a dreta i de dalt a baix), excavades durant les campanyes del 2008 (Pedro, 2012)

Pel que fa les activitats productives i de de subsistència, s'ha documentat les pràctiques ramaderes a través de la presència majoritària de restes de caprins i bovins, i en menor mesura, també de suids, lagomorfs i cànids). Els pocs estudis disponibles apunten a unes pràctiques ramaderes equilibrades entre l'explotació de bovins i caprins, encara que es planteja també la possibilitat de predominança dels primers (Nadal Lorenzo et al. 1999). Pel que fa a l'agricultura, sabem que devia existir, deguda la presència d'elements de molta (molins), però la manca d'estudis aplicats a les restes arqueobotàniques no permet plantejar hipòtesis més concretes.

4.1.2.3. Els conjunts analitzats

Els individus seleccionats son 9 (3 estructures) del Neolític Mitjà. Es va seleccionar una dent per individu, prioritzant aquelles peces de creixement més tardà, per evitar al màxim possible la influència del període de l'embaràs i la lactància (Taula 4.4, l'annex A1.1).

Les mostres seleccionades pel període del Neolític Mitjà corresponien a les dents d'un total de 9 inhumacions procedents de de tres estructures diferents (E-88, E-201 i E-355) que contenien les restes de 9 individus humans. D'aquests individus, 4 son femenins, 4 masculins i un de sexe indeterminat. La majoria son adults (n=7) i n'hi ha 2 juvenils i un infantil.

La selecció de mostres es va fer tenint en compte que hi haguessin estudis antropològics previs i que els conjunts comptessin amb un bon estat de conservació i la disponibilitat de les peces dentaries necessàries per a l'anàlisi. Per raons que escapen al control d'aquest treball no es van poder realitzar les analítiques de més individus, malgrat que estava previst inicialment.

L'E-88 és una sepultura en fossa de cambra (sepultura en fossa indeterminada, Duboscq, 2017), sense pou d'accés conegut (Bouso et al. 2019; Masclans 2017) és una de les estructures de Mas d'en Boixos amb major quantitat d'aixovar associada als inhumats. En molt mal estat de conservació, contenia una inhumació doble de dos individus identificats com a femenins d'entre 25 i 35 anys (Alfonso et al. 2000), depositats sobre el fons de l'estructura en una única fase d'enterrament. L'individu 88-1 presenta una musculatura bastant desenvolupada a la cuixa però el mal estat de conservació dels ossos no permet observar més patologies. El segon individu (88-2) està en pitjor estat de conservació i no s'ha mogut observar cap patologia. Les restes arqueològiques associades son molt abundants i es troben clarament associades a cada individu. L'individu 1 estava acompanyat de punxons d'os, diversos elements de sílex (no melat), un penjoll de petxines marines, una destral polida, una granadura de variscita i defenses de porc senglar. L'individu 2 tenia molt menys aixovar: tres punxons d'os i una làmina de sílex melat. Aquesta estructura es va excavar a les campanyes de 1998, dirigides pel Jordi Farré i el Josep M. Feliu (Farré 2001; Farré et al. 2002).



Figura 4.11. Fotografia estructura 88 de Mas d'en Boixos (Bouso et al. 2019).

L'estructura E-201 de Mas d'en Boixos és una sitja reaprofitada com a estructura funerària (Duboscq 2017). També en un estat de conservació bastant precari, es van recuperar dues restes humanes entre les restes de la sitja (Bouso et al. 2019; Bouso García i Esteve Gràcia 2003) Aquesta estructura va ser excavada durant les campanyes dels anys 1999 i 2000 (Bouso García i Esteve Gràcia 2003). No tenim pràcticament material arqueològic, però el que hi ha està composat aquest d'alguns fragments de ceràmica polida (tipus Molinot), algunes reses de fauna, elements de sílex i una destral de pedra polida associada a l'individu 201-1 (l'únic element que es pot considerar aixovar *stricto sensu*). Segons l'informe antropològic (Alfonso et al. 2000; Alfonso, Subira, i Malgosa 2004) l'individu 201-1 és femení amb una edat atribuïda de 25-35 anys amb presència d'un llavi osteofític a la ma dreta, normalment associat a edat avançada, també relacionat amb sobrecàrrega articular per sobreesforç. El 201-2 és un individu masculí d'uns 18-20 anys amb absència de cap patologia òssia, degut a la seva edat o com a conseqüència de la pobre conservació de les restes. Amb aquesta estructura s'ha detectat un biaix en el registre, i és que a moltes publicacions i a algunes fitxes d'excavació es parla d'aquesta estructura com a E-201 o E-202. Es desconeix quina és la denominació real, però en aquesta tesi doctoral es farà servir la denominació d'E201, degut a que és la que apareix a la memòria (Bouso

García i Esteve Gràcia 2003) i a la majoria de publicacions de les persones que la van excavar (Bouso et al. 2004, 2019).



Figura 4.12. Fotografia del procés d'excavació de l'estructura 201 de Mas d'en Boixos (Bouso et al., 2019).

L'estructura 355 és una sitja reaprofitada com a estructura funerària que contenia 5 enterraments dipositats en diferents fases d'enterrament consecutives. Estudis previs l'han identificat com un enterrament no convencional (tipus 2.1) degut principalment a la manca d'aixovar, al tipus d'estructura i a l'elevat nombre d'individus inhumats (Duboscq 2017). Segons l'estudi antropològic (Subirà 2006) l'individu 355-1 seria masculí adult (25-35) amb la musculatura bastant desenvolupada, degut, probablement, a una gran activitat física i signes d'artrosi a les cervicals. L'individu 355-2 (25-35) seria un altre masculí adult, també amb una gran musculatura i signes d'artrosi i restes d'ocre a una falange de la ma esquerra. El tercer individu, 355-3 (14-20), era un individu assignat com a femení juvenil, també amb una musculatura desenvolupada, però menys que els altres, probablement degut a la seva menor edat. L'individu 355-4 (25-35) era un altre masculí adult i tenia poc desenvolupada la musculatura superior, però mot l'inferior. Finalment, l'individu 355-5 és un infantil (5) sense diagnòstic sexual i amb poca més informació, degut a la manca de restes (Taula 4.4).



Figura 4.13. Fotografia del procés d'excavació de l'estructura 355 de Mas d'en Boixos (Bouso et al., 2019).

Individu	Sector	Estructura	Tipus d'enterrament	Sexe	Edat	Dent	Lateralitat
MB001	2004	E-355	Col·lectiu	Femení	14-20	1er molar	Inf. esquerra
MB002	2004	E-355	Col·lectiu	Masculí	25-35	2n molar	Sup. dreta
MB003	2004	E-355	Col·lectiu	Masculí	25-35	2n molar	Sup. dreta
MB004	2004	E-355	Col·lectiu	Masculí	25-35	2n molar	Sup. dreta
MB005	2000	E-201	Doble	Femení	25-35	3er molar	Sup. dreta
MB006	2000	E-201	Doble	Masculí	18-20	2n molar	Sup. dreta
MB027	1998	E-88	Doble	Femení	25-35	1er molar	Inf. dreta
MB028	2004	E-355	Col·lectiu	Indeterminat	5	1er molar	Inf. dreta
MB029	1998	E-88	Doble	Femení	25-35	1er molar	Inf. esquerra

Taula 4.4. Llistat de tots els individus del Neolític Mitjà de Mas d'en Boixos dels que s'ha analitzat l'estronci i l'oxigen.

4.2. Bronze Inicial

4.2.1. Context cronocultural

Als darrers moments del Neolític (3100-2800 cal ANE) al NE el patró d'assentament es caracteritza per assentaments petits de grups locals fortament regionalitzats (Bosch i Santacana 2009) que van començar a ocupar les zones més interiors del NE, que les que abans no es trobaven assentaments (Antolín 2014; Morell Rovira 2019).

Durant la primera meitat del II mil·lenni ANE al NE peninsular es desenvolupen uns models de població molt similars als vistos als darrers moments del neolític, assentaments dispersos pel territori amb acumulacions de sitges, forats de pal i fosses situats a prop de rius, terrasses fluvials i peus de muntanya, amb una modalitat d'unitats productives amb certa autonomia, situades a zones properes dels camps de conreu (Carlús et al. 2003; Francés 2005; Marín Castro 2018), malgrat que amb unes diferències, en les pràctiques funeràries, molt marcades. Aquestes societats van començar a treballar amb la tecnologia del bronze (Hortalà 2007; Soriano 2013). Tradicionalment, a certes zones de la península s'ha vingut a proposar una correlació entre la presència d'aquests artefactes i el sorgiment de societats jerarquitzades i de classes (Lull, Marcén, i Risch 1992) al nord-est succeeix tot el contrari, el model de poblament capgira entorn a assentaments dispersos pel territori, construïts amb materials peribles, amb presència de materials metal·lúrgics, que no sembla ser un símbol de jerarquia i poder, com es sol testimoniar al sud-est peninsular (Bouso et al. 2004; Marín Castro 2018).

A nivell funerari, els enterraments no es solen acompanyar de cap objecte o artefacte distintiu que faci pensar en una realitat social molt allunyada de l'anterior, al neolític final-calcolític (Bosch i Santacana 2009; Marín Castro 2018). La principal característica d'aquest període és la presència d'elements metal·lúrgics en els jaciments, així com una distribució de la població concentrada en algunes zones amb raó del seu possible potencial agrícola (Albizuri, Alonso, i López Cachero 2011; Hortalà 2007). Sí que s'ha suggerit una possible correlació entre la presència d'abundants restes de fauna, com aixovar en algunes tombes, que conviden a pensar en personatges influents o

enterraments col·lectius que semblen indicar una certa segmentalització de la societat, potser basades en relacions de parentiu (Marín Castro 2018). En general, les activitats econòmiques registrades en aquests jaciments apunten a la, ja mencionada, presència d'activitats relacionades amb la metal·lúrgia (Hortalà 2007; Soriano 2013), indústria òssia (Farré et al. 2002) com a ornaments i processat de la pell (Marín Castro 2018), molta i sega de cereals (Bouso et al. 2004), producció tèxtil, ramaderia (principalment de bòvids i ovicàprids) i caça (avifauna i cèrvids) (Albizuri et al. 2011; Feliu Roca 2013; Marín Castro 2018; Orri 2007).

Hi ha jaciments, com seria el cas de Mas d'en Boixos (Alt Penedès, Barcelona) o Minferri (Les Garrigues, Lleida) que des del Neolític Mitjà (Sepulcres de Fossa) presenten acumulacions d'estructures excavades al terra i, a vegades, reaprofitades com estructures d'enterrament individual o col·lectiu. Aquests assentaments es troben per tota la geografia del nord-est peninsular, encara que semblen acumular-se en torn a zones de fons de vall, probablement per l'explotació de l'agricultura o la ramaderia (Albizuri et al. 2011; Feliu Roca 2013; Rovira Hortalà 2005).

En aquest sentit, la problemàtica tractada en aquesta tesi doctoral, i referida al període del Bronze Inicial, serà la de l'estudi d'algunes restes humanes del jaciment de Mas d'en Boixos, posant-les en comú amb les analitzades del període del Neolític Mitjà (vegeu apartat anterior), amb la intenció d'esbrinar algun canvi en la mobilitat o explotació del territori.

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

4.2.2.1. Història de la recerca i context arqueològic

Com s'ha introduït al apartat de Mas d'en Boixos del Neolític Mitjà, les estructures del Bronze, tenim 111 estructures amb les mateixes característiques de conservació que les neolítiques, essent les del sector excavat l'any 2008 les més afectades per l'erosió i els treballs agrícoles contemporanis (Farré et al. 2002; Marín Castro 2018).

Aquesta ocupació es caracteritza per la presència de 111 estructures negatives, amb un elevat grau d'erosió i molt poca potència estratigràfica. De totes les estructures del jaciment, s'ha proposat quatre tipologies principals (Figura 4.9):

- Estructures tipus fossa (n=92), interpretades com a sitges amb funció d'emmagatzematge (Farré et al. 2002). La majoria d'aquestes estructures van ser reaprofitades com a escombreres o estructures funeràries (Feliu Roca 2013; Marín Castro 2018). S'ha trobat un total de 15 sitges reaprofitades com a enterrament, incloent-hi un total de 17 individus (10 enterraments individuals i 5 dobles simultanis).
- Els forats de pal (n=27) únicament presents als sectors 2001 i 2002 del jaciment. Conformen 3 agrupacions separades que sembla suggerir el sosteniment de tres estructures diferents (Feliu Roca 2013; Marín Castro 2018).
- Les cubetes o fosses simples (n=6), totes del Bronze Inicial, amb molt poc registre arqueològic i poca capacitat, molt probablement utilitzades com emmagatzematge (Farré et al. 1999; Marín Castro 2018).
- Els hipogeus les dues úniques estructures (E-035 i E-257) del jaciment que semblen haver estat construïdes exclusivament com a estructura d'enterrament. Son coetànies (Taula 4.3) i mostren les mateixes característiques estructurals, amb galeria funerària i pou d'accés (Bouso et al. 2004; Farré et al. 2002; Feliu Roca 2013; Marín Castro 2018).

Les estructures funeràries d'aquest període presenten diversos tipus d'enterraments. Més enllà dels hipogeus, als enterraments en sitges reaprofitades com a tombes, hi han enterraments individuals (n=10) i dobles (n=5). En general, aquests individus no van acompanyats d'aixovar, excepte alguns en alguns casos particulars (E-96, E-70, E-44 i E-61), amb una escassa presència de certs elements com molins (E-96) i un instrument d'os denticulat i que podria ser una pinta (E-70) (Farré et al. 2002) i alguns conjunts de granadures de collaret d'os i petxina (E-44 i E-61) (Marín Castro 2018). En el cas dels hipogeus, els objectes que acompanyen a les inhumacions també son molt escassos, documentant només alguns vasos ceràmics (carenats) i alguns elements d'ornamentació. Les diferències observades només permeten

assenyalar una certa tendència a enterrar als individus adults als hipogeus i als infantils i subadults, preferentment, a les sitges reaprofitades (Subirà 2005).



Figura 4.14. Fotografies de l'estructura 423 i de l'enterrament E431 del Bronze Inicial (Pedro, 2012)

Pel que fa a les pràctiques de subsistència, no hi ha estudis específics arqueozoològics ni arqueobotànics que ens permetin establir unes hipòtesis concretes en aquest aspecte. A Bouso et al. (2004) es va fer una síntesi dels materials trobats i les restes de fauna domèstica majoritàriament representades en el registre son ovicàprids, bòvids i, en menor mesura, suids i cànids, així com de fauna salvatge com avifauna, ictiofauna i alguna resta de cèrvids (Farré et al. 2002; Feliu Roca 2013; Orri 2007).

De restes arqueobotàniques no s'ha fet cap estudi aplicat específicament a Mas d'en Boixos. Per registres en jaciments coetanis sembla probable que el principal cultiu fossin els cereals amb presència de lleguminoses es dugués a terme una agricultura de caire extensiu amb producció d'excedents que s'emmagatzemarien a les sitges (Albizuri et al. 2011; Marín Castro 2018; Mestres et al. 1998).

4.2.2.2. Els conjunts analitzats

Les restes seleccionades corresponen a 23 individus (9 estructures) del Bronze Inicial. Es va seleccionar una dent per individu, prioritzant aquelles peces de creixement més tardà, per evitar al màxim possible la influència del període de l'embaràs i la lactància (Taula 4.5, annex A2.1).

Es van seleccionar les dents de 23 individus procedents de 9 estructures diferents (E-35, E-51, E-61, E-82, E-102, E-104, E-105, E-195 i E-431). L'estructura que més crida l'atenció és l'hipogeu E-35, amb un total de 13 inhumacions analitzades en aquest treball. Segons l'informe antropològic (Alfonso et al. 2002) en aquest conjunt d'individus no hi ha casi patologies òssies, condicionat, probablement, degut al pobre nivell de preservació de les restes. Només hi ha presència de dos traumatismes al húmer esquerre (individu 102-1) i al cúbit esquerre (individu 82-1). A més a més, és una població que mostra esforços musculars no gaire importants, exceptuant l'extremitat superior dels individus femenins, el que podria suggerir certa divisió en el treball.

L'E-35 (Figura 4.15) és una de les poques (juntament amb l'E-257, no estudiada en aquesta tesi doctoral) estructures del Bronze a Mas d'en Boixos dedicades específicament com a espai funerari. Es va excavar a la primera campanya de l'any 1997 (Farré et al. 1999) i és un hipogeu amb enterraments col·lectius successius gairebé sense material arqueològic. És un enterrament en cambra amb una entrada frontal segellada amb lloses verticals. El material que acompanya les inhumacions consisteix en una dena de bronze i nou vasos ceràmics. No es pot realitzar cap atribució dels objectes a cap individu concret, pel que no podem parlar d'aixovar (Farré et al. 1999). El nombre mínim d'individus de l'hipogeu és de 24 inhumats (Alfonso et al. 2002) en deposició primària. Malgrat ser tants individus, només s'ha analitzat l'estronci i l'oxigen de 13 dels inhumats al hipogeu (Taula 4.5). Això és degut a que durant el seu emmagatzematge moltes de les etiquetes d'aquests individus es van perdre, provocant que es perdessin totes les informacions de context d'11 individus. A més a més, hi hagut 7 dels individus analitzats de l'E-35 que, malgrat tenir sigla, ha estat impossible relacionar-los amb les descripcions de les restes de l'estudi antropològic (Alfonso et al. 2002), fet que ha impossibilitat conèixer el sexe, l'edat i les possibles paleopatologies dels individus en qüestió (MB008, MB009, MB013, MB015, MB018, MB019 i MB020). Hi ha dues datacions d'aquesta estructura, una de l'individu 35-21 (3350 +/-60 BP) i un altre d'un individu que es desconeix quin és (3095 +/-50 BP) (Marín Castro 2018; Ramsey et al. 2000).



Figura 4.15. Fotografia durant l'excavació de l'E-35, un dels hipogeus del Bronce Inicial a Mas d'en Boixos (Alfonso et al., 2002).

L'estructura E-51 és una sitja reaprofitada com a sepulcre sense aixovar a la que es va trobar un individu d'uns 12 anys (Alfonso et al. 2002) a sobres d'un abocament de pedres al fons del dipòsit (Farré et al. 1999).

Pel que fa a l'E-61 també és una sitja reaprofitada com a sepulcre amb una inhumació que estava acompanyada per una agrupació de denes d'os i petxina que van ser interpretades com un possible collaret (Farré et al. 1999; Marín Castro 2018). L'inhumat és un individu femení juvenil d'uns 18-19 anys (Alfonso et al. 2002).

L'E-82 és una sitja reaprofitada com a sepulcre amb les restes de dos individus (Farré et al. 1999). L'individu 82-1 és un adult (25-35 anys) masculí i l'individu 82-2 és un infantil de 5-7 anys i de sexe indeterminat (Alfonso et al. 2002). Un d'aquests individus ha estat datat per 14C aportant una datació del 3265 +/-70 BP (Marín Castro 2018). L'individu 82-1 presentava una marca de traumatisme

a l'avantbraç que pot haver estat produïda per una caiguda o per protegir-se d'una agressió (Alfonso et al. 2002).

L'estructura E-102 és una sitja reaprofitada com a sepulcre amb les restes d'una inhumació humana que, al igual que l'E-51 i l'E-61, presenta un abocament de pedres al fons de l'estructura, a sota del mort, com per preparar la inhumació (Farré et al. 1999). L'individu és un adult de 20-25 anys femení (Alfonso et al. 2002).

L'E-104 és una de les sitges del jaciment més grans del jaciment reutilitzada com a sepulcre(Farré et al. 1999), que contenia les restes d'un individu adult (22-24 anys) femení (Alfonso et al. 2002).

L'estructura E-105, és una sitja amb restes humanes amb dos individus inhumats. Segons l'informe antropològic les restes correspondrien a un individu infantil de 10 anys, probablement femení, i a un individu masculí adult d'entre 33 i 45 anys (Alfonso et al. 2002).

L'estructura E-195 va ser excavada a l'any 2000 (Feliu Roca 2013) i és una sitja reaprofitada com a sepulcre amb la inhumació de 3 individus i sense aixovar. Només s'ha pogut analitzar l'individu 195-3 d'aquesta estructura, que és un individu femení de 17-18 anys (Alfonso et al. 2002).

Finalment, l'E-431 (Figura 4.16) és una sitja reaprofitada com a sepulcre amb un enterrament individual primari (Pedro 2012) amb les restes humanes molt mal conservades i alguns elements que podrien correspondre a l'aixovar del mort (una sageta de bronze, fragments de ceràmica informe i restes de sílex). El mal estat de conservació de les restes només han permès determinar que es tractava d'un individu adult (Pascual et al. 2014).

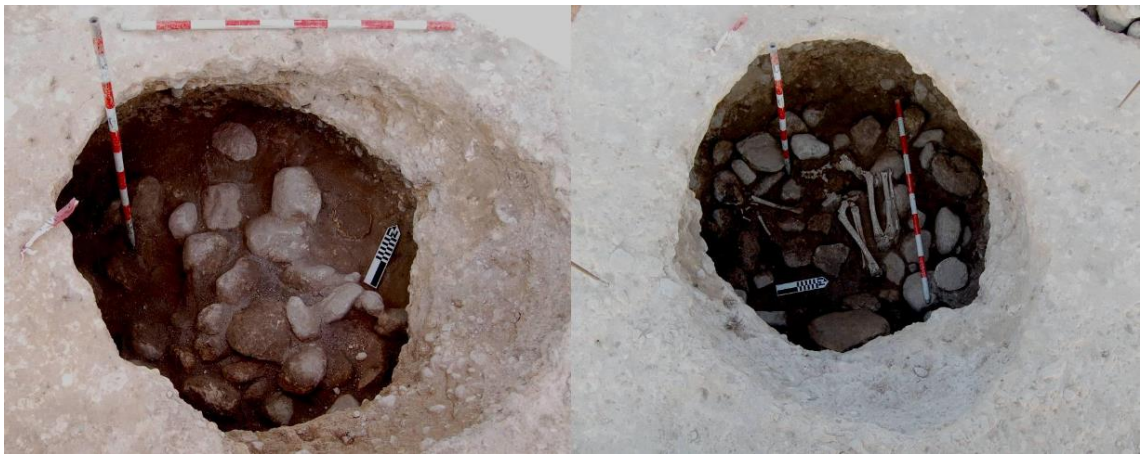


Figura 4.16. Fotografia del procés d'excavació de l'E-431 (Pedro, 2012).

Individu	Sector	Estructura	Tipus enterrament	Sexe	Edat	Dent	Lateralitat
35.3	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	3er molar	Inf. esquerra
35.4 (240)	1997	E-35	Col·lectiu	Masculí	25-35	3er molar	Sup. dreta
35.7	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	3er molar	Inf. esquerra
35.9	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	1er molar	Inf. dreta
35.11 (285)	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	3er molar	Inf. esquerra
35.12 (468)	1997	E-35	Col·lectiu	Indeterminat	20-25	1er molar	Sup. dreta
35.13 (499)	1997	E-35	Col·lectiu	Femení	20-25	Premolar	Inf. esquerra
35.14 (648)	1997	E-35	Col·lectiu	Femení	30-70	2n molar	Sup. esquerra
35.16	1997	E-35	Col·lectiu	Indeterminat	9-10	3er molar	Sup. esquerra
35.20 (77)	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	Premolar	Sup. dreta
35.21	1997	E-35	Col·lectiu	Femení	20-25	2n molar	Inf. esquerra
35.23	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	3er molar	Inf. dreta
35.3	1997	E-35	Col·lectiu	Desconegut	Desconegut	1er molar	Sup. esquerra
51.1	1997	E-51	Individual	Masculí	12	2n molar	Sup. dreta
61.1	1997	E-61	Individual	Femení	18-19	3er molar	Inf. esquerra
82.1	1998	E-82	Doble	Masculí	25-35	3er molar	Inf. esquerra
82.2	1998	E-82	Doble	Indeterminat	5-7	1er molar	Inf. dreta
102.1	1998	E-102	Individual	Femení	20-25	3er molar	Inf. esquerra
104.1	1998	E-104	Individual	Femení	22-24	3er molar	Inf. dreta

105.1	1998	E-105	Doble	Femení	10	1er molar	Sup. dreta
105.2	1998	E-105	Doble	Masculí	33-45	2n molar	Inf. esquerra
195.3	2002	E-195	Individual	Femení	17-18	2n molar	Inf. dreta
431.1	2008	E-431	Individual	Indeterminat	Adult	2n molar	Inf. dreta

Taula 4.5. Llistat de tots els individus del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos dels que s'ha analitzat l'estronci i l'oxigen.

Per a poder obtenir les ràtios d'estronci biodisponible de l'àrea estudiada es van recollir 12 mostres ambientals, de les quals 4 eren de sediment i 8 de vegetació actual (Taula 4.6). Aquest mostreig va cobrir l'àrea més adjacent del jaciment que corresponia aproximadament a uns 2 km a la rodona (Figura 4.17). Totes les mostres de vegetació i de sediment van ser recollides tenint en compte el registre del màxim d'unitats geològiques (UG) possibles (veure apartat 3.1.1.1.). Totes les mostres recollides es poden consultar a la base de dades (a l'annex A1.1).

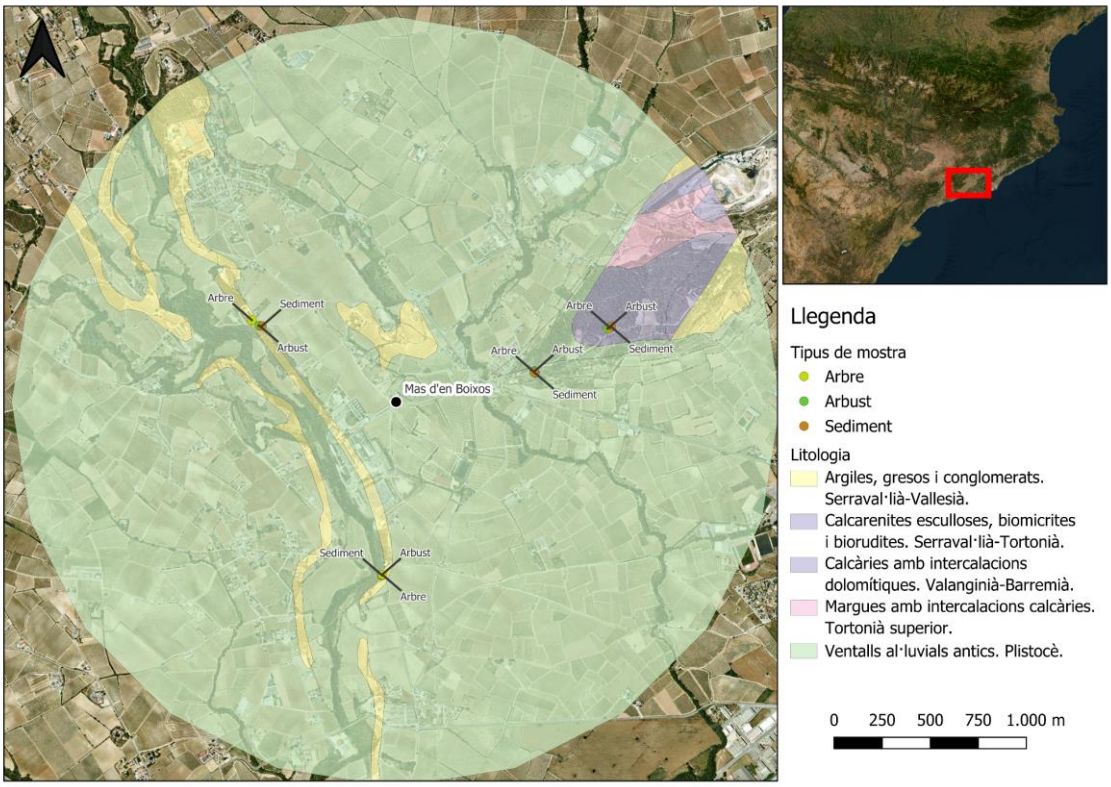


Figura 4.17. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de Mas d'en Boixos.

Codi	Mostra	Tipus	Espècie	UG	Període	Litologia	UTM X	UTM Y	Z (m s.n.m.)
MB_LOC_001	Arbre	Pi	Pinus halepensis	NMag	Neogen	Argiles, gresos i conglomerats	387384	4579286	283
MB_LOC_002	Arbust	Gatosa	Ulex parviflorus	NMag	Neogen	Argiles, gresos i conglomerats	388063	4577964	248
MB_LOC_003	Sediment	Sediment	Sediment	NMag	Neogen	Argiles, gresos i conglomerats	389248	4579246	335
MB_LOC_004	Sediment	Sediment	Sediment	NMag	Neogen	Argiles, gresos i conglomerats	388857	4579012	284
MB_LOC_005	Arbust	Esparraguera	Asparagus albus	NMag	Neogen	Argiles, gresos i conglomerats	387423	4579257	284
MB_LOC_006	Arbre	Roure	Quercus cerrioides	NMag	Neogen	Argiles, gresos i conglomerats	388061	4577963	241
MB_LOC_007	Arbust	Aladern	Rhamnus alaternus	Nme	Neogen	Calcarenites, biomicrites i biorudites	389235	4579241	322
MB_LOC_008	Arbre	Pi	Pinus halepensis	Nme	Neogen	Calcarenites, biomicrites i biorudites	388854	4579019	281
MB_LOC_009	Sediment	Sediment	Sediment	Nme	Neogen	Calcarenites, biomicrites i biorudites	387437	4579255	274
MB_LOC_010	Arbust	Aladern	Rhamnus alaternus	Qv	Quaternari	Ventalls al·luvials antics	388061	4577961	240
MB_LOC_011	Arbre	Pi	Pinus halepensis	Qv	Quaternari	Ventalls al·luvials antics	389253	4579252	337
MB_LOC_012	Sediment	Sediment	Sediment	Qv	Quaternari	Ventalls al·luvials antics	388855	4579013	285

Taula 4.6. Llistat de totes les mostres de sediment i vegetació agafades pels voltants del jaciment de Mas d'en Boixos amb les seves coordenades, espècie de planta i arbre, UG i altitud.

4.3. Edat del Ferro - Època Ibèrica

4.3.1. Context cronocutural

El que coneixem arqueològica i històricament com a poblacions iberes es van desenvolupar entre el segle VI i el segle I ANE pels voltants de la franja costanera mediterrània, entre l'actual Andalusia Oriental i el Llenguadoc Occidental incloent-hi, també, les àrees del sud-est de la Meseta Ibèrica i la conca del riu Ebre fins l'actual Saragossa (Agustí et al. 2015, 2016).

Un dels principals factors de desenvolupament d'aquestes societats va venir donat per l'influencia amb les xarxes d'intercanvi del Mediterrani, especialment aquestes dutes a terme per les societats fenícies i gregues (Asensio-Vilaró 2019; Sanmartí 2009b). Això, sumat a que les fonts escrites antigues expliquen que existien una sèrie de unitats territorials ben diferenciades en aquesta zona (Ferrer i Rigo 2003; Sanmartí 2009b) és pel que l'època ibera es sol definir com un procés de territorialització i jerarquització. Aquests processos van facilitar l'aparició de conflictes, documentats arqueològicament, que ens addueixen les troballes de dipòsits d'armes amortitzades associades a contextos funeraris, evidències d'exhibicions públiques d'armes en certes estructures i lesions sense supervivència a algunes restes humanes trobades en excavacions arqueològiques (Agustí i Martín 2006; Guzmán et al. 2018; Rovira Hortalà 2005; Sánchez Moreno 2002; Sanmartí 2003).

Aquest període al NE de la Península Ibèrica va ser una època de canvis profunds en l'estructura social del territori. Aquests canvis es van materialitzar en l'existència de grans mostres de poder tant en la vida com en la mort. Mitjançant l'acumulació d'excedents, l'exhibició de certs objectes caracteritzats com "de prestigi", l'aparició d'assentaments fortificats i les conegudes com a tombes de guerrers durant el segle VI ane, es pot observar l'aparició de societats molt més jerarquitzades i militaritzades que en els períodes immediatament anteriors (Prats Ferrando 2017). Aquest procés d'emergència aristocràtica que es manifesta en aquest període va facilitar el contacte amb les colònies fenícies i gregues a la costa, permetent a les elits d'aquestes comunitats veure, en aquest contacte, l'oportunitat d'assolir una posició dominant mitjançant la distribució

desigual dels anomenats béns de prestigi (Agustí i Martín 2006; Prats Ferrando 2017).

Aquest procés de jerarquització es trasllada també a la gestió del territori, amb unes dinàmiques molt diferents de les que es poden veure en el període immediatament anterior. Aquest canvi pot venir condicionat per diverses variables, essent una de les més habituals un possible canvi climàtic que hagués facilitat la colonització de noves terres i la intensificació dels models agrícoles i ramaders (Asensio-Vilaró 2019). Aquestes modificacions en el modus de producció social afavoririen l'aparició de models que promouen l'acumulació dels excedents que ja hem mencionat, i que acabarien condicionant aquestes societats a dirigir la seva economia cap a l'intercanvi de productes, afavorint l'hegemonia del model de jerarquies de cabdillatges (López Cachero i Pons 2008; Pons 2003b, 2003a).

El principal tipus d'organització territorial que ens trobem en aquestes societats s'estructura al voltant d'alguns centres que ostentarien el poder i que organitzen l'assentament, en detriment d'altres dedicats a activitats de caire productiu o a l'explotació de certs recursos específics i als assentaments especialitzats en el control territorial (Asensio Vilaró, Cardona, et al. 2001; Asensio Vilaró, Frances, i Pons 2002; Ferrer Álvarez 2013).

De totes maneres, tots els estudis arqueològics realitzats en el marc d'aquestes societats es veuen greument limitats des d'un punt de vista poblacional, pel fet que la majoria de les restes humanes que tenim son producte de pràctiques de cremació, el que ens impedeix establir patrons generals d'estudis antropològics (Agustí 2001; Subirà, Ruiz, i Guardiola-Bufí 2011). S'ha suggerit que aquestes pràctiques funeràries i el tractament dels cossos serien indicatius de posició jeràrquica i organització poblacional (Sanmartí 2009b), donat que tenim una sèrie de troballes funeràries que no es corresponen amb el marc general de pràctica funerària que tenim en aquestes societats, com serien les tombes de guerrers i alguns individus perinatals (Aranegui Gascó 2015; Sanmartí 2009a; Sanmartí i Santacana 2005). Un altre d'aquests testimonis que se'n surten del que sembla la norma funerària al NE de la Península, i del que més es parlarà en aquesta tesi doctoral, son els caps tallats o enclavats (Agustí et al. 2015).

Coneixem com a caps enclavats o tallats aquelles troballes de cranis aïllats sense connexió esquelètica a diversos contextos poblacionals del ferro peninsular i del sud-est francès. La seva principal característica és el tractament post-mortem, que denota una preparació del crani per a la seva exposició exterior (enclavat a parets o muralles) i en alguns casos a dins de sitges o estructures (Agustí et al. 2015; Agustí i Díaz-Carvajal 2015; Dedet i Schwaller 1990; Oliver Foix 1995).

Malgrat que tenim bastants textos greco-llatins que parlen extensament d'aquesta pràctica, en alguns casos, explícitament a la regió ibèrica, hi ha relativament pocs registres arqueològics d'aquesta pràctica, amb escasses o vagues referencies (Agustí et al. 2015; Agustí i Díaz-Carvajal 2015; Ciesielski et al. 2011; Subirà i Rovira Hortalà 2019). Sí que tenim evidència, arqueològicament, de la col·lecció de caps humans com a eina social des de l'Edat del Bronze a la Península Ibèrica (Agustí et al., 2015). En tot cas, és un fenomen que va proliferar i es va generalitzat durant l'Edat del Ferro. S'especula que el seu ús podia abastar des de la relíquia religiosa (individus venerats o ancestres) fins a ser un element de prestigis militar (enemics o membres d'altres grups ibers) (Agustí & Martín, 2006; Campillo, 1976; Campillo & Agustí, 2005; Subirà & Rovira Hortalà, 2019).

Degut al seu, més que probable, propòsit ideològic, la fase de recol·lecció era seguida d'un procés d'exhibició. En aquesta etapa, els cranis serien mostrats davant del conjunt de la comunitat o, en alguna zona designada, per a la seva mostra davant d'algun grup social en específic. Es creu que l'exposició tenia com a finalitat la exhibició de prestigi o coerció, posant de manifest la rellevància del procés d'enclavat. Algunes propostes busquen categoritzar aquests cranis en base a la seva localització: Els cranis exhibits a les parets i a les muralles es pensa que serien d'enemics o individus que van afrontar algun tipus de càstig o repressió, els trobats a dins de sitges son interpretats com a ofrenes i, finalment, aquells que es guardaven dins de les cases serien enemics molt importats, que servirien com a element de prestigi d'un individu en específic (Ciesielski et al. 2011; Oliver Foix 1995).

La gran majoria dels cranis que trobem en el registre arqueològic capgira en torn al Golf de Lleó (Agustí i Martín 2006; Subirà i Rovira Hortalà 2019). La frontera

sud d'aquest fenomen s'havia situat, històricament, al riu Besós (Barcelona), pel jaciment arqueològic de Puig Castellar. Darrerament, però, aquesta frontera s'ha mogut significativament cap al sud, gràcies a la troballa d'un crani d'aquestes característiques al Poblat Ibèric d'Olèrdola (Alt Penedès). De totes maneres, encara no hi ha estudis publicats sobre aquesta pràctica a jaciments tant al sud.

Gràcies als anàlisis antropològics que s'han fet dels cranis enclavats trobats al NE de la Península Ibèrica, concretament als estudis aplicats als cranis d'Ullastret (Ullastret, Girona), s'ha pogut observar que existia un cert tractament dels teixits previ a l'enclavat (Subirà i Rovira Hortalà 2019). Malgrat no s'han trobat restes de substàncies adherides al crani pensades per la seva exposició al exterior com les trobades al SE francès (Ribas et al. 2014) sí que s'han vist certes incisions associades a aquesta preparació del crani. Aquests tractaments s'associen a l'existència d'especialistes amb coneixements específics sobre les estratègies concretes per a dur a terme la exhibició dels cranis enclavats. Per tant, es pot assumir que era una activitat realitzada amb certa recurrència (Agustí et al. 2015; Campillo 1976; Campillo i Agustí 2005; Subirà i Rovira Hortalà 2019).

De cara a definir aquesta pràctica, és important considerar qui és el subjecte d'aplicació i què motivava la seva execució. Sense cap mena de dubte, era un procés ideològic i, com ja s'ha suggerit abans en aquest text, possiblement dut a terme com a forma de coerció cap a grups específics d'aquestes societats. Per tant, sorgeixen diverses preguntes sobre si aquestes persones eren internes o externes a l'assentament, si provenien de conflictes contra d'altres grups, si eren víctimes de repressió interna o qualsevol altra circumstància. Si assumim (com ho fan les fonts antigues) que aquests cranis eren trofeus de guerra, és esperable que el seu origen fos extern a la comunitat que els exposa.

L'objectiu de l'estudi de l'època ibèrica en aquesta tesi doctoral és proporcionar dades que responguin a les qüestions plantejades pel registre arqueològic en relació als individus estudiats. Per fer això, es centrarà l'estudi en dos jaciments arqueològics del NE de la Península Ibèrica que, a més de ser dos dels jaciments ibèrics més importants de la zona, es caracteritzen per tenir dels registres arqueològics més extensos sobre la pràctica dels caps enclavats: Els poblats ibèrics de Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelona) i Ullastret (Ullastret, Girona).

4.3.2. Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelona)



Figura 4.18. Localització de Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelona).

4.3.2.1. Introducció

L'assentament ibèric de Puig Castellar és un jaciment laietà que l'arqueologia ibera al NE de la Península ha qualificat de "nuclis de tercer ordre" o viles fortificades. Aquests assentaments serien nuclis amb dispositius defensius caracteritzats com a complexes però sense cap edifici "singular" no residencial ni necròpolis associades. Localitzats a zones elevades i de difícil accés, el que ha provocat que històricament s'associïn a activitats de control del territori (Asensio-Vilaró 2019; Ferrer i Rigo 2003).

Puig Castellar es troba al municipi de Santa Coloma de Gramenet, a la província de Barcelona, al cim del turó conegut com a Turó del Pollo, a la Serralada de Marina. Aquesta zona és una secció de la Serra Litoral catalana, composada de materials magmàtics i metamòrfics. Geològicament es caracteritza per ser un territori on predominen els esquistos micacis i sorrencs del Cambro-Ordovicià i

del Ordovicià, així com granodiorites, granits alcalins i pòrfirs àcids que daten del Carbonífer-Permià.

La localització geogràfica del jaciment facilita un ample rang de visibilització de l'estuari del riu Besós, del pla de Barcelona i de gran part de les comarques del Vallès i del Maresme. Com en altres jaciments d'aquest estil, és visible des de altres punts ocupats en zona ibera, com el turó de Montjuïc, el Turó de la Rovira (Barcelona), el turó de Mas Boscà (Badalona), el turó de Montgat o el turó de Les Maleses (Sant Fost de Campsentelles).

4.3.2.2. Història de la recerca i context arqueològic

Excavat per primer cop al 1904-1905 (Sagarra i de Siscar 1906a, 1906b), l'Institut d'Estudis Catalans continua amb les excavacions durant el primer quart del s. XX fins que als anys 30 s'inicia una etapa d'abandonament del jaciment (Asensio-Vilaró 2019). Entre els anys 50 i 70, el Centre Excursionista de Puig Castellar es fa càrrec de les excavacions i torna l'activitat al jaciment (Martínez i Hualde i Vicente i Castells 1966). Als anys 90 s'engega un projecte d'excavació integral del jaciment amb intervencions programades fins l'actualitat (Asensio-Vilaró 2019; De la Pinta Rodríguez i Río-Miranda Alcón 1981; Ferrer Álvarez 2015; Ferrer i Rigo 2003; Sanmartí 1992).

Puig Castellar és un jaciment amb molt poca potència estratigràfica, pel que totes les troballes associades a l'ocupació inicial del poblat surten enganxades a la roca del turó, dificultant així la seva datació relativa. Segons els estudis, va ser ocupat inicialment cap segle V ANE. N'hi han ceràmiques anteriors (s. VII i VI ANE) que van ser recollides en superfície, pel que, al ser troballes descontextualitzades, no es pot assegurar una fase d'ocupació tan antiga (Ferrer i Rigo 2003; Sanmartí 2003). El nucli fortificat hauria estat en ús des de finals del s. IV ane fins finals del III o principis del II ane. El seu abandonament es va produir abruptament pels voltants del 200 DNE, en un lapse de temps que sembla quadrar amb la Segona Guerra Púnica i les campanyes militars de Cató, el que podria suggerir una connexió directe entre l'abandonament de Puig Castellar i la invasió romana de la Península (Asensio-Vilaró 2019).

La funció principal de Puig Castellar seria la control territorial, el que no exclou el desenvolupament de altres activitats productives i econòmiques (Ferrer i Rigo

2003). Degut, principalment, a la seva localització, que permet un control total del pas des de la costa fins a les zones més interiors resseguint el riu Besòs. Es troben eines agrícoles al jaciment, conjuntament amb algunes restes de fauna, que suggereixen possibles activitats ramaderes. L'absència d'estudis de fauna exhaustius impedeix aclarir si aquestes restes procedeixen del consum o del descarnament, pel que desconeixem si aquestes restes eren criades localment o si, pel contrari, eren transportades d'altres zones per a ser consumides a Puig Castellar.

El seu rol com a centre de control territorial sembla més aparent si considerem l'existència del jaciment arqueològic de Can Calvet, localitzat als peus del turó de Puig Castellar, que exhibeix funcions relacionades amb l'explotació agrària (Asensio Vilaró et al. 1998; Asensio Vilaró, Francés, et al. 2001; Rigó Jovells i Gili Abad 1991; Zamora Moreno et al. 2001).

Des de una perspectiva de planificació urbana, l'assentament és relativament petit, malgrat conté una notable acumulació d'edificacions. Ocupa una superfície de 4000 m2 i estructures defensives ben adaptades a la topografia. El mur envolta el poblat i connecta amb les parets de moltes edificacions construïdes paral·lelament al carrer. Aquestes estructures generalment consisteixen en una única habitació, amb unes poques excepcions d'edificacions amb vàries habitacions, que es creu servirien com a indicatiu de diferencies en el status social (Belarte 2013).



Figura 4.19. Foto aèria del jaciment de Puig Castellar. Autor: Museu Torre Balldovina (Santa Coloma de Gramenet)

Els materials importats a Puig Castellar son escassos, encara que apareixen alguns com ceràmica grega d'alta qualitat o de luxe, datada fins al segle IV ANE, així com diverses àmfores d'importació (Asensio-Vilaró 2019). Val la pena assenyalar l'aparició de diverses armes al jaciment, detall que és poc habitual i que implica l'existència d'un grup especialitzat en l'ús de la violència (Asensio Vilaró, Francés, et al. 2001; Ferrer i Rigo 2003).

4.3.2.3. Els conjunts analitzats

Les restes humanes de Puig Castellar van ser profusament descrites en l'informe antropològic corresponent (Subirà i Rovira Hortalà 2019) en el que s'expliquen en detall les característiques anatòmiques dels individus analitzats. Els mètodes utilitzats per la determinació de l'edat i el sexe dels individus son els desenvolupats a Campillo i Subirà (2004).

Les restes analitzades en aquest treball (Taula 4.7, annex A1.1) es van trobar a principis del segle XX durant les campanyes dirigides per Ferran de Sagarra i de Císcar (Sagarra i de Siscar, 1906a, 1906b). Aquests individus van ser trobats a prop de la cara interna del mur sud del jaciment, a l'àrea pròxima a l'entrada principal de l'assentament (Figura 4.20), el que ha donat peu a veure aquí una

intencionalitat clara de fomentar la visibilitat d'aquestes restes davant de tota la comunitat (Agustí i Martín 2006).

Pel que fa a les restes de fauna analitzades en aquesta tesi doctoral, l'origen exacte de les troballes encara roman desconegut. Les campanyes d'on van sortir aquestes restes no mencionen cap localització específica. La revisió dels conjunts de materials arqueozoològics va permetre confirmar que les restes faunístiques s'havien trobat a prop dels cranis humans, situats al costat de l'entrada principal del jaciment (Conxita Ferrer, comunicació personal). No hi ha datacions absolutes dels cranis realitzades, però segons Ciesielski et al. (2011) els cranis, segons datació relativa, serien del segle II ane. De totes maneres, segons comunicacions personals amb els arqueòlegs del jaciment, l'assignació més específica seria de l'abandonament del poblat, en torn a finals del s. III – inicis del s. II ane.

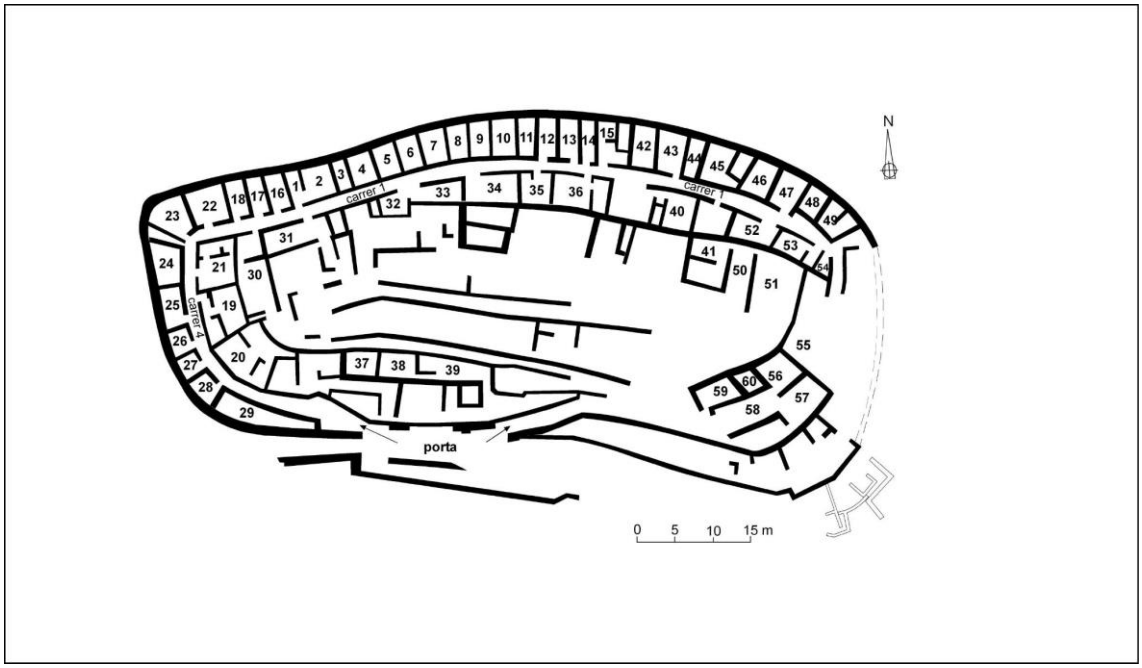


Figura 4.20. Planta del jaciment arqueològic de Puig Castellar (creada i cedida per la Conxita Ferrer Álvarez).

A Puig Castellar es van analitzar dents de 4 restes humanes i 8 de restes de fauna. En aquestes dents es van realitzar anàlisis d'estronci ($^{87}Sr/^{86}Sr$) i d'oxigen ($\delta^{18}O$), malgrat que només tenim resultats de la fauna degut a que els humans mostraven manca de col·lagen. A més a més es va analitzar el col·lagen d'alguns ossos trobats en aquest jaciment (n=7 humans, n=8 fauna) dels que es van fer

anàlisi de paleodieta ($\delta^{13}C$ i $\delta^{15}N$) que es publicaran en un treball posterior (Taula 4.7).

Individu	Sector	Espècie	Sexe	Edat	Dent	Lateralitat
PC_HU1	Accés poblat	Humà	Indeterminat	15	2n molar	Inf. esquerra
PC_HU2	Accés poblat	Humà	Masculí	18-25	1er premolar	Inf. dreta
PC_HU3	Accés poblat	Humà	Masculí	25-35	2n premolar	Inf. dreta
PC_HU4	Accés poblat	Humà	Masculí	18-25	3er molar	Inf. dreta
PC_CA1	Accés poblat	Boví	Indeterminat	Adult-Senil		
PC_CA2	Accés poblat	Boví	Indeterminat	Adult-Senil		
PC_SU1	Accés poblat	Suid	Masculí	1		
PC_SU2	Accés poblat	Suid	Masculí	Adult		
PC_SU3	Accés poblat	Suid	Masculí	Adult		Inf. esquerra
PC_CP1	Accés poblat	Càprid	Indeterminat	>2		
PC_CP2	Accés poblat	Càprid	Indeterminat	>2		
PC_CF1	Accés poblat	Cànid	Indeterminat	Senil		

Taula 4.7. Llistat de totes les restes humanes i de fauna de les que es va analitzar estronci i oxigen a Puig Castellar amb la informació respectiva a la seva espècie, assignació sexual i d'edat (segons Subirà i Hortalà, 2019).

Pel que fa a la determinació de l'estronci local, es van recollir vàries mostres ambientals (n=18), de les quals 5 eren de sediment i 13 de vegetació, recollides en les rodalies del jaciment. Algunes d'aquestes mostres provenien de les mateixes UG i es van combinar, durant el processat al laboratori, en una única mostra per a accelerar el procés (Taula 4.8).

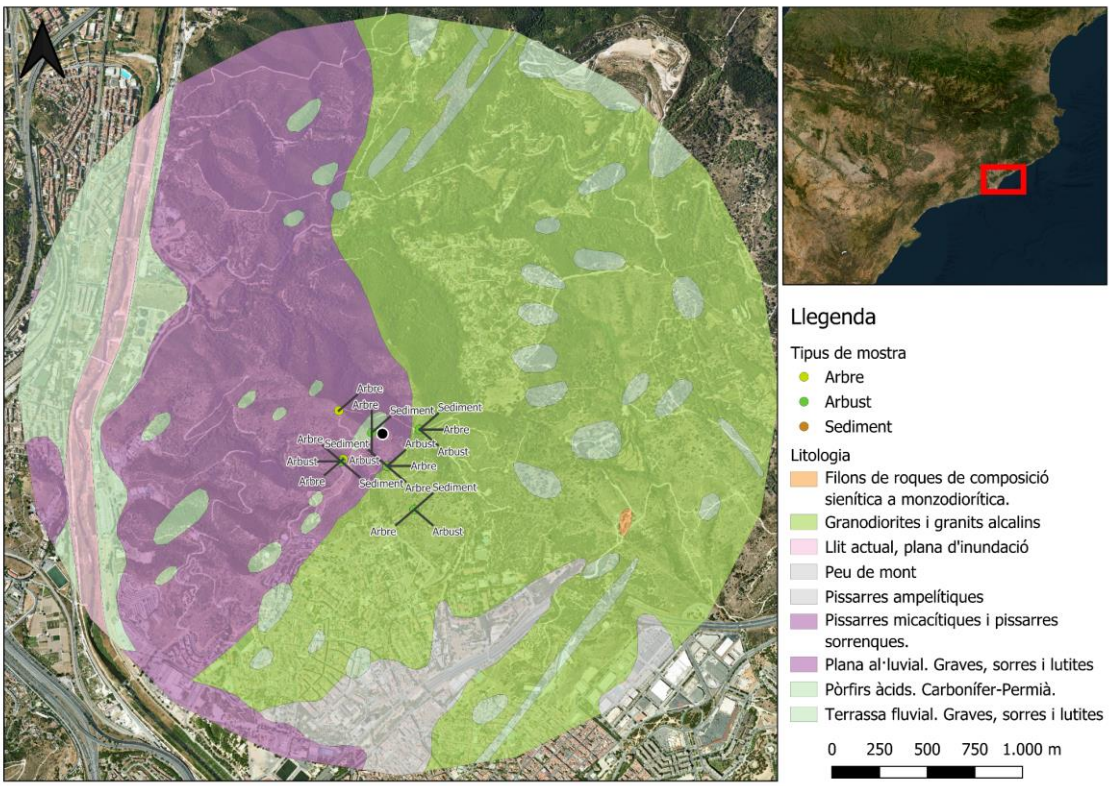


Figura 4.21. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de Puig Castellar.

Codi mostra (unificat)	Codi mostra (sense unificar)	Mostra	Tipus	Espècie	UG	Període	Litologia	UTM X	UTM Y	Z (m s.n.m.)
L-PC01	PC_003	Arbre	Olivera	Olea europaea	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433548	4591131	-
	PC_004	Arbre	Pi	Pinus halepensis	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433526	4591386	-
	PC_011	Arbre	Pi	Pinus halepensis	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433779	4591096	257
	PC_012	Arbre	Olivera	Olea europaea	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433779	4591096	257
	PC_018	Arbre	Pi	Pinus halepensis	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433538	4591120	285
L-PC02	PC_010	Sediment	Sediment	Sediment	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433779	4591096	257

	PC_017	Sediment	Sediment	Sediment	ÇOrP	Cambroordovicià	Pissarres micacítiques i sorrenques	433538	4591120	285
L-PC03	PC_014	Sediment	Sediment	Sediment	Ggd	Carbonífer-Permià	Granodiorites	433950	4591287	289
L-PC04	PC_015	Arbre	Pi	Pinus halepensis	Ggd	Carbonífer-Permià	Granodiorites	433950	4591287	289
L-PC05	PC_020	Sediment	Sediment	Sediment	Gpg	Carbonífer-Permià	Pòrfirs àcids	433699	4591271	347
L-PC06	PC_023	Sediment	Sediment	Sediment	Ggd	Carbonífer-Permià	Granodiorites	433922	4590868	193
L-PC07	PC_021	Arbre	Roure	Quercus cerrioides	Gpg	Carbonífer-Permià	Pòrfirs àcids	433699	4591271	347
L-PC08	PC_024	Arbre	Roure	Quercus cerrioides	Ggd	Carbonífer-Permià	Granodiorites	433922	4590868	193
L-PC09	PC_013	Arbust	Carrasca	Quercus rotundifolia	ÇOrP	Cambroordovicià	Roques sedimentàries	433779	4591096	257
	PC_019	Arbust	Carrasca	Quercus rotundifolia	ÇOrP	Cambroordovicià	Roques sedimentàries	433538	4591120	285
L-PC10	PC_016	Arbust	Llentiscle	Pistacia lentiscus	Ggd	Carbonífer-Permià	Granodiorites	433950	4591287	289
L-PC11	PC_022	Arbust	Carrasca	Quercus rotundifolia	Gpg	Carbonífer-Permià	Pòrfirs àcids	433699	4591271	347
L-PC12	PC_025	Arbust	Albaida	Anthyllis cytisoides	Ggd	Carbonífer-Permià	Granodiorites	433922	4590868	193

Taula 4.8. Llistat de totes les mostres de sediment i vegetació agafades pels voltants del jaciment de Puig Castellar amb les seves coordenades, espècie de planta i arbre, UG i altitud.

Totes les mostres recollides es poden consultar a la base de dades (annex A2.1).

4.3.3. Puig de Sant Andreu (Ullastret, Baix Empordà)

4.3.3.1. Introducció

Actualment considerat el jaciment ibèric més gran trobat al territori de l'actual Catalunya, la localització principal del jaciment d'Ullastret es situa al Puig de Sant Andreu, a la plana del Baix Empordà, a la comarca homònima (província de Girona). Malgrat que aquesta zona és sol reconèixer com el jaciment principal, antigament l'assentament indiceta es dividia entre dos nuclis: El Puig de Sant Andreu i l'Illa d'en Reixac.

La Plana del Baix Empordà es va formar a partir de la deposició de sediments al·luvials aportats pels rius Ter i Daró. La composició geològica de la zona consisteix, principalment, en argiles intercalades amb conglomerats i sorrenques grises del període Eocè-Oligocè. A més a més, hi ha argiles, llims i sorres procedents del Bartonià inferior al Priabonià inferior. Aquesta zona també es caracteritza per la presència de argiles i sorres del Pleistocè, així com sorrenques i llims del Bartonià. Finalment, la plana al·luvial i/o deltaica del Ter del Holocè superior, amb depòsits al·luvials-col·luvials formats per graves de matriu sorrenca i argilosa del Holocè.

Des del segle IV ane Ullastret es va desenvolupar cap a un complex urbà abastant, aproximadament, 15ha. Es pensa que hauria funcionat com a "capital" del territori dels indicetes, exercint control territorial sobre la regió que va des del riu Tordera al sud fins al massís de l'Albera al nord (Agustí et al. 2015).

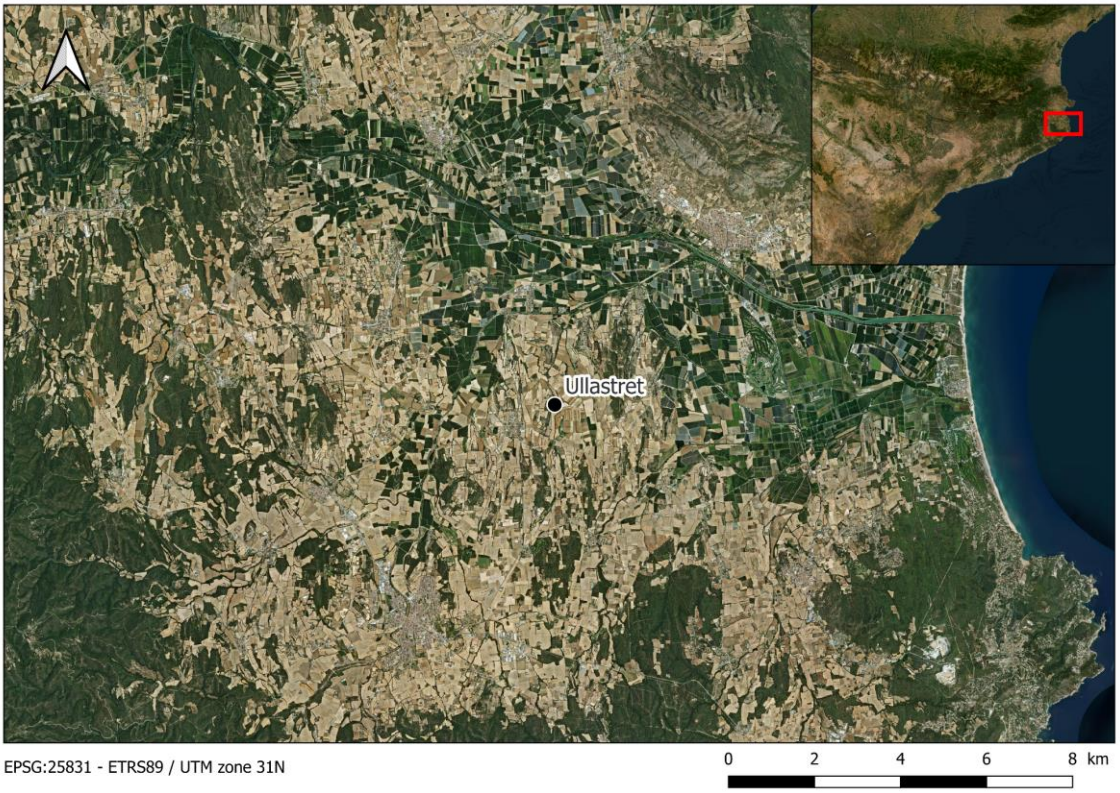


Figura 4.22. Localització de Ullastret (Ullastret, Baix Empordà).

4.3.3.2. Història de la recerca i context arqueològic

L'inici de la recerca arqueològica a Ullastret comença al 1931 amb els treballs de C. Serra Ràfols i Josep Colomines. Les primeres excavacions a Ullastret son dirigides pel Lluís Pericot i el Miquel Oliva a 1947 (Buxó i Capdevila 1992). A la dècada dels 60 es descobreix l'assentament de l'Illa d'en Reixac i el primer crani enclavat del jaciment (De Prado i Rovira Hortalà 2015; Pujol Puigvehí 1980). A partir del 1995 es torna a excavar la zona de l'oppidum del Puig de Sant Andreu i l'Illa d'en Reixac i fins l'actualitat s'han anat desenvolupant treballs de prospecció de l'entorn periurbà (Codina, Martín, i De Prado 2012).

En termes de significança territorial, Ullastret va formar part d'una xarxa d'assentaments a l'àrea, amb Ullastret, suposadament, essent el centre neuràlgic d'aquesta (Plana Mallart i Martín Ortega 2012). Diverses campanyes de prospeccions han revelat la dispersa distribució d'assentaments pels voltants del Puig de Sant Andreu. Aquests nuclis més petits, probablement, es van

especialitzar en la producció i en l'extracció de matèries primeres (Plana Mallart i Martín Ortega 2001).

Ullastret es va establir durant els segles VII o VI ANE per grups locals d'indicetes (Cebrián Martínez 2018; De Prado i Rovira Hortalà 2015). Aquest assentament mostra diverses estructures, incloent canals de distribució de l'aigua, designats per a la distribució de l'aigua de pluja cap a àrees planificades pel seu magatzem. Diversos estudis han suggerit connexions entre aquests sistemes d'aigua i aquells trobats al, proper, assentament d'Empúries, el que faria pensar en una relació o contacte potencial entre aquestes dues societats (De Prado i Rovira Hortalà 2015; Olmos Benllonch 2008). El sistema defensiu d'Ullastret és també digne de mención, així com la seva estructura urbana, que mostra una barreja d'estructures domèstiques i singulars, algunes de les quals son considerades, per alguns estudis, com aristocràtiques (Codina et al. 2017, 2012).

Les diverses excavacions dutes a terme a Ullastret han revelat un nombre significant d'estructures residencials associades a individus d'elevat estatus social, així com diverses estructures, interpretades com a capelles, localitzades al cim del turó (Codina et al. 2012). Aquestes troballes, combinades amb els resultats de vàries campanyes d'excavació donen suport al consens entre arqueòlegs que Ullastret va ser part d'un grup dels assentaments de primer ordre, que exercien control territorial i polític a la zona Indiceta. Aquests assentaments es caracteritzen per abastir una certa extensió d'hectàrees de terreny, a presència de fortificacions complexes, l'existència d'edificis singulars, estructures complexes, elements relacionats amb activitats econòmiques especialitzades a nivell artesanal, comerç a llarga distància, ocupació densa i ordenada de l'espai proper, l'existència de tècniques d'emmagatzematge de gran capacitat i una situació orogràfica estratègica (Asensio Vilaró et al. 1998; Prats Ferrando 2017).

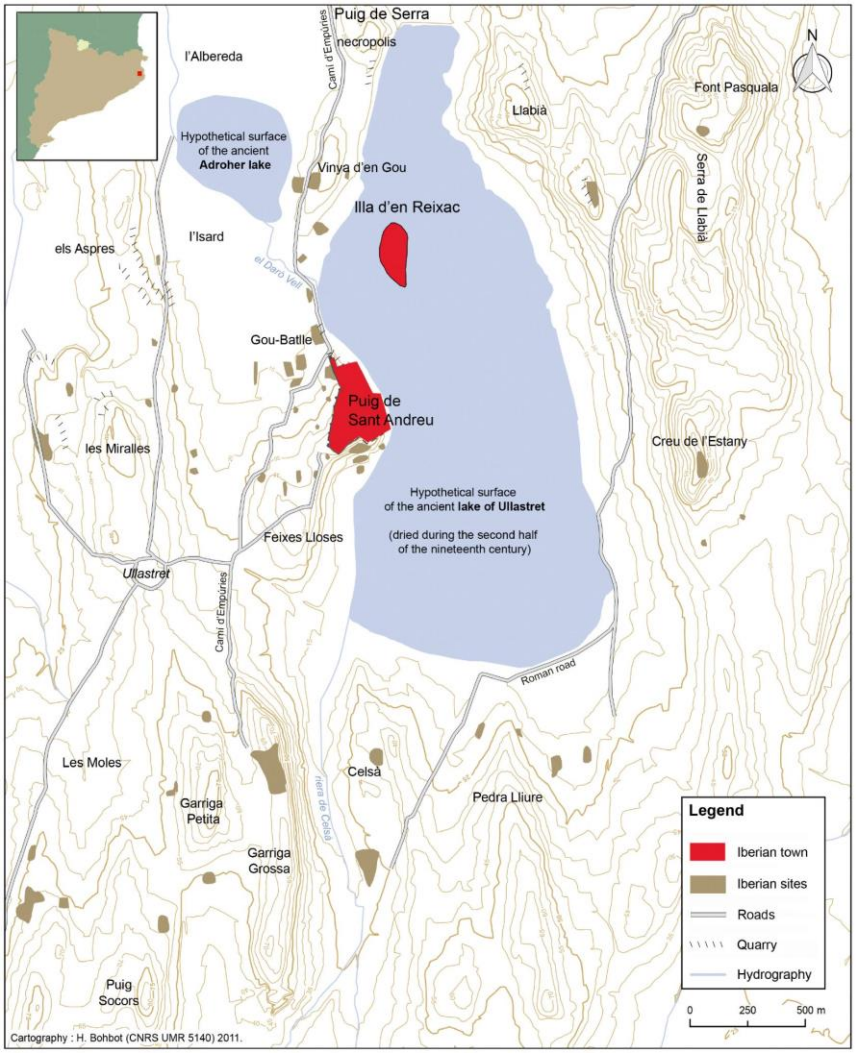


Figura 4.23. Mapa conceptual de la localització d'Ullastret amb els seus dos assentaments principals, el Puig de Sant Andreu i l'Illa d'en Reixac (Garcia-Garcia et al. 2016).

De tots els assentaments coneguts amb aquestes característiques, Ullastret seria l'únic que esta format per dos assentament (Puig de Sant Andreu i l'Illa d'en Reixac) que es sospita que eren complementaris (Figura 4.23), encara que les funcions del segon encara romanen desconegudes (Plana Mallart i Martín Ortega 2012).

Ullastret és un assentament amb una xarxa d'assentaments que l'envolten. Com ja s'ha comentat, aquests assentaments es creuen productors (Asensio-Vilaró 2019; Nieto-Espinet et al. 2021; Plana Mallart i Martín Ortega 2003, 2012). En aquesta zona, a partir del segle IV ane s'inicia un procés d'antropització, amb, el que sembla, una expansió profunda de l'agricultura (Burjachs et al. 2005; Burjachs i Schulte 2003). Aquesta intensificació també és visible per la presència de males herbes vinculades a la presència de cultius de cereals, així com també

s'han documentat pastures al territori periurbà d'Ullastret (Buxó i Capdevila 1992, 2010; Plana Mallart i Martín Ortega 2012). Les concentracions de jaciments de sitges suggereixen que les àrees productives es situaven pels seus voltants, però cap altre estudi ha aportat més informació al respecte (Plana Mallart i Martín Ortega 2012; Sanmartí 2003). És possible però que a períodes posteriors a l'ocupació d'Ullastret les àrees agrícoles s'ubicaren en torn als jaciments de Garriga Grossa i Creu de l'Estany, a on s'han identificat petites estructures d'hàbitat disperses, que es creu que van estar relacionades amb activitats agrícoles (Asensio-Vilaró 2019; Plana Mallart i Martín Ortega 2012).

Ullastret es va abandonar entre el final del segle III i el principi del segle II ane, molt probablement lligat a la conclusió de la Segona Gerra Púnica i l'arribada dels romans a la Península Ibèrica (Agustí et al. 2015).

4.3.3.3. Els conjunts analitzats

Les restes humanes que s'han estudiat en aquesta tesi doctoral han estat descrites a diferents treballs (Agustí et al. 2015; Agustí i Díaz-Carvajal 2015; Agustí i Martín 2006; Campillo 1976; De Prado i Rovira Hortalà 2015; Pujol Puigvehí 1980). Els cranis que s'han utilitzat per aquesta tesi doctoral van ser trobats a diferents campanyes arqueològiques i a diverses localitzacions arreu el jaciment (Figura 4.25).



Figura 4.24. Fotografia i TAC d'un dels cranis enclavats trobats al Puig de Sant Andreu (autora: Eulàlia Subirà)

En total, a Ullastret, es va analitzar l'estronci i l'oxigen de dents provinents de 3 cranis enclavats humans i de dents de 10 mostres de fauna arqueològica (Taula 4.9, l'annex A1.1). En aquestes dents es van realitzar anàlisis d'oxigen ($\delta^{18}O$) i d'estronci ($^{87}Sr/^{86}Sr$). A més a més es va analitzar el col·lagen d'alguns ossos trobats en aquest jaciment (n=4 humans, n=17 fauna) dels que es van fer anàlisi de paleodieta ($\delta^{13}C$ i $\delta^{15}N$).

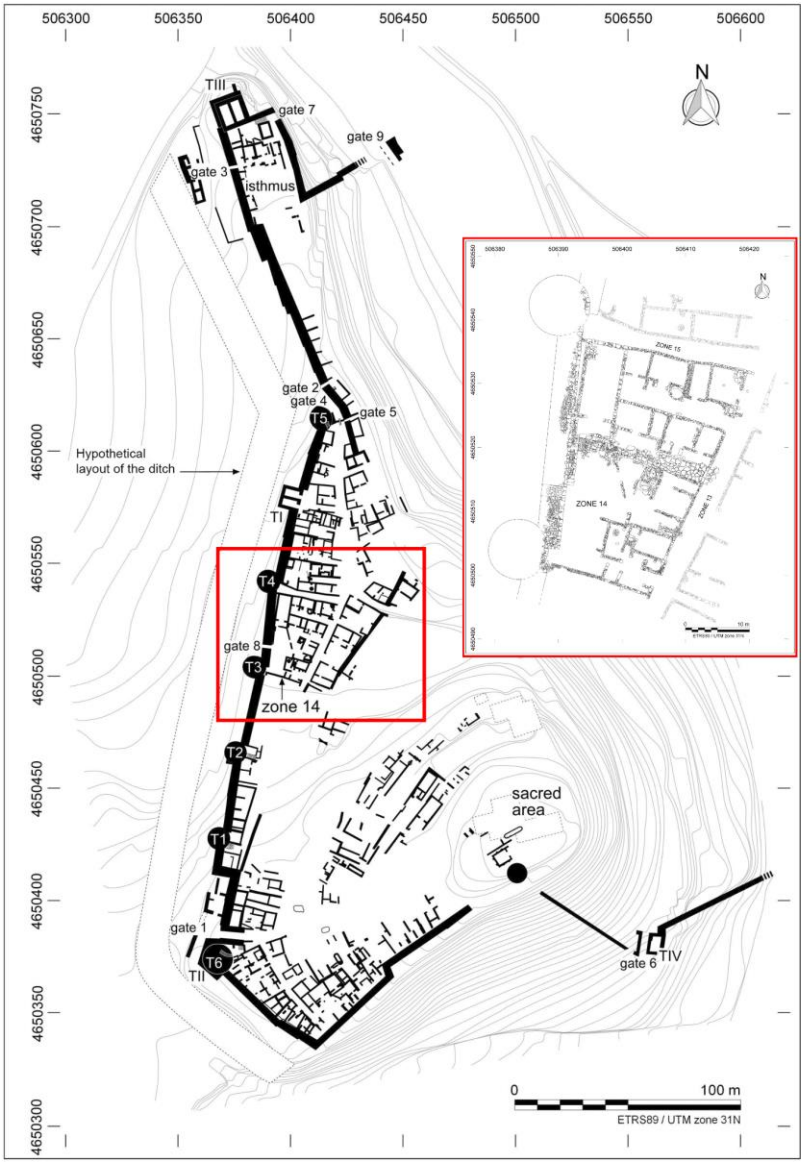


Figura 4.25. Planta de l'assentament del Puig de Sant Andreu a Ullastret (modificat a partir de la fig.5 i la fig.11 del capítol 3 de Garcia-Garcia et al., 2016).

ULL_HU1 va ser trobat a la zona 13 del jaciment, durant l'excavació de l'any 2012 (Codina et al. 2014). ULL_HU2 va aparèixer a una rasa, molt a prop del mur nord, durant les campanyes dutes a terme entre els anys 1964 i 1969, però es desconeix si prové de la sitja 146 o de la 106 (Campillo 1976; Pujol Puigvehí 1980). ULL_HU3 va aparèixer a les campanyes de l'any 1996, a la zona 14 del jaciment (Martin i Ortega 1997). Tots els individus de fauna analitzats provenen de les zones 152 i 153, que es van excavar a l'any 2012 (Codina et al. 2014). No hi ha datacions absolutes realitzades en els cranis, però per assignació cronològica relativa es poden ubicar, en el cas dels cranis del Puig de Sant Andreu (els aquí analitzats) serien del segle III ane (Agustí et al. 2016; Ciesielski

et al. 2011; De Prado i Rovira Hortalà 2015), coincidint amb l'abandonament del poblat.

Individu	Sector	Espècie	Sexe	Edat	Dent	Lateralitat
ULL_HU1	Zona 13	Humà	Masculí	20-25	3er molar	Sup. esquerra
ULL_HU2	Sitja 146 o 104	Humà	Masculí	20-30	3er molar	Inf. esquerra
ULL_HU3	Zona 14	Humà	Indeterminat	17-25	1er molar	Inf. esquerra
ULL_CP1	Zones 152 i 153	Caprí	Desconegut	Desconegut		
ULL_CP2	Zones 152 i 153	Caprí	Desconegut	Desconegut		
ULL_CP3	Zones 152 i 153	Caprí	Desconegut	Desconegut		
ULL_CA1	Zones 152 i 153	Boví	Desconegut	Desconegut		
ULL_CA2	Zones 152 i 153	Boví	Desconegut	Desconegut		
ULL_CA3	Zones 152 i 153	Boví	Desconegut	Desconegut		
ULL_SU1	Zones 152 i 153	Suid	Desconegut	Desconegut		
ULL_SU2	Zones 152 i 153	Suid	Desconegut	Desconegut		
ULL_SU3	Zones 152 i 153	Suid	Desconegut	Desconegut		
ULL_SU4	Zones 152 i 153	Suid	Desconegut	Desconegut		

Taula 4.9. Llistat de totes les restes humanes i de fauna de les que es va analitzar estronci i oxigen a Ullastret.

Pel que fa a la determinació de l'estronci local, es van recollir vàries mostres modernes (n=21), de les quals 7 eren de sediment i 14 de vegetació, recollides en les rodalies del jaciment (<2km). Algunes d'aquestes mostres provenien de les mateixes UG i es van combinar, durant el processat al laboratori, en una única mostra per a accelerar el procés (Taula 4.10).

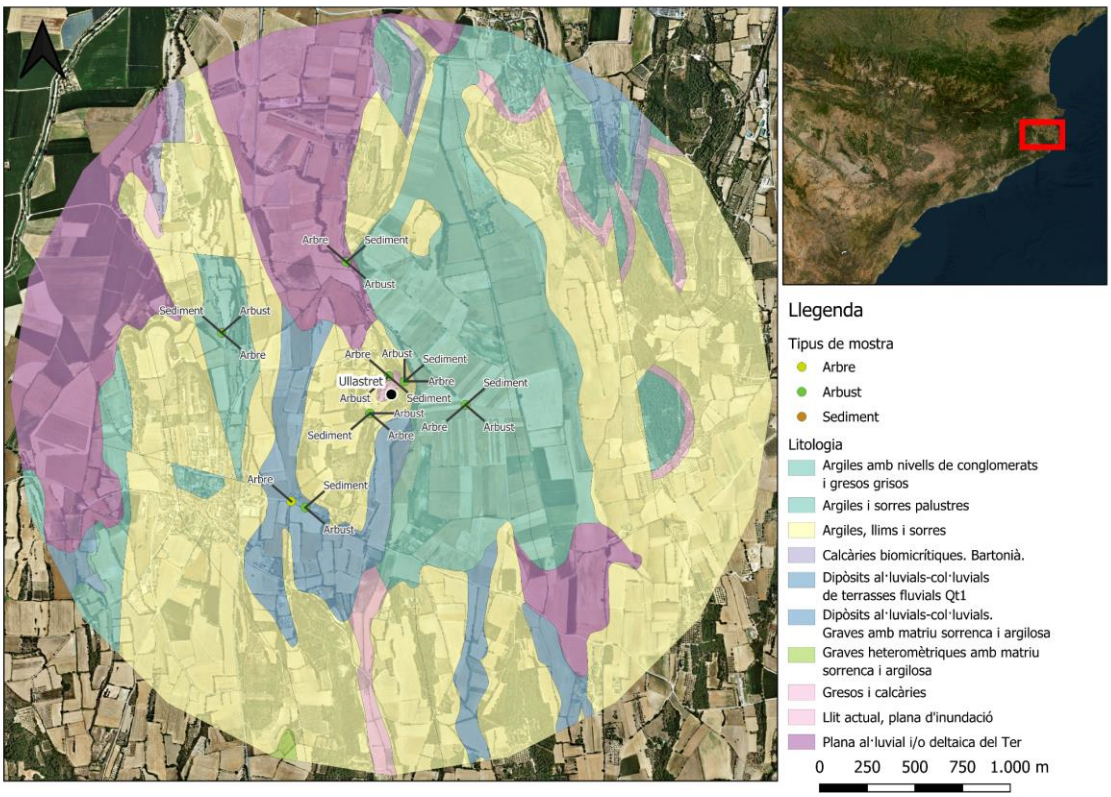


Figura 4.26. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de Ullastret.

Codi mostra (unificat)	Codi mostra (sense unificar)	Mostra	Tipus	Espècie	UG	Període	Litologia	UTM X	UTM Y	Z (m s.n.m.)
L-ULL01	Ull_001	Sediment	Sediment	Sediment	Peg	Paleògen	Gresos i calcàries	506565	4650522	87
L-ULL02	Ull_004	Sediment	Sediment	Sediment	PElg	Paleògen	Argiles, llims i sorres	506649	4650496	80
L-ULL03	Ull_007	Sediment	Sediment	Sediment	PElg	Paleògen	Argiles, llims i sorres	506467	4650328	91
L-ULL04	Ull_002	Arbre	Alzina	Quercus ilex	Peg	Paleògen	Gresos i calcàries	506565	4650522	87
L-ULL05	Ull_010	Sediment	Sediment	Sediment	T_Qpa	Quaternari	Plana al·luvial i/o deltaica del Ter	506343	4651121	63
L-ULL06	Ull_013	Sediment	Sediment	Sediment	Qpc	Quaternari	Argiles i sorres palustres	506968	4650372	66
L-ULL07	Ull_016	Sediment	Sediment	Sediment	Qac	Quaternari	Graves	506128	4649834	75

L-ULL08	Ull_019	Sediment	Sediment	Sediment	PEOa	Paleògen	Argiles i gresos grisos	505689	4650750	85
L-ULL09	Ull_006	Arbre	Alzina	Quercus ilex	PElg	Paleògen	Argiles, llims i sorres	506649	4650496	80
	Ull_008	Arbre	Alzina	Quercus ilex	PElg	Paleògen	Argiles, llims i sorres	506467	4650328	91
L-ULL10	Ull_011	Arbre	Freixe	Fraxinus excelsior	T_Qpa	Quaternari	Plana al·luvial i/o deltaica del Ter	506343	4651121	63
L-ULL11	Ull_014	Arbre	Álamo	Populus alba	Qpc	Quaternari	Argiles i sorres palustres	506968	4650372	66
L-ULL12	Ull_018	Arbre	Figuera	Ficus carica	Qac	Quaternari	Graves	506053	4649866	79
L-ULL13	Ull_020	Arbre	Roure	Quercus cerrioides	PEOa	Paleògen	Argiles i gresos grisos	505689	4650750	85
L-ULL14	Ull_003	Arbust	Aladern	Rhamnus alaternus	Peg	Paleògen	Gresos i calcàries	506565	4650522	87
L-ULL15	Ull_005	Arbust	Llentiscle	Pistacia lentiscus	PElg	Paleògen	Argiles, llims i sorres	506649	4650496	80
	Ull_009	Arbust	Llentiscle	Pistacia lentiscus	PElg	Paleògen	Argiles, llims i sorres	506467	4650328	91
L-ULL16	Ull_012	Arbust	Aladern	Rhamnus alaternus	T_Qpa	Quaternari	Plana al·luvial i/o deltaica del Ter	506343	4651121	63
L-ULL17	Ull_015	Arbust	Aladern	Rhamnus alaternus	Qpc	Quaternari	Argiles i sorres palustres	506968	4650372	66
L-ULL18	Ull_017	Arbust	Carrasca	Quercus rotundifolia	Qac	Quaternari	Graves	506128	4649834	75
L-ULL19	Ull_021	Arbust	Esparraguera	Asparagus albus	PEOa	Paleògen	Argiles i gresos grisos	505689	4650750	85

Taula 4.10. Llistat de totes les mostres de sediment i vegetació agafades en un radi de 2km del jaciment de Ullastret.

Totes les mostres recollides es poden consultar a la base de dades (l'annex A1.1).

4.4. Edat Mitjana

4.4.1. Context cronocultural

Es coneix com a pogrom a qualsevol assalt violent d'una massa popular contra d'un grup (normalment grups minoritzats socialment). Històricament, al continent europeu, aquest terme sempre s'ha relacionat amb poblacions jueves, gitanes i altres ètnies o grups nacionals perseguits.

El pogrom de Tàrrega de 1348 es situa temporalment durant la propagació de la Pesta Negra, que va provocar una sèrie de reaccions violentes i antisemites arreu del continent europeu, donada la responsabilitat que es va adjudicar per la dispersió de la malaltia, des de certes figures de poder, a les poblacions jueves (Muntané i Santiveri 2013). Malgrat que la correlació entre la por a la Pesta Negra i els brots de violència contra les poblacions jueves no pot ser dissociat, aquests atacs també coincideixen amb temporades de males collites i fams, guerres i crisis polítiques molt importants (Muntané i Santiveri 2013; Saula Briansó et al. 2014).

Les primeres mencions que tenim de violència contra la població jueva a Tàrrega data del 1307 DNE (Saula Briansó et al. 2014) després d'un any d'inundacions i fams. Durant els següents anys, es registren diversos episodis d'atacs a la població veïna de Cervera (i probablement, a Tàrrega també es donaven) cap a diferents grups i col·lectius, com el dels leprosos, que eren responsabilitzats de les calamitats que envoltaven a l'assentament (Saula Briansó et al. 2014).

Per analitzar el clima de violència, es fa necessari parlar de la situació financera dels habitants de Tàrrega i Cervera. Les pujades d'impostos de la primera meitat del s. XIV, degut als interessos militaristes de la Corona, sumades a les males collites i fams de mitjans de la dècada de 1320, van provocar l'endeutament de les administracions públiques locals i dels habitants dels assentaments, que es veien incapaços de pagar (Saula Briansó et al. 2014). Aquesta situació es va veure exponencialment incrementada durant els anys 30 d'aquest segle, vista que la recurrència amb la que la Corona demandava aquests impostos extraordinaris no deixava d'augmentar. Com a resultat d'això, l'any 1340

testimoniava l'endeutament generalitzat en el que es veien els municipis reials (Sánchez Martínez 1995).

En aquest context veiem que dos dels principals creditors del Consell de la ciutat de Tàrrega eren els germans Moixè i Xelomó Natan. Es registren diverses acusacions d'usura contra d'ells segons se n'anaven apropant els moments de liquidació del deute i, conseqüentment, també s'aplicaven diverses mesures discriminatòries contra la població jueva (Saula Briansó et al. 2014). Es va arribar a la situació que la població també es va haver d'endeutar al no disposar de diners amb els que liquidar el deute previ i això va generar diverses situacions de conflicte en el que les institucions i la Corona van intervenir, posicionant-se a un costat o a un altre en funció dels interessos que tinguessin amb els seus creditors (Saula Briansó et al. 2014).

Aquests condicionants dels atacs es sumen a que aquests assalts també semblen tenir tintes de revolta política. El monarca de l'època, Pere III, es trobava immers en un conflicte polític amb les nobleses valencianes i aragoneses, per raons relacionades a la successió de la Corona (Saula Briansó et al. 2014) i els creditors jueus eren una de les fonts de finançament més importants de la Corona. Sembla indicat assenyalar que la totalitat dels assalts registrat contra poblacions jueves aquell any es van dur a terme a ciutats sota control reial (Nirenberg 1998). La totalitat dels individus acusats, posteriorment, com a responsables de l'assalt, eren individus de elevat rang social a les seves respectives ciutats, el que sembla suggerir un possible motiu polític darrere dels atacs (Saula Briansó et al. 2014).

A moltes de les ciutats a on hi havia comunitats jueves ben establertes, els pogroms es van succeir durant l'any 1391 (Barcelona, Girona, València, etc.), malgrat que al 1348 també es van atacar alguns calls jueus a Barcelona (i possiblement Tarragona), Tàrrega i Cervera. D'acord amb el que diuen les cròniques (Muntané i Santiveri 2013), a Cervera, uns dies abans, van assassinar a 18 persones i la resta van poder fugir. A Tàrrega, es creu que la quantitat víctimes del pogrom estava en torn a 300 persones (Colet, Ruiz, i Saula 2009; Muntané i Santiveri 2013).

Degut a la proximitat d'ambdues poblacions (~12km en línia recta) i a que es sap que moltes de les víctimes del pogrom de 1348 a Cervera van poder abandonar la ciutat (Colet Marcé et al. 2009), en aquesta tesi doctoral es considera la possibilitat de que algunes de les víctimes de l'assalt de Tàrrega fossin residents de Cervera que arribessin a la ciutat uns dies abans del pogrom de Tàrrega.

4.4.2. Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell)

4.4.2.1 Introducció

Al 2007 una necròpolis jueva que contenia 182 tombes individuals i 6 enterraments col·lectius va ser excavada a Tàrrega, al jaciment de les Roquetes. A l'excavació, van ser exhumades les restes de 79 individus que havien estat víctimes del pogrom que va tenir lloc a la ciutat a l'any 1348 DNE (Colet Marcé et al. 2009).

La necròpolis es situa al SE de la ciutat de Tàrrega, localitzada al municipi homònim i a la comarca de l'Urgell (Lleida), al vessant nord del turó del Maset. El jaciment es coneix des d'inicis del segle XX, gràcies a una troballa fortuïta de restes humanes i al 2007, degut a la construcció d'una urbanització al turó del Maset, es van començar les excavacions.

La geologia de la zona es caracteritza per presentar dipòsits sedimentaris del Quaternari fins a sorrenques del Paleogen. Els depòsits sedimentaris quaternaris abasten des de planes d'inundació ordinàries i col·luvials formades per argiles amb còdols dispersos. A més de terrasses fluvials composades per graves, sorres i lutites, típiques dels dipòsits fluvials de l'Holocè. El subsol presenta roques sedimentàries del Paleogen, amb argiles vermelles i margues grises amb intercalacions de gresos i calcàries de l'Oligocè inferior i calcàries del Rupelià.

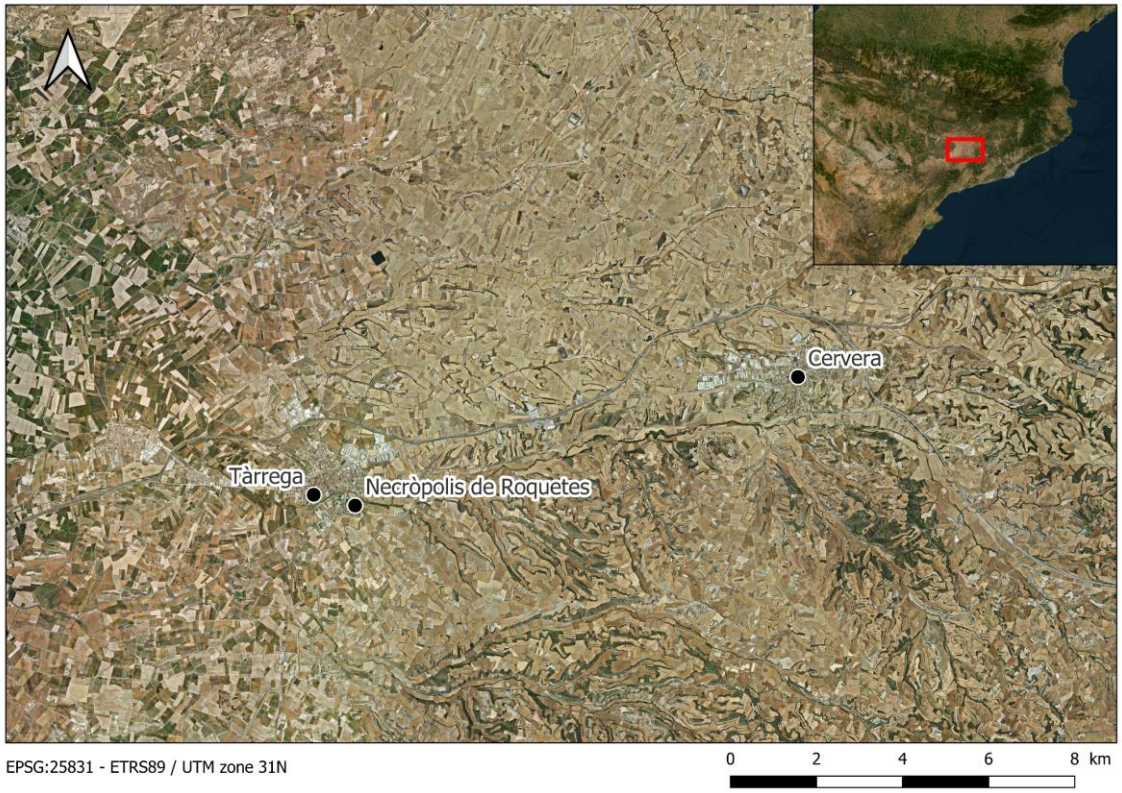


Figura 4.27. Localització de la Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell) i de la ciutat de Cervera (Cervera, Segarra).

4.4.2.2 Història de la recerca i context arqueològic

Les excavacions arqueològiques de la Necròpolis es van desenvolupar a dues campanyes paral·leles sota la direcció de l'Anna Colet i Marc Piera, organitzades pel Museu Comarcal de Tàrrega i l'empresa Arqueociència, respectivament. Aquestes excavacions es duen a terme en el marc de la construcció d'una urbanització, per tant es va intervenir en aquelles zones a on s'havia de construir i era impossible conservar les inhumacions.

Durant aquestes campanyes es van excavar un total de 173 estructures funeràries amb 155 inhumacions i 6 fosses comunes, essent, per tant, un total de 224 inhumacions (Colet Marcé et al. 2009; Ruiz i Subirà 2009). Es van detectar diverses tipologies d'estructura funerària, coherent amb cementiris d'aquesta època. Hi ha fosses simples (n=85), antropomorfes (n=23), indeterminades (n=25) i fosses comunes (n=6). La cronologia de les estructures és coherent amb el tipus d'estructura, essent les simples i les antropomorfes més

antigues i les fosses les més modernes. Aquestes darreres, datades gràcies a l'aparició de monedes de mitjans del segle XIV (Colet et al. 2009).

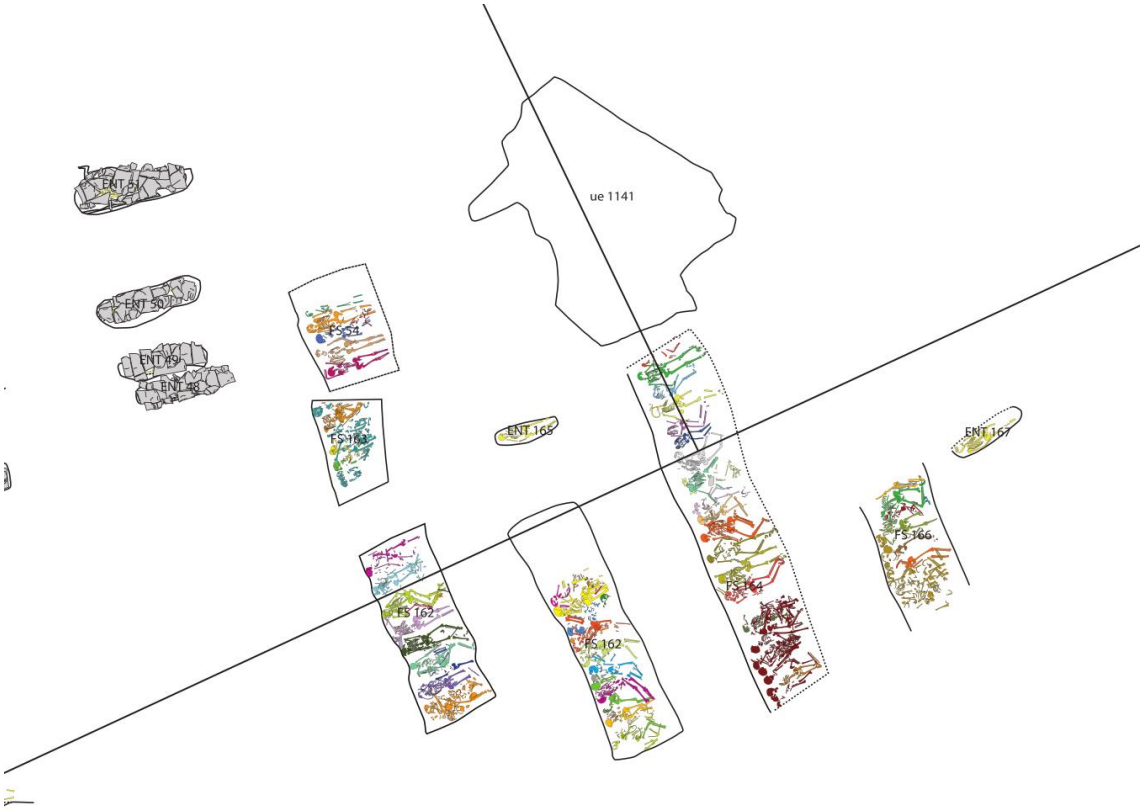


Figura 4.28. Planta de l'excavació de les fosses a la Necròpolis de Roquetes (autora: Anna Colet)

L'atribució d'aquestes tombes al cementeri jueu de Tàrrega es va realitzar gràcies a l'orientació dels cossos (O-E), la utilització de mortalles durant l'enterrament i la troballa de dos anells amb inscripcions hebrees (Colet Marcé et al. 2009).

No es van realitzar datacions radiocarbòniques ni cronologies absolutes de cap tipus, però si que es pot estimar que, mitjançant la documentació històrica, la duració de la necròpolis va abastar, com a mínim, 214 anys (1278-1492 dne, expulsió jueva).

A nivell d'aixovar, s'han documentat una sèrie d'elements d'aixovar (arracades, collarets, denes de vidre, etc) en alguns enterraments, però es plantegen com a elements de caire ideològic (amulets) i no com a elements representatius de cap mena d'estatus social del mort (Colet Marcé et al. 2009).

Les fosses col·lectives son, exceptuant les del cementiri de València, les úniques de les que es té constància d'existència dins d'una necròpolis jueva. A dintre de les fosses es manté el ritual d'enterrament jueu. L'existència de nombroses senyals de violència a molts dels individus trobats i la presa amb la que semblen haver estat enterrats, donada la presència de inhumats amb adorns, amb amulets i altres elements de vestimenta i decoració que devien dur posats en el moment de la seva mort (Colet Marcé et al. 2009; Colet et al. 2009) és el que fa pensar que aquests individus devien ser les víctimes del pogrom de 1348, donat que aquesta forma d'enterrar contradiu el ritual d'enterrament jueu, que imposa normes d'austeritat durant la inhumació. A més a més, hi ha dues fosses (FS164 i FS166) que es poden datar amb seguretat donada l'aparició de dos cilindres de monedes del segle XIV amb òbols de Pere III (Clua Mercadal 2009).

4.4.2.3 Els conjunts analitzats

L'estudi antropològic el van a dur a terme l'Eulàlia Subirà i el Jordi Ruiz (Ruiz i Subirà 2009). En total, es va veure un nombre mínim d'individus de 218 individus a la necròpolis, dividits entre els enterraments individuals del cementiri jueu (n=169) i els 6 enterraments col·lectius associats al pogrom de 1348 dne (n=69).



Figura 4.29. Fotografia de la fossa 161 de la necròpolis de Roquetes (Tàrrega). Anna Colet (Museu Tàrrega, Urgell).

A la necròpolis medieval de Roquetes es van analitzar 19 dents d'individus de les tres fosses que es van originar arreu del pogrom de l'any 1348 (FS161, FS162 i FS164). A més a més, es van incloure en aquest anàlisi 11 mostres d'esmalt dentari d'enterraments individuals de la necròpolis, no relacionats amb el pogrom

si no amb la utilització normal del cementiri (Ent-167, Ent-168, Ent-169, Ent-172, Ent-174, Ent-175, Ent-176, Ent-182, Ent-185, Ent-186 i Ent-187) i 2 dents de caprí trobades durant les excavacions de 2007 i 2008 a una casa del Call Jueu (c/ de la Font) que va ser destruïda en el marc d'aquest pogrom. També s'ha analitzat l'esmalt dentari de 9 individus d'època medieval (s. XIV) procedents del cementiri de Sant Antoni (Rodríguez Ximenos 2010) i sense cap relació amb l'episodi del pogrom.

L'anàlisi d'aquests individus (els enterraments individuals de Roquetes i els individus del cementiri de Sant Antoni) s'ha realitzat per a generar un rang referencial de l'estronci dels humans que s'assumeix que vivien a Tàrrega i Cervera i així poder complementar el referencial generat amb les mostres de sediment i vegetació modernes. Amb aquesta mateixa intenció, s'han afegit també les dues dents de caprí (l'annex A1.1, Taula 4.11).

Individu	Estructura	Tipus estructura	Sexe	Edat	Dent	Lateralitat
CERV001	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	1er molar	Sup. esquerra
CERV002	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	2n molar	Inf. esquerra
CERV003	C/Manuel Ibarra	Ossera	Indeterminat	Infantil	3er molar	Inf. esquerra
CERV004	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	1er molar	Sup. dreta
CERV005	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	2n molar	Inf. dreta
CERV006	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	2n molar	Inf. dreta
CERV007	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Desconegut	2n molar	Inf. Esquerra
CERV008	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	2n molar	Inf. dreta
CERV009	C/Manuel Ibarra	Ossera	Desconegut	Adult	2n molar	Sup. esquerra
FS001	FS162	Fossa	Femení	Adult jove	1er premolar	Sup. dreta
FS002	FS162	Fossa	Femení	Adult jove	1er premolar	Inf. esquerra
FS003	FS162	Fossa	Masculí	Adult jove	2n premolar	Sup. dreta
FS004	FS162	Fossa	Masculí	Juvenil	2n premolar	Inf. esquerra
FS005	FS162	Fossa	Masculí	Juvenil	2n premolar	Sup. dreta

RO001	Ent-169	Individual	Masculí	Adult jove	3er molar	Sup. dreta
RO002	Ent-168	Individual	Masculí	Adult jove	1er premolar	Inf. esquerra
RO003	FS164	Fossa	Masculí	Madur	1er premolar	Sup. esquerra
RO004	FS164	Fossa	Indeterminat	Infantil	2n molar	Sup. dreta
RO005	FS164	Fossa	Femení	Infantil	2n molar	Inf. esquerra
RO006	FS164	Fossa	Indeterminat	Infantil	Caní	Inf. dreta
RO007	Ent-185	Individual	Femení	Juvenil	2n premolar	Inf. dreta
RO008	Ent-186	Individual	Indeterminat	Infantil	1er molar	Inf. esquerra
RO009	FS161	Fossa	Femení	Adult jove	3er molar	Sup. esquerra
RO010	Ent-187	Individual	Desconegut	Desconegut	3er molar	Inf. esquerra
RO011	Ent-167	Individual	Masculí	Adult	2n molar	Inf. dreta
RO012	Ent-174	Individual	Femení	Adult jove	2n molar	Inf. esquerra
RO013	FS164	Fossa	Femení	Infantil	Incisiu	Inf. esquerra
RO014	FS164	Fossa	Femení	Infantil	2n molar	Inf. esquerra
RO015	FS162	Fossa	Indeterminat	Infantil	Incisiu	Sup. esquerra
RO016	FS161	Fossa	Masculí	Juvenil	2n premolar	Inf. esquerra
RO017	FS162	Fossa	Indeterminat	Adult	2n molar	Inf. dreta
RO018	FS161	Fossa	Masculí	Madur	1er premolar	Sup. esquerra
RO019	Ent-175	Individual	Femení	Adult jove	3er molar	Inf. esquerra
RO020	Ent-176	Individual	Masculí	Adult jove	3er molar	Inf. esquerra
RO021	FS162	Fossa	Femení	Juvenil	1er molar	Inf. dreta
RO022	FS162	Fossa	Femení	Adult jove	2n molar	Sup. dreta
RO023	FS161	Fossa	Femení	Juvenil	1er molar	Inf. dreta
RO024	Ent-182	Individual	Indeterminat	Infantil	2n molar	Sup. esquerra
RO025	Ent-172	Individual	Femení	Adult jove	2n molar	Inf. dreta
TAR001	FO'08 2089	C/ de la Font	Desconegut	Desconegut	Desconegut	Desconegut
TAR002	FO'08 2089	C/ de la Font	Desconegut	Desconegut	Desconegut	Desconegut

Taula 4.11. Llistat de totes les restes humanes de les que s'ha analitzat l'estronci i l'oxigen a Tàrrega (Fosses) i de les restes que s'han fet servir per la baseline local d'estronci (Enterraments individuals, fauna i Ossari).

Pel que fa a la determinació de l'estronci local (Taula 4.12), aquesta es va realitzar seguint la metodologia explicada al bloc 3 d'aquesta tesi doctoral. Es

van recollir vàries mostres ambientals (n=24) repartides entre Tàrrega (n=4 sediment, n=8 vegetació) i Cervera (n=3 sediment, n=5 vegetació), recollides en les rodalies del jaciment. A més a més es van recollir algunes mostres de terra (n=4) dels enterraments individuals de la necròpolis jueva (Ent-158, Ent-159, Ent-174, Ent-177).

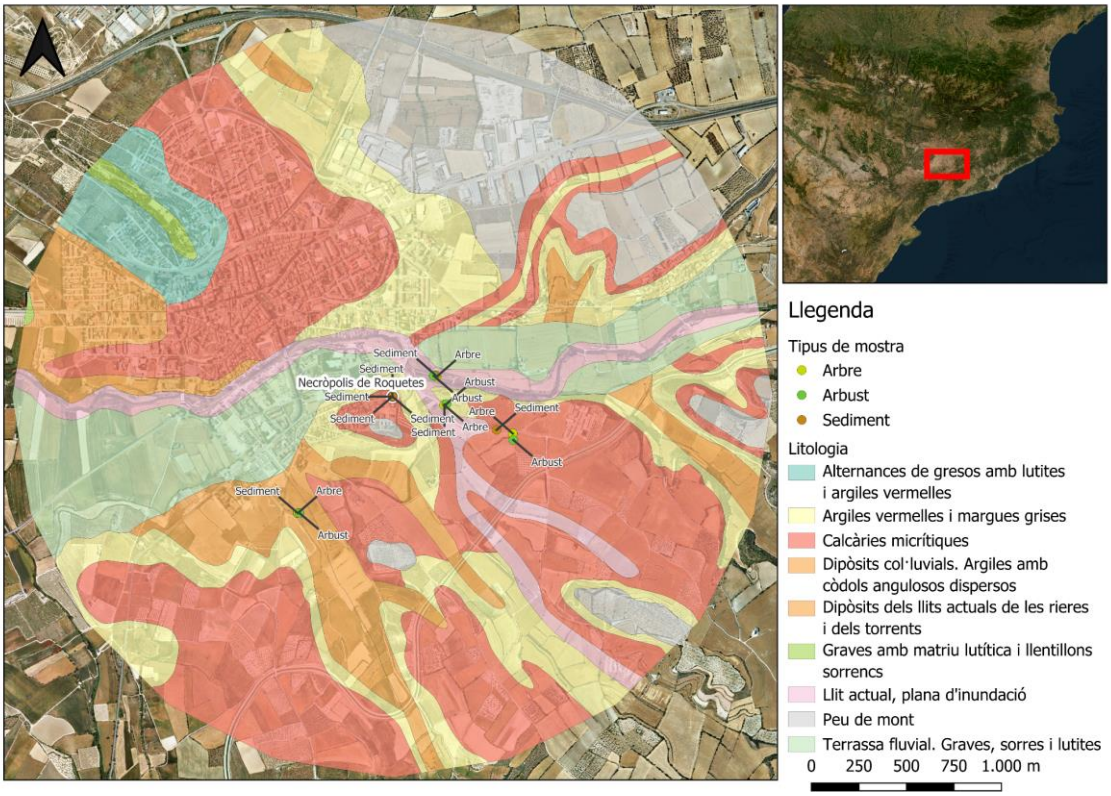


Figura 4.30. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de la Necròpolis de Roquetes.

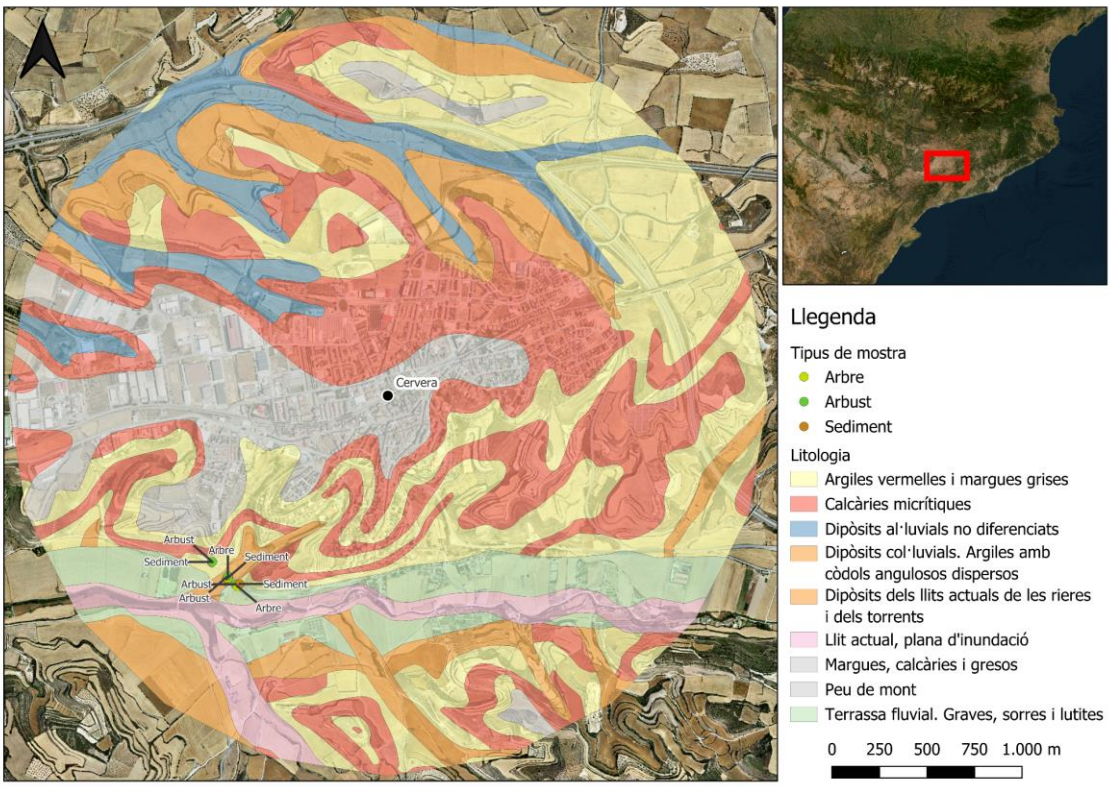


Figura 4.31. Mapa de l'àrea mostrejada a Cervera.

Codi	Lloc	Mostra	Tipus	Espècie	UG	Període	Litologia	UTM X	UTM Y	Z (m s.n.m.)
TAR_LOC001	Tàrrega	Arbre	Salze blanc	Salix alba	Qt0-1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	346086	4611982	380
TAR_LOC002	Tàrrega	Sediment	Sediment	Sediment	Qt0-1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	346081	4611989	380
TAR_LOC003	Tàrrega	Arbust	Remolatxa	Beta vulgaris	Qt0-1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	346070	4611986	380
TAR_LOC004	Tàrrega	Sediment	Sediment	Sediment	POlc	Paleògen	Argiles i margues	346126	4611835	380
TAR_LOC005	Tàrrega	Arbre	Olivera	Olea europaea	POlc	Paleògen	Argiles i margues	346125	4611833	380
TAR_LOC006	Tàrrega	Arbust	Olivarda	Dittrichia viscosa	POlc	Paleògen	Argiles i margues	346137	4611838	380
TAR_LOC007	Tàrrega	Sediment	Sediment	Sediment	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	346401	4611702	380
TAR_LOC008	Tàrrega	Arbre	Ametller	Prunus amygdalus	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	346486	4611683	380

TAR_LOC009	Tàrrega	Arbust	Garric	Quercus coccifera	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	346489	4611649	380
TAR_LOC010	Tàrrega	Sediment	Sediment	Sediment	Qco	Quaternari	Argiles	345355	4611265	380
TAR_LOC011	Tàrrega	Arbre	Cirerer	Prunus avium	Qco	Quaternari	Argiles	345356	4611266	380
TAR_LOC012	Tàrrega	Arbust	Ginesta	Spartium junceum	Qco	Quaternari	Argiles	345364	4611265	380
TAR_LOC013	Cervera	Sediment	Sediment	Sediment	Qr	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	355295	4613901	380
TAR_LOC014	Cervera	Arbre	Pollancre	Populus nigra	Qr	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	355302	4613906	380
TAR_LOC015	Cervera	Arbust	Card	Ptilostemon	Qr	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	355302	4613916	380
TAR_LOC016	Cervera	Sediment	Sediment	Sediment	POlc	Paleògen	Argiles i margues	355218	4613990	380
TAR_LOC017	Cervera	Arbust	Argelaga	Genista scorpius	POlc	Paleògen	Argiles i margues	355220	4613991	380
TAR_LOC018	Cervera	Arbust	Gessamí groc	Jasminum fruticans	Qt1	Quaternari	Graves, sorres i lutites	355342	4613873	380
TAR_LOC019	Cervera	Arbre	Figuera	Ficus carica	Qt1	Quaternari	Graves, sorres i lutites	355352	4613863	380
TAR_LOC020	Cervera	Sediment	Sediment	Sediment	Qt1	Quaternari	Graves, sorres i lutites	355364	4613874	380
TAR_LOC021	Tàrrega	Sediment	Sediment arq.	Sediment	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	345853	4611877	380
TAR_LOC022	Tàrrega	Sediment	Sediment arq.	Sediment	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	345853	4611877	380
TAR_LOC023	Tàrrega	Sediment	Sediment arq.	Sediment	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	345853	4611877	380
TAR_LOC024	Tàrrega	Sediment	Sediment arq.	Sediment	POmc1	Paleògen	Calcàries micrítiques	345853	4611877	380

Taula 4.12. Llistat de totes les mostres de sediment i vegetació agafades en un àrea de 2km de la Necròpolis de Roquetes (Tàrrega) i de la ciutat de Cervera.

Totes les mostres recollides es poden consultar a la base de dades (annex A2.1).

Bloc 5. Resultats

En aquest bloc es presenten, per un costat, els resultats de les analítiques isotòpiques de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ i, per un altre, els diferents tests estadístics que s'han realitzat a partir dels valors isotòpics obtinguts.

5.1. La geologia del NE de la Península Iberica i el referencial d'estronci biodisponible (BASr)

S'han recollit 66 mostres de vegetació (de les quals, 32 d'arrel curta i 34 d'arrel llarga) i 42 de sediment, a l'entorn de 6 jaciments arqueològics en (<2km) havent mostrejat en aquest treball un total de 108 mostres. D'aquestes, algunes es van homogeneïtzar (en els casos de Puig Castellar i Ullastret) per unitat geològica i mostra, havent analitzat, per tant, un total de 81 mostres (23 d'arrel llarga, 24 de curta i 34 de sediment).

Si es comparen els tipus de mostra analitzada per jaciment (Figura 5.1), no sembla haver-hi diferències entre les mostres d'arrel curta (arbustos), les d'arrel llarga (arbres) i el sediment. No obstant, en el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús es pot veure bastanta variabilitat entre els valors de cada tipus de mostra i també dins de la mateixa tipologia, fins al punt que es constata com el sediment abasta la totalitat de valors dels arbres i els arbustos.

Els valors isotòpics per unitats geològiques (Figura 5.2) mostra que els diferents tipus de mostra recollits en una mateixa localització poden tenir ràtios isotòpiques molt diferents. Exceptuant les unitats geològiques Qva1-3 i Qva1-5, de les que no es van poder agafar mostres de vegetació, es veu que la Bòbila Madurell i Puig Castellar tenen molta variabilitat en els seus resultats, cridant això l'atenció per que, si es miren la resta de jaciments, aquesta variabilitat entre zones no és tan gran.

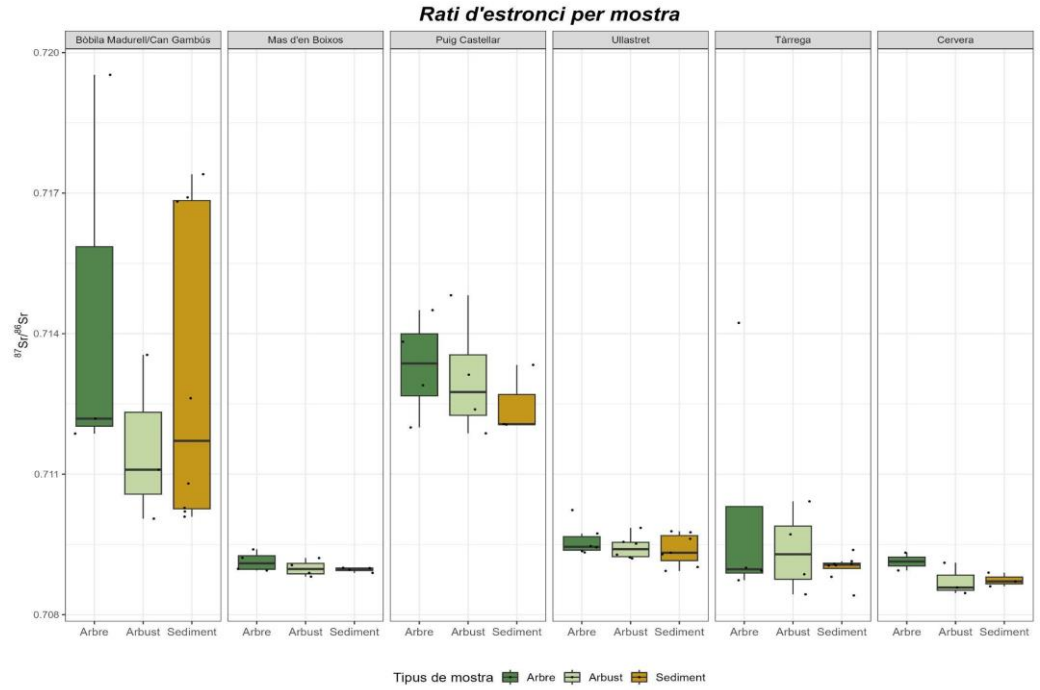


Figura 5.1. Boxplot que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres referencials locals analitzades en aquest treball, dividides per jaciment de procedència i tipus de mostra.

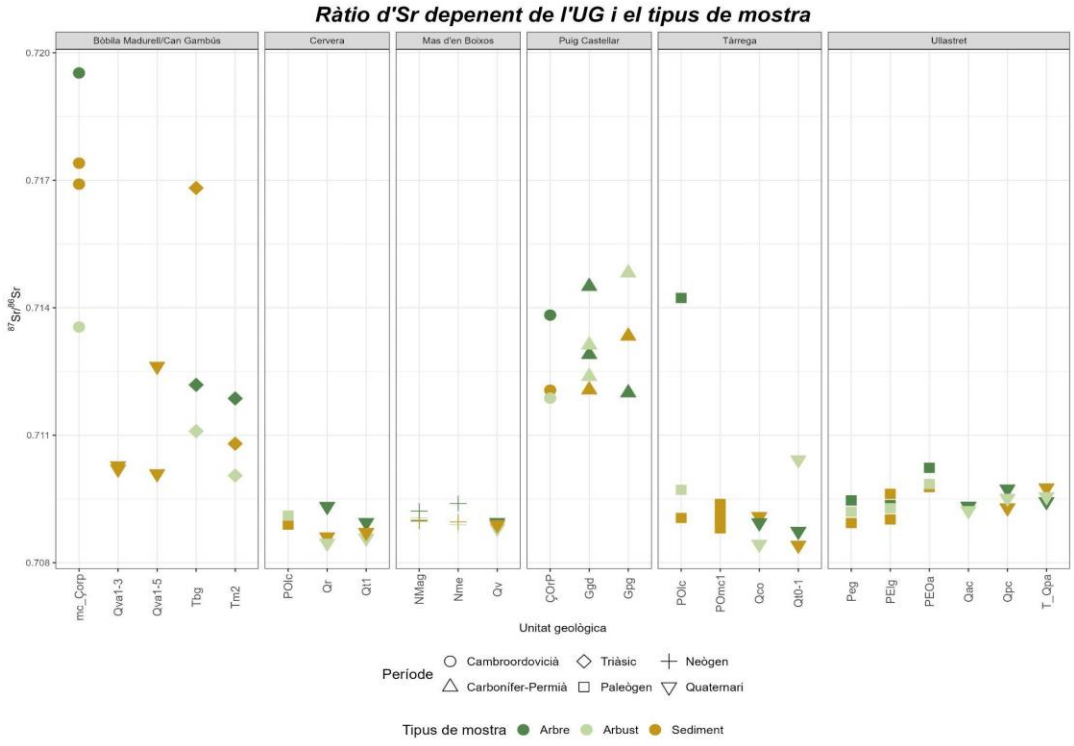


Figura 5.2. Gràfic de dispersió de punts que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les unitats geològiques analitzades en aquest treball, classificades pel tipus de mostra d'on provenen els valors.

Al comparar període per tipus de mostra (Figura 5.3) sembla que, les arrels llargues (arbres) tenen més variabilitat en el període més antic

(Cambroordovicià), havent-hi molta similitud entre aquestes i el sediment. Al Triàsic veiem que hi ha molta variabilitat de valors entre tipus de mostres, mentre que en els períodes més recents (Paleogen, Neogen i Quaternari) i al Carbonífer-Permià aquestes diferències semblen diluir-se.

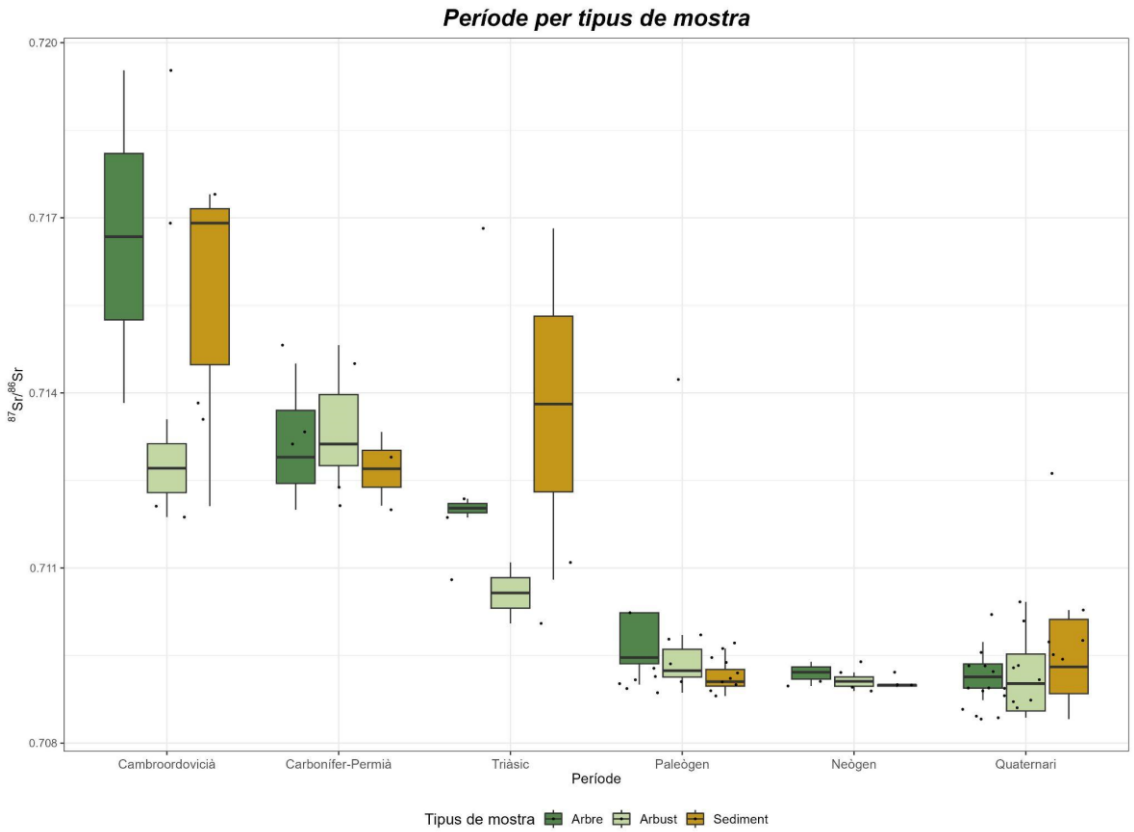


Figura 5.3. Boxplot que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres referencials locals analitzades en aquest treball, dividides per període geològic i tipus de mostra. Els períodes geològics estan ordenats de més antic (esquerra) a més recent (dreta).

A la següent figura (Figura 5.4), es veu que hi ha una relació clara entre el període geològic i la ràtio isotòpica, en mostrar, els períodes més antics, valors més elevats, reduint-se aquests segons pertanyen a períodes més recents, malgrat que les mostres provinents de substrats quaternaris mostren una mica més de variabilitat que les mostres de geologies més antigues. Una excepció a aquesta tendència són les mostres provinents de geologies conformades per roques sedimentàries del Cambroordovicià, que semblen tenir valors inferiors als del període més recent, el Carbonífer-Permià.

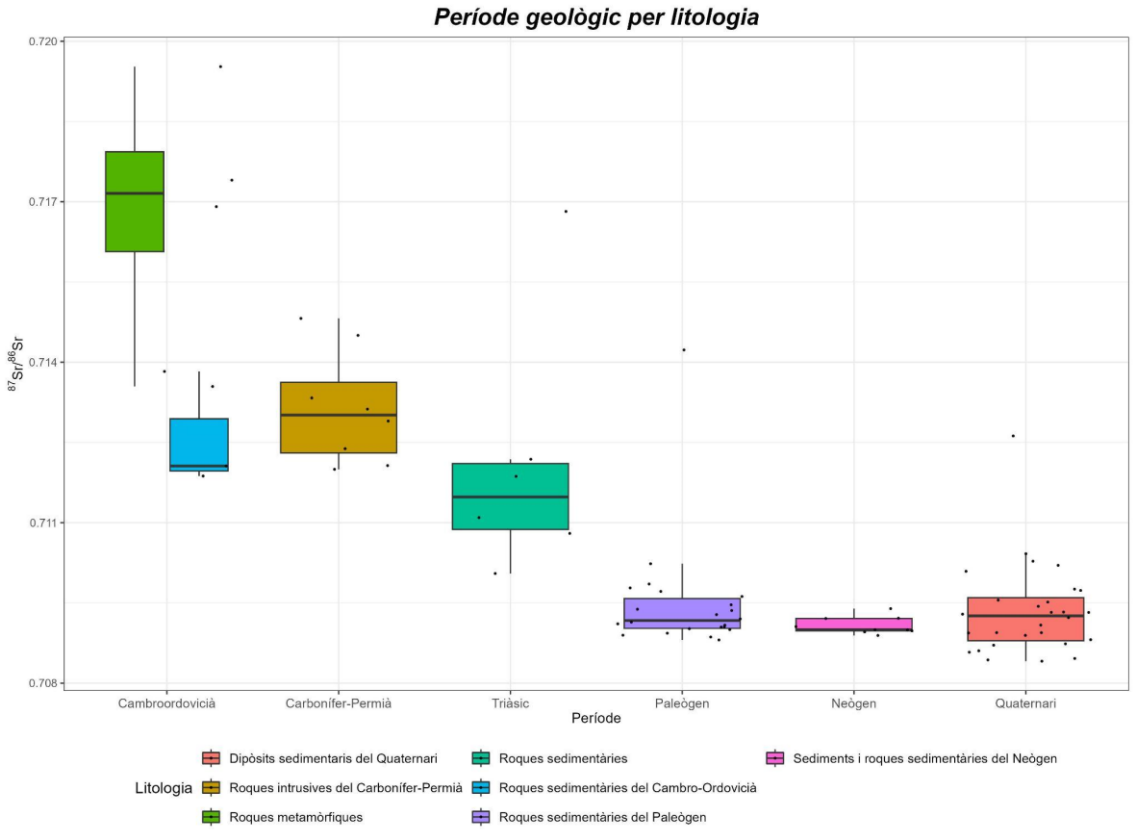


Figura 5.4. Boxplot que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres referencials locals analitzades en aquest treball, dividides per període geològic i litologia. Els períodes geològics estan ordenats de més antic (esquerra) a més recent (dreta).

Finalment, si mirem els valors per espècie de vegetació (Figura 5.5), en general tots els tipus de planta d'arrel curta (arbustos) tenen uns valors relativament similars, havent-hi més variabilitat isotòpica en les mostres d'arrel llarga (arbres). Si ens fixem per períodes geològics, es pot veure que totes les espècies vegetals, de les que es tenen diversos valors, semblen mantenir unes ràtios d'estronci relativament similars al llarg del temps, essent una excepció el cas del roure (*Quercus cerrioides*) al Cambroordovicià (arrel llarga). Aquesta mostra prové del mostreig de la Bòbila Madurell/Can Gambús i és possible estigui contaminada d'alguna manera.

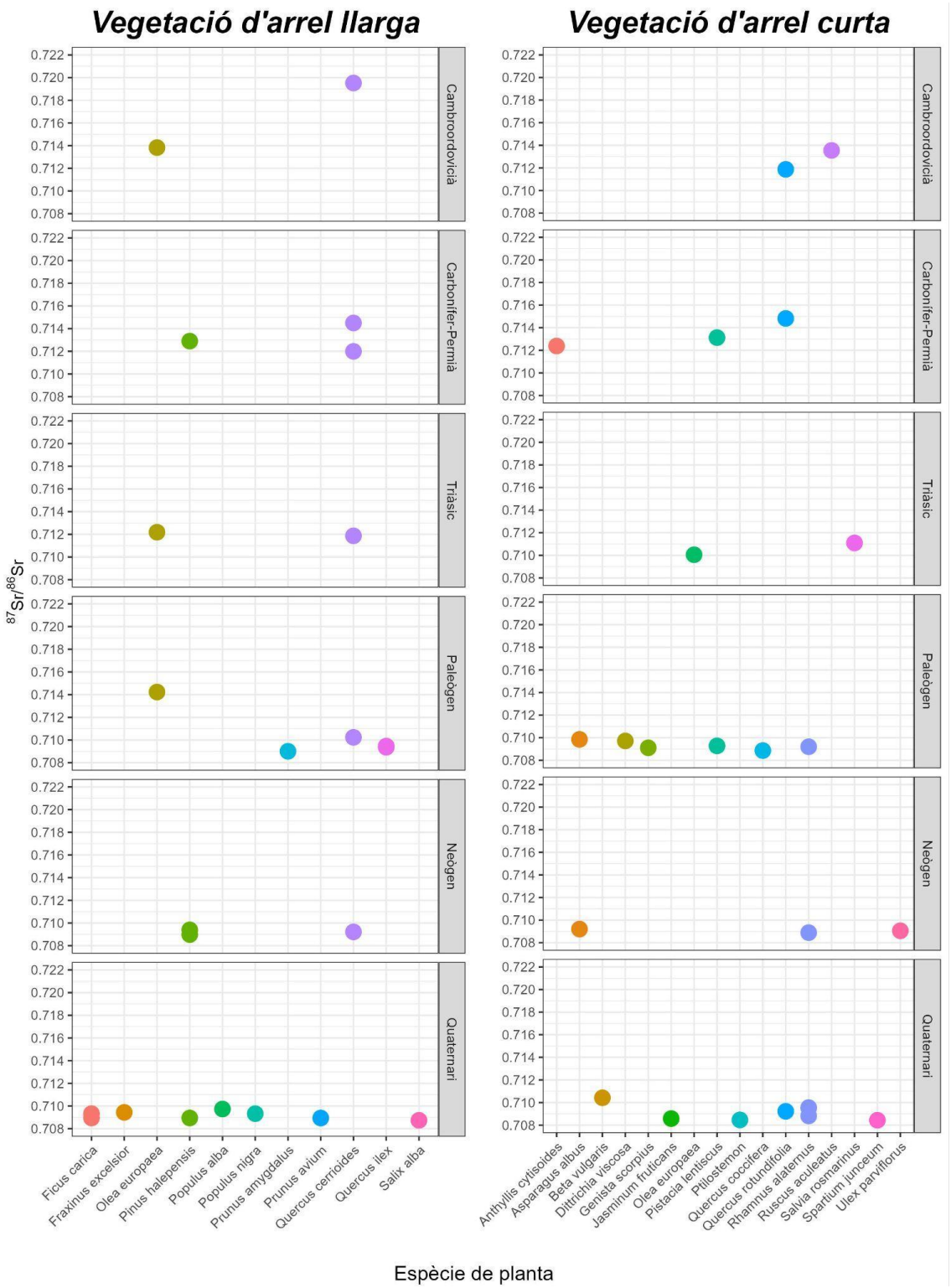


Figura 5.5. Conjunt de gràfics de dispersió de punts que representen els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les diferents espècies de vegetació analitzades en aquest treball, dividides per tipus de mostra (vegetació d'arrel llarga o curta) i per període geològic

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

A Mas d'en Boixos s'han analitzat dues poblacions humanes, una associada a la cronocultura dels Sepulcres de Fossa (n=9) i l'altre al Bronze inicial (=23) (veure capítol 4.1.3.).

5.2.1. Mas d'en Boixos al Neolític Mitjà

Els resultats de les mostres del Neolític mig (Taula 5.1) evidencien una variabilitat relativament baixa (respecte altres resultats d'aquesta tesi doctoral) tant en els valors d'estronci (0,7078-0,7094) com en els d'oxigen (-6,4, -4,8). Tot i que es va constatar, una tendència segons el sexe dels individus, que mostrava una major variabilitat dels valors d'estronci i d'oxigen en els individus masculins (Figura 5.8).

Codi	Estructura	Sexe	Edat	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$\delta^{18}O_{VPDB}$
MB001	E355	Femení	14-20	0,7080	-5,57
MB002	E355	Masculí	25-35	0,7079	-6,07
MB003	E355	Masculí	25-35	0,7079	-6,24
MB004	E355	Masculí	25-35	0,7084	-5,76
MB005	E201	Femení	25-35	0,7085	-5,68
MB006	E201	Masculí	18-20	0,7092	-4,85
MB027	E088	Femení	25-35	0,7090	-5,22
MB028	E355	Indeterminat	5	0,7088	-6,23
MB029	E088	Femení	25-35	0,7087	-5,56

Taula 5.1. Informació de mostres d'esmalt dentari humà amb resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ del neolític mig a Mas d'en Boixos. Es facilita la informació de les mostres, sexe i l'edat estimades, la relació de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i els resultats de $\delta^{18}O$ VPBD.

Els resultats del ràtio isotòpic de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres de sediment (n=4) i de vegetació modernes (n=8) recollides a les rodalies del jaciment de Mas d'en Boixos (veure capítol 4.1.3.) també presenten uns valors molt homogenis del ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ (0,7088-0,7094), que són molt similars als valors aportat per les restes humanes, sobretot pel que fa al límit superior (Taula 5.2).

Codi	Mostra	UG	Era	Període	Litologia	$^{87}Sr/^{86}Sr$
MB_LOC_001	Arbre	NMag	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7089
MB_LOC_002	Arbust	NMag	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7090
MB_LOC_003	Sediment	NMag	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7090
MB_LOC_004	Sediment	NMag	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7089
MB_LOC_005	Arbust	NMag	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7092
MB_LOC_006	Arbre	NMag	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7092
MB_LOC_007	Arbust	Nme	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7088
MB_LOC_008	Arbre	Nme	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7093
MB_LOC_009	Sediment	Nme	Cenozoic	Neogen	Sedimentàries	0,7089
MB_LOC_010	Arbust	Qv	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7088
MB_LOC_011	Arbre	Qv	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7089
MB_LOC_012	Sediment	Qv	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7088

Taula 5.2. Resultats locals $^{87}Sr/^{86}Sr$ de Mas d'en Boixos. Es facilita el tipus, unitat geològica, període, era i litologia.

La distribució dels resultats és normal segons la prova Shapiro-Wilk, tant en el cas de les mostres de vegetació i de sediment (w = 0,90361, p-value = 0,1766) com en el cas dels resultats d'esmalt dentari humà (w = 0,9103, p-value = 0,3179). Es va aplicar la T de Student per comparar les mitjanes de l'estronci local amb el de cada individu del jaciment mitjançant un bucle en R amb el 95% de interval de confiança, segons el qual hi hauria només 1 individu (MB027) en el que els seus valors coincideixen amb el 95% dels resultats isotòpics de la vegetació i del sediment (Figura 5.6, Taula 5.3).

Individu	t	df	p	Int. de confiança	Interpretació
MB001	21.296.479	11	2,72E-04	95	No local
MB002	22.786.110	11	1,31E-04	95	No local
MB003	22.600.848	11	1,43E-04	95	No local
MB004	11.682.483	11	1,53E-01	95	No local
MB005	9.160.276	11	1,76E+00	95	No local
MB006	-3.887.829	11	2,53E+03	95	No local
MB027	-0,684586	11	5,08E+05	95	Local

MB028	3.799.412	11	2,95E+03	95	No local
MB029	5.333.401	11	2,40E+02	95	No local

Taula 5.3. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes neolítiques de Mas d'en Boixos en relació a la mediana dels valors isotòpics de la vegetació i sediment recollits en torn al jaciment.

Malgrat la proximitat dels valors isotòpics en les restes humanes, es pot observar que només 3 individus entren dins del rang dels resultats de la vegetació i del sediment (Figura 5.6), essent coincident, segons la prova de la T de Student, només MB027.

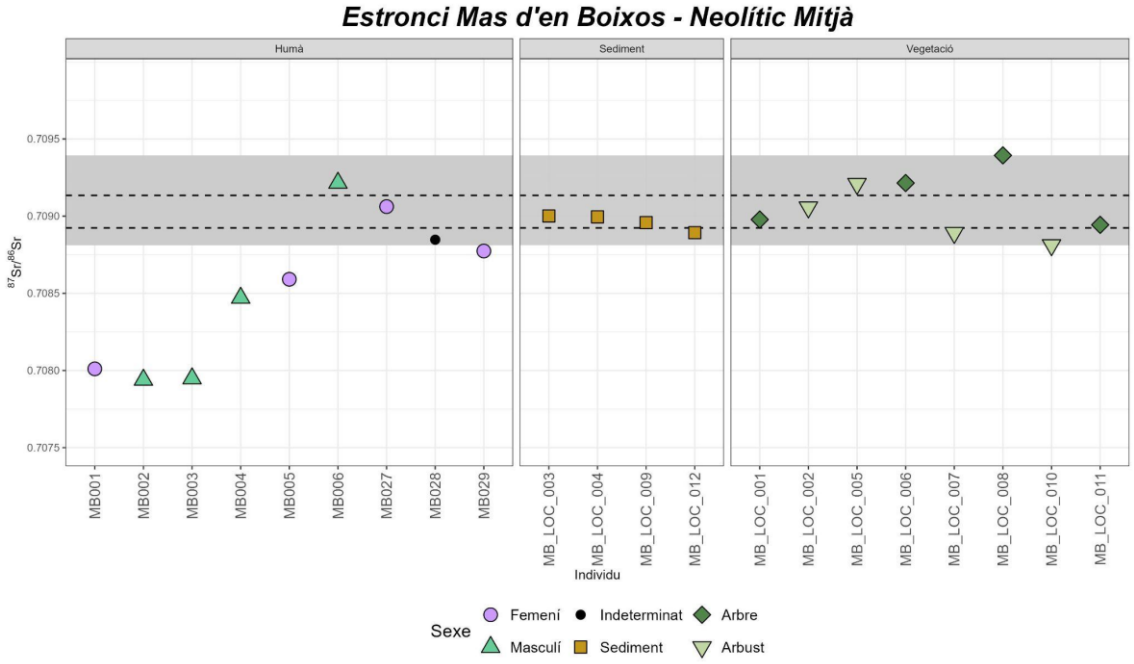


Figura 5.6. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ pels resultats dels humans neolítics i l'estronci local de Mas d'en Boixos. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. L'etiqueta del nom de l'individu està marcada en tant a la coincidència del valor isotòpic humà amb el rang mínim i màxim de l'estronci local.

Si es tenen en compte els valors de $\delta^{18}O$, es pot veure com la situació és pràcticament idèntica a la plantejada només amb els resultats d'estronci (Figura 5.7). En aquesta figura es pot observar com, si s'organitzen els resultats per edats dels individus (Alfonso et al., 2000), sembla no haver-hi cap patró.

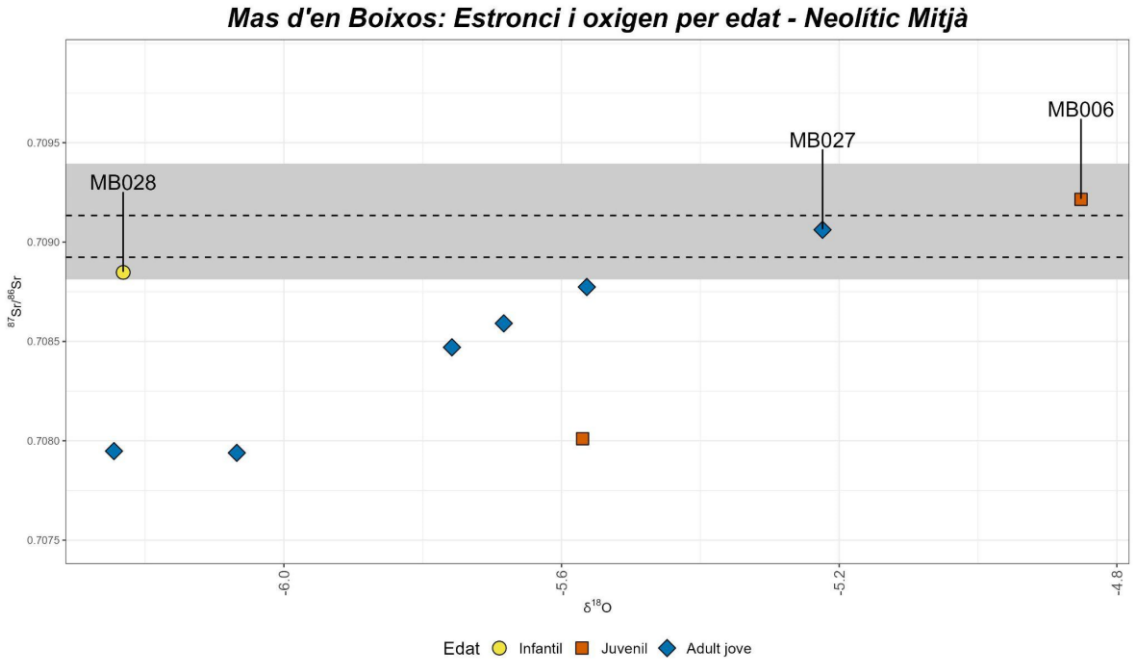


Figura 5.7. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans neolítics tenint en compte l'edat de cada individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. L'etiqueta del nom de l'individu està marcada en funció de la coincidència del valor isotòpic humà amb el rang mínim i màxim de l'estronci local.

En canvi, el sexe, determinat mitjançant l'anàlisi antropològica (Alfonso et al., 2000), mostra com els individus masculins tenen una major dispersió que els femenins, en quant als resultats de $\delta^{18}O$ (Figura 5.8). Cal remarcar que l'individu indeterminat (MB028) és un infantil (Figura 5.7). Malgrat que les proves estadístiques realitzades mostren que no hi ha diferències entre les variàncies dels grups sexe i ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Prova de variància: F = 0.54425, num df = 3, p-value = 0.6298) ni entre el $\delta^{18}O$ (Prova de variància: F = 0.1027, num df = 3, p-value = 0.09377).

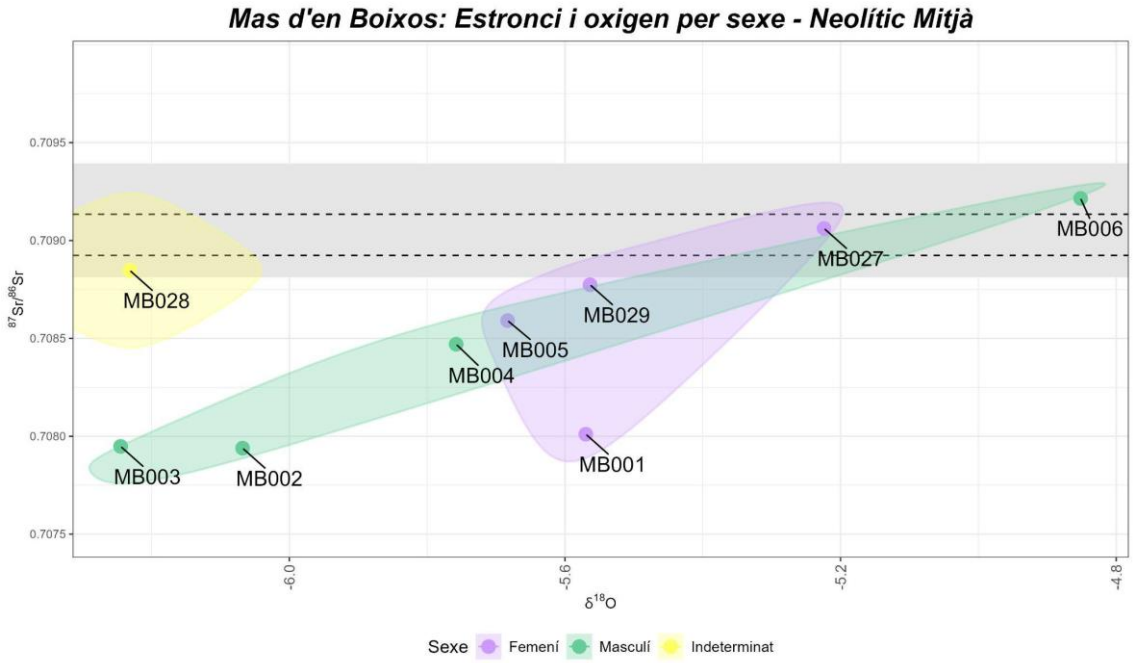


Figura 5.8. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans neolítics tenint en compte el sexe assignat de l'individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

5.2.2. Mas d'en Boixos al Bronze Inicial

Pel que fa als resultats dels individus del bronze de Mas d'en Boixos, s'han analitzat diversos individus (n=23) procedents de diverses estructures del bronze inicial (Taula 5.4). Els resultats d'estronci del bronze inicial mostren una variabilitat entre ells molt similar als valors del neolític mitjà (0,7078 – 0,7092) però més amplis en el cas dels valors d'oxigen (-7,5/-4).

Codi	Estructura	Sexe	Edat	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$\delta^{18}O_{VPDB}$
MB008	E035	Desconegut	Desconegut	0,709	-5,46
MB009	E035	Desconegut	Desconegut	0,7087	-5,67
MB013	E035	Desconegut	Desconegut	0,7088	-7,46
MB015	E035	Desconegut	Desconegut	0,7086	-6,08
MB018	E035	Desconegut	Desconegut	0,7087	-6,46
MB019	E035	Desconegut	Desconegut	0,7086	-5,3
MB020	E035	Desconegut	Desconegut	0,7087	-5,8
MB030	E035	Femení	Adult jove	0,7091	-5,67

MB031	E035	Femení	Adult jove	0,7091	-6,17
MB032	E035	Masculí	Adult	0,7087	-6,28
MB033	E035	Femení	Madur	0,7086	-5,35
MB034	E035	Indeterminat	Infantil	0,7087	-6,79
MB035	E035	Indeterminat	Adult jove	0,7089	-5,98
MB016	E051	Masculí	Infantil	0,7087	-5,95
MB021	E061	Femení	Juvenil	0,7087	-5,94
MB017	E082	Masculí	Adult	0,7083	-4,5
MB026	E082	Indeterminat	Infantil	0,7088	-4,5
MB023	E102	Femení	Adult jove	0,708	-5,82
MB014	E104	Femení	Adult jove	0,7086	-5,79
MB010	E105	Masculí	Adult	0,7086	-5,64
MB025	E105	Femení	Infantil	0,7091	-5,5
MB007	E195	Femení	Juvenil	0,7086	-5,56
MB024	E431	Indeterminat	Indeterminat	0,7084	-5,59

Taula 5.4. Informació de mostres d'esmalt dentari humà amb resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ del bronze inicial a Mas d'en Boixos. Es facilita la informació de les mostres, sexe i l'edat estimades, la relació de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i els resultats de $\delta^{18}O_{VPBD}$.

Pel que fa als resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ utilitzats com a referencial local s'han fet servir els mateixos que en el cas del neolític mitjà (Taula 5.2). Com ja s'ha vist més a dalt, la distribució dels resultats és normal segons la prova Shapiro-Wilk en el cas de les mostres de vegetació i de sediment (w = 0,90361, p-value = 0,1766), per tant, es va aplicar un bucle en R amb la prova de la T de Student per comparar les mitjanes de l'estronci del sediment i la vegetació amb el de cada individu del jaciment. Segons les proves, amb l'interval de confiança del 95%, només 4 individus (Figura 5.9) podrien ser classificats com a locals (MB008, MB025, MB030 i MB031). Els resultats de la prova poden ser consultats a l'annex A3.1.

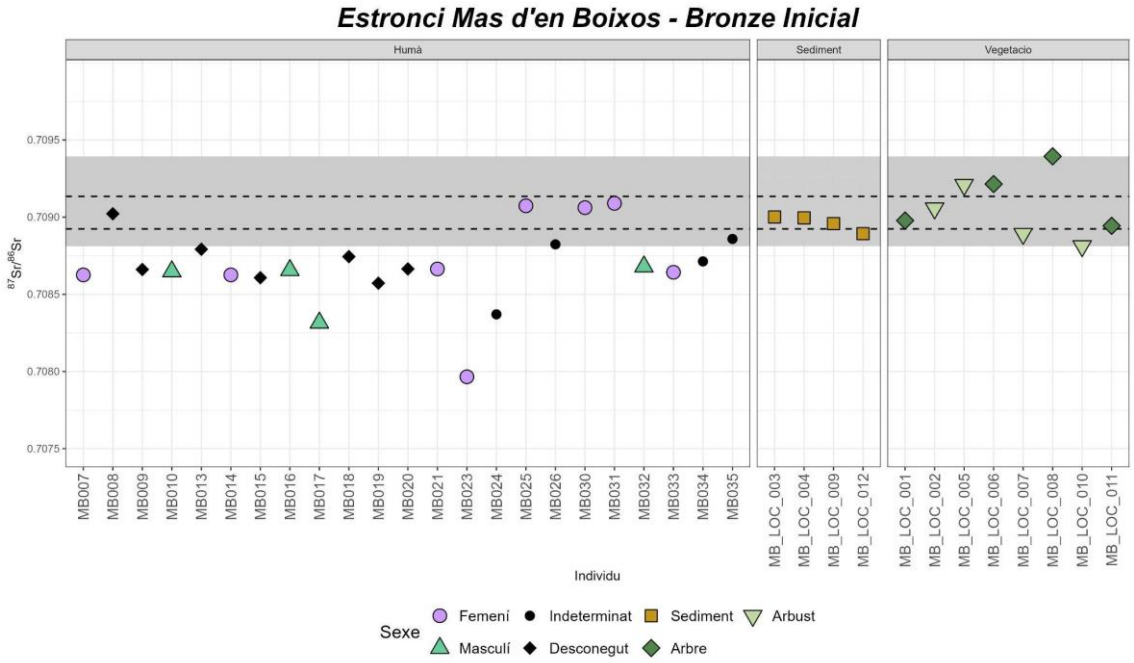


Figura 5.9. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans del bronze inicial i del sediment i vegetació moderna de Mas d'en Boixos. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

Com en el cas del neolític mitjà, s'han comparat la variable del sexe amb els resultats de $\delta^{18}O$ i de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (Figura 5.10) i, encara que hi ha molts individus classificats com a "desconegut" sembla mantenir-se el patró observat al neolític mitjà: els individus femenins es concentren molt més en torn a uns valors d'oxigen definits, mentre que els individus masculins es dispersen més.

Els valors d'estronci i oxigen no semblen mostrar cap patró en torn a la variable de l'edat (Figura 5.11), malgrat que, com ja s'ha assenyalat, hi ha molts individus que no s'ha realitzat cap estudi antropològic i es desconeix la seva determinació d'edat.

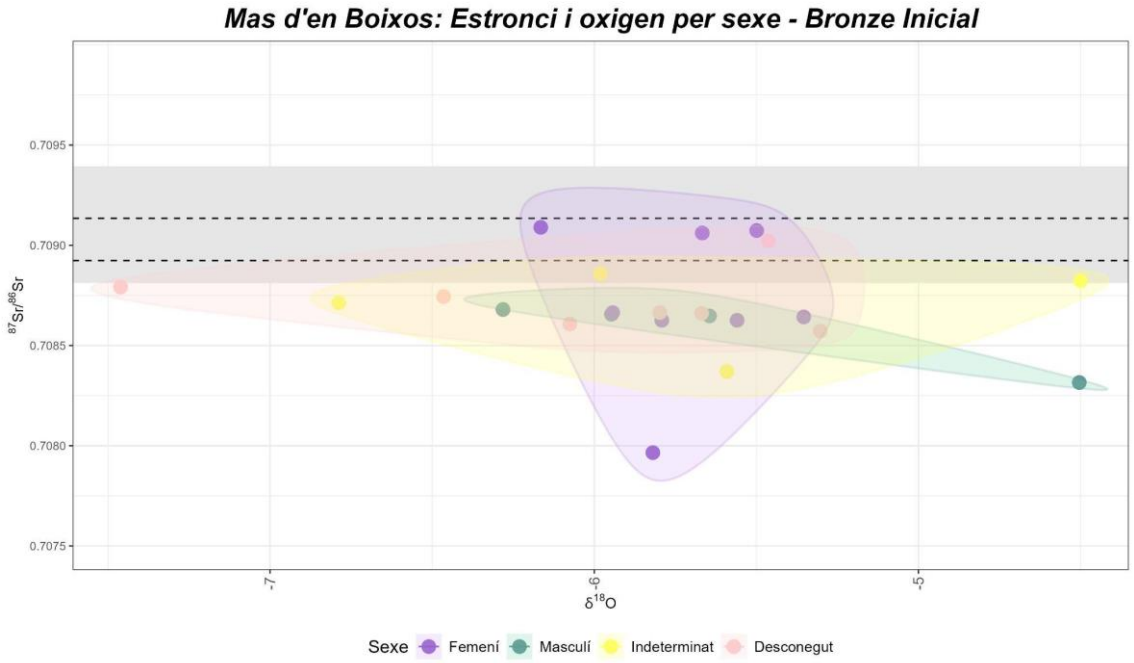


Figura 5.10. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte el sexe de l'individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. Els polígons de colors marquen la distribució dels individus en tant a la variable sexe. El color del punt, la determinació sexual de cada individu.

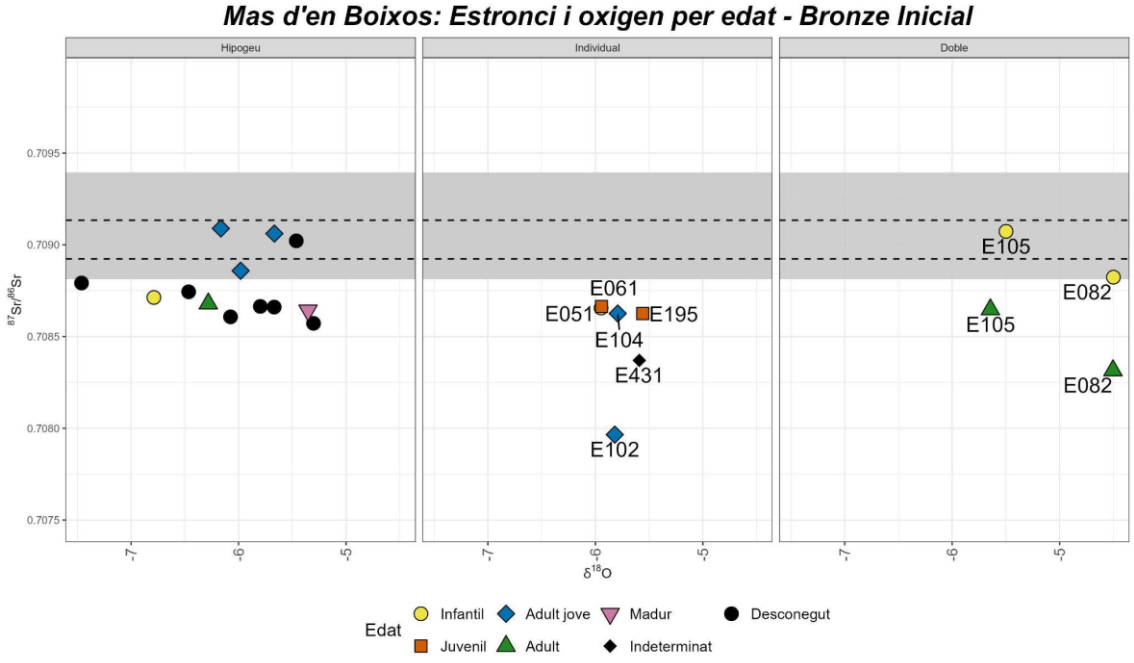


Figura 5.11. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte la determinació d'edat de l'individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. Els colors dels punts marquen la determinació de grup d'edat de cada individu.

5.3. Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental)

Com ja s'ha mencionat al capítol 4.2.3, a la Bòbila Madurell/Can Gambús, les mostres d'estronci i oxigen d'esmalt dentari humà analitzades procedeixen del conjunt neolític analitzat a Díaz-Zorita Bonilla et al (2021) per estudiar la mobilitat humana entre el V i el IV mil·lenni al nord-est de la Península Ibèrica. Per tant, es van seleccionar els individus publicats en aquest article que pertanyen al jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús (n=98) dividits entre mostres d'os humà (n=48) i de dent (n=50) de cada individu (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021) (annex A1.1). Els grups d'edat d'aquestes mostres mostren una població molt adulta (65% de la mostra és adulta) però molt equilibrada en qüestió d'assignació sexual (Femení n=39, Masculí n= 36, indeterminat n= 23). Pel que fa als resultats del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$, el primer que crida la atenció de la mostra és que els valors d'estronci ambiental (0,7101-0,7169) semblen molt més elevats que els resultats dels humans (0,7087-0,7123) (Taula 5.5).

Codi	Mostra	UG	Era	Període	Litologia	$^{87}Sr/^{86}Sr$
CG_LOC_001	Sediment	Tm2	Mesozoic	Triàsic	Roques sedimentàries	0,7107
CG_LOC_002	Sediment	Tbg	Mesozoic	Triàsic	Roques sedimentàries	0,7168
CG_LOC_003	Sediment	mc_Çorp	Paleozoic	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques	0,7174
CG_LOC_004	Sediment	Qva1-3	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7102
CG_LOC_004.2	Sediment	Qva1-5	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7100
CG_LOC_005	Sediment	mc_Çorp	Paleozoic	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques	0,7169
CG_LOC_006	Sediment	Qva1-5	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7126
CG_LOC_007	Sediment	Qva1-3	Cenozoic	Quaternari	Dipòsits sedimentaris	0,7102
CG_LOC_008	Arbust	Tbg	Mesozoic	Triàsic	Roques sedimentàries	0,7110
CG_LOC_009	Arbre	Tbg	Mesozoic	Triàsic	Roques sedimentàries	0,7121

CG_LOC_010	Arbust	Tm2	Mesozoic	Triàsic	Roques sedimentàries	0,7100
CG_LOC_011	Arbre	Tm2	Mesozoic	Triàsic	Roques sedimentàries	0,7118
CG_LOC_012	Arbre	mc_Çorp	Paleozoic	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques	0,7195
CG_LOC_013	Arbust	mc_Çorp	Paleozoic	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques	0,7135

Taula 5.5. Resultats locals $^{87}Sr/^{86}Sr$ de la Bòbila Madurell/Can Gambús. Es facilita el tipus, unitat geològica, període, era i litologia.

Pel que fa a les mostres de vegetació i sediment locals, la recollida de mostres es va realitzar en dues tandes. La primera (les mostres de sediment de CG_LOC_001 a CG_LOC_007) es va realitzar al 2017 (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021) i la segona tanda es va realitzar en el marc d'aquesta tesi doctoral.

Com es pot veure a la Figura 5.12 la distribució de les mostres locals no es normal, la qual ve ratificada per la prova de shapiro-wilk (W = 0.84656, p-value = 0.01995). Tenint en compte les problemàtiques derivades de l'antropització de la zona mostrejada (als mostrejos ja es van marcar algunes mostres com a sospitoses), es va decidir eliminar els outliers (CG_LOC_003, CG_LOC_012 i CG_LOC_002, CG_LOC_005). Un cop eliminats la distribució és normal (W = 0.89512, p-value = 0.1935).

Tal i com es va explicar al capítol de metodologia, els ossos son més susceptibles de patir alteracions per diagènesi, respecte a l'esmalt dentari (Lee-Thorp & Sponheimer, 2003; Nelson et al., 1986; Price et al., 2002). En el cas que s'exposa aquí, es van fer analítiques sobre restes d'os i es va detectar la possibilitat de contaminació per diagènesi (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021). En aquest sentit, la majoria dels resultats corresponen als valors aportats per l'anàlisi d'esmalt dentari.

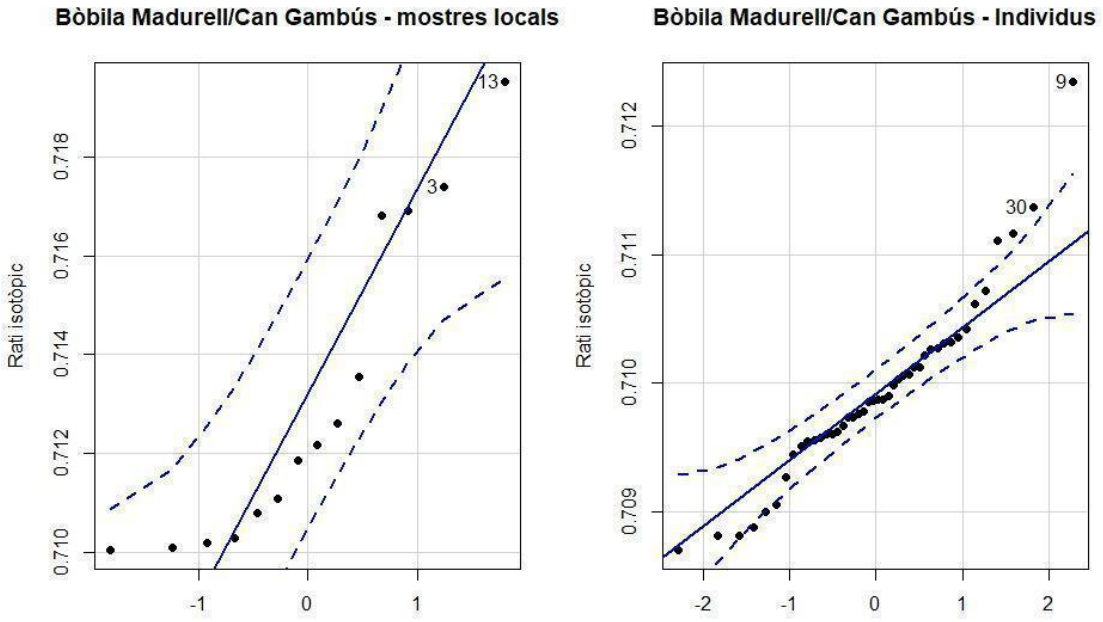


Figura 5.12. Gràfic QQ per diagnosticar la distribució anormal dels resultats d'estronci local a la Bòbila Madurell/Can Gambús. Es pot veure com les mostres 3 i 13 (i també 2 i 5) es desvien significativament de la tendència general. En el cas dels resultats dels individus, es pot observar el mateix efecte amb una mostra exageradament separada de la resta (IPLBM-0010).

Es va aplicar la T de Student per comparar les mitjanes de l'estronci local amb el de cada individu del jaciment mitjançant un bucle en R amb el 99% de interval de confiança, segons el qual hi ha un total de 18 individus que serien locals (Taula 5.6). Els resultats de l'estadístic es poden consultar a l'annex 2 taula 2.

Individu	Sexe	Edat	Dent	Estructura	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$\delta^{18}O_{VPDB}$
IPLBM-0003	Femení	Adult	Molar	B15	0,7101	-4,80
IPLBM-0005	Femení	Adult	Incisiu	E28	0,7101	NA
IPLBM-0006	Femení	Adult	Molar	MF10	0,7107	-4,20
IPLBM-0009	Masculí	Adult	Molar	MS65	0,7101	-5,30
IPLBM-0010	Femení	Adult	Molar	MS5	0,7124	NA
IPLBM-0012	Indeterminat	Infantil	Incisiu	MS12	0,7101	NA
IPLBM-0013	Indeterminat	Infantil	Incisiu	MS15	0,7103	-4,00
IPLBM-0013	Indeterminat	Infantil	Molar	MS15	0,7103	-5,30
IPLBM-0022	Femení	Infantil	Incisiu	MS78	0,7102	-4,10
IPLBM-0021	Indeterminat	Infantil	Incisiu	MS78	0,7103	NA
IPCGI-0004	Masculí	Senil	Incisiu	221	0,7100	NA

IPCGI-0005	Femení	Adult	Incisiu	665	0,7111	-4,40
IPCGI-0006	Masculí	Adult	Canina	668	0,7112	-4,60
IPCGI-0011	Femení	Adult	Canina	497	0,7114	-3,90
IPCGI-0013	Indeterminat	Adult jove	Premolar	127	0,7104	-4,80
IPCGI-0019	Femení	Adult jove	Molar	116	0,7106	-4,80
IPCGI-0021	Masculí	Adult	Canina	497	0,7103	-5,00
IPCGI-0022	Femení	Adult	Molar	175	0,7104	-4,70

Taula 5.6. Informació dels humans que, segons la T de Student realitzada, cauen dins del rang de l'estronci ambiental a la Bòbila Madurell/Can Gambús. Es facilita la informació de sobre quina part esquelètica es va agafar la mostra, el sexe i l'edat estimades, l'estructura de procedència, la relació de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i els resultats de $\delta^{18}O_{VPBD}$.

A la Figura 5.13 es pot veure que els valors de d'estronci de sediment i vegetació d'aquesta zona son més elevats que els dels humans dels diferents sectors del jaciment. En el cas de Can Gambús I sembla que els valors s'apropen més al rang de localitat, al contrari que a Can Gambús II. Els valors dels humans inhumats al sector de la Bòbila Madurell també son, majoritàriament, més baixos que els valors referencials locals.

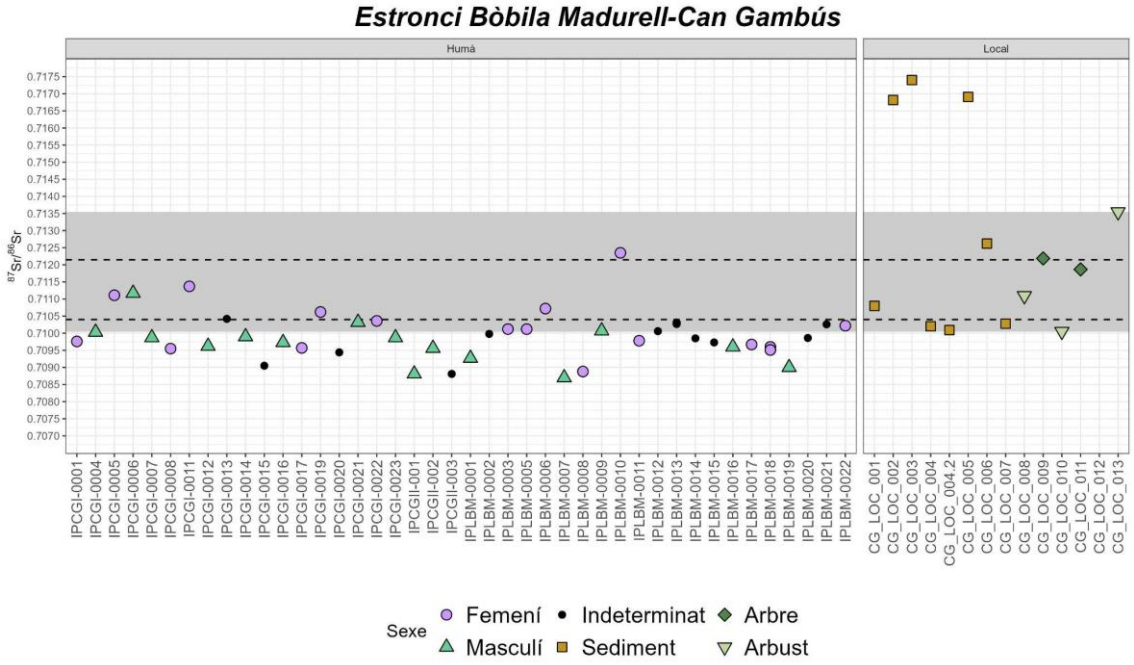


Figura 5.13. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans i referencial local de la Bòbila Madurell/Can Gambús. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci referencial. Les tres mostres de sediment que no estan dins de l'àrea grisa son outliers que no s'han tingut en compte per marcar el referencial.

Si es comparen les dades del ràtio isotòpic de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ es pot veure (Figura 5.14) que les mostres humanes que coincideixen amb els resultats d'estronci del sediment i la vegetació no canvien substancialment, més enllà que han desaparegut les mostres que només tenen resultats d'estronci.

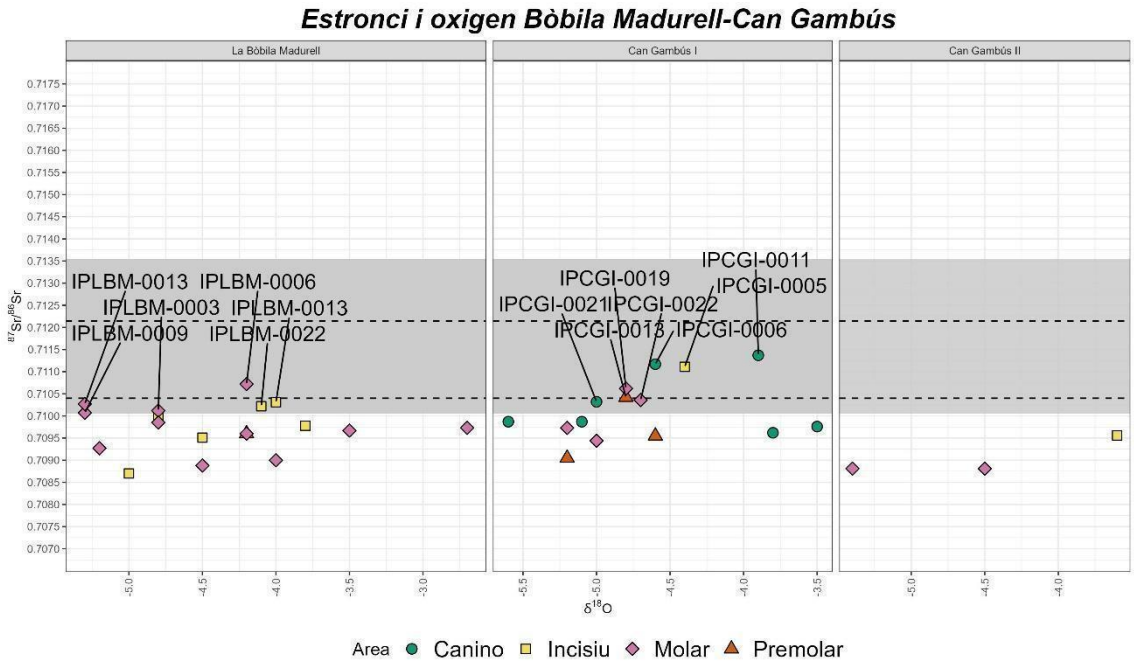


Figura 5.14. Gràfic ensenyant els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ per humans de la Bòbila Madurell/Can Gambús. Les formes i el color representen el tipus de dent analitzada, mentre que la línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. Els individus etiquetats amb el seu codi son aquells que son locals segons els rangs marcats pels valors d'estronci de les mostres de vegetació i sediment.

En els gràfics de densitat realitzats (Figura 5.15) es representa la distribució dels ratis isotòpics d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ de les restes humanes la Bòbila Madurell/Can Gambús. A l'eix x podem veure el ràtio d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i l'eix y presenta la densitat de la probabilitat de la mostra. Al gràfic es pot veure com sembla haver-hi una major coincidència de valors entre els resultats dels individus i els dels sediments, mentre que la vegetació presenta una major diversitat en els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$.

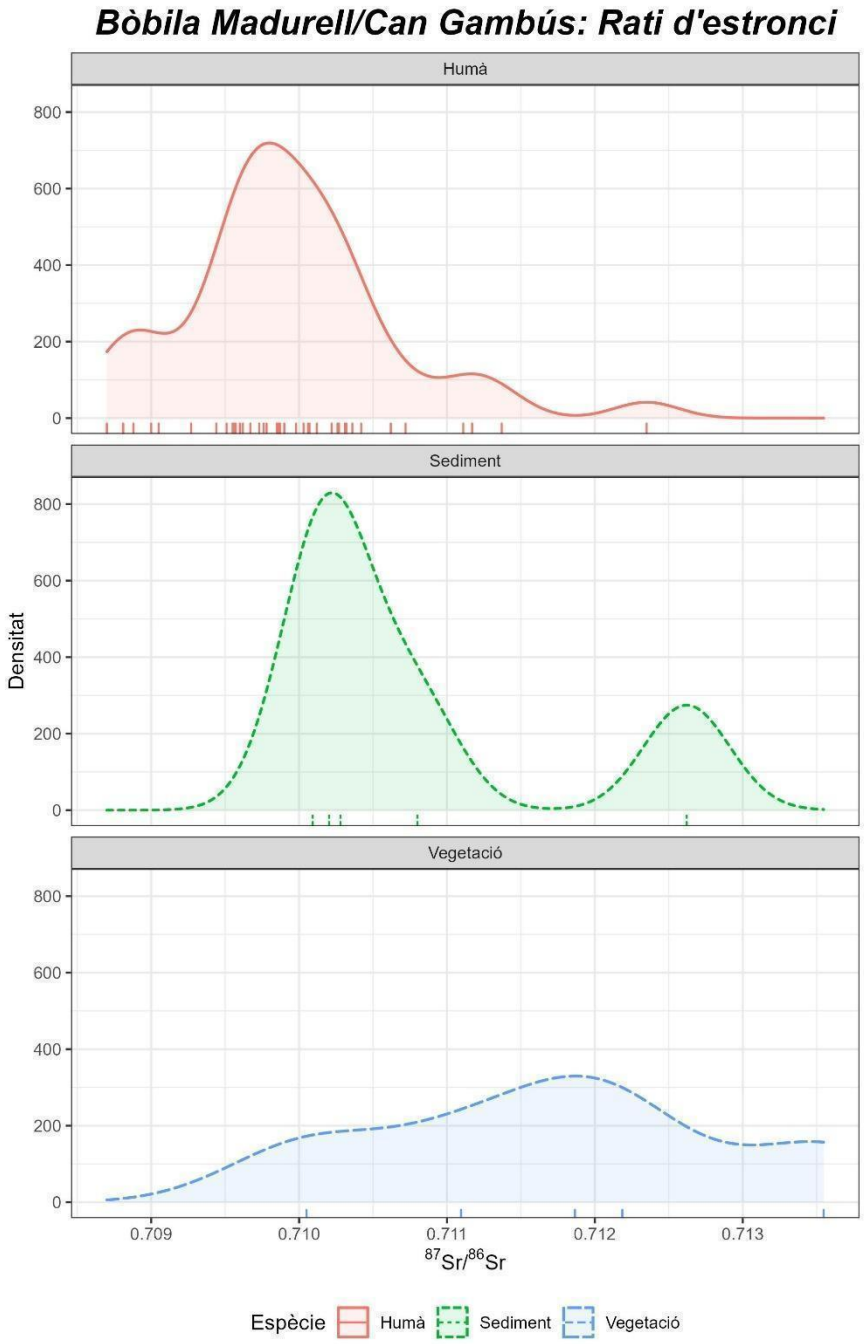


Figura 5.15. Gràfic de densitat del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ del jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús, dividit per origen de la mostra.

Pel que fa a la variable del sexe, com es pot veure a la Figura 5.16, els individus femenins mostren una menor variabilitat en els resultats d'oxigen, tal i com passava a Mas d'en Boixos (Figura 5.10). A la Bòbila Madurell/Can Gambús es pot veure una distribució similar (Figura 5.17) però amb molta menys variabilitat que a Mas d'en Boixos. Si s'analitza aquest fet per sectors, s'observen canvis

significatius (Figura 5.16). Cal tenir en compte, que en aquest cas tots els indeterminats de la Bòbila Madurell son infantils, mentre que els de Can Gambús I i II son adults en mal estat de conservació. En aquesta figura es veu com la variabilitat dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ a la Bòbila Madurell entre individus masculins i femenins és major que a Can Gambús I (a Can Gambús II no s'han analitzat individus femenins). Al sector de la Bòbila sembla que els individus masculins tenen uns valors més baixos que els femenins, mentre que a Can Gambús I la diferència principal entre mostres sembla venir determinada pels valors de $\delta^{18}O$.

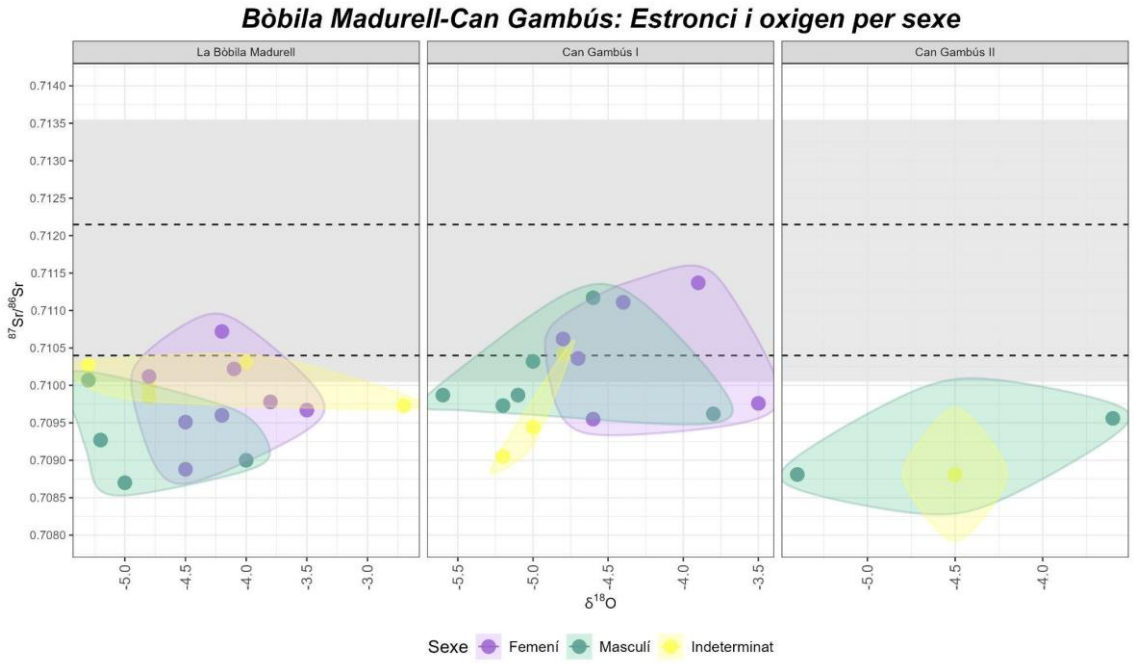


Figura 5.16. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats de l'esmalt dentari humà de la Bòbila Madurell, Can Gambús I i Can Gambús II tenint en compte el sexe. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

Segons el test de la T de Student la diferència que es veu (Figura 5.16) entre les mostres masculines i femenines de la Bòbila Madurell (t = 1,7705, df = 6,4237, p-value = 0,1238) i Can Gambús I (t = 1,7252, df = 9,6461, p-value = 0,1163) no és significativament diferent pel que fa als resultats de $\delta^{18}O$.

Si es té en compte totes les dades del jaciment, independentment del sector (Figura 5.17) es veu com els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ son bastant similars entre individus masculins i femenins. No obstant, si s'observen els valors de $\delta^{18}O$ tenim

una distribució que recorda a la variabilitat observada anteriorment a Mas d'en Boixos (Figura 5.10). En aquest cas, la diferència entre els valors d'oxigen dels individus masculins i femenins sí que és significativa (t = 2,3844, df = 20,817, p-value = 0,02671) malgrat que amb un gran nivell d'incertesa degut al valor p tan elevat.

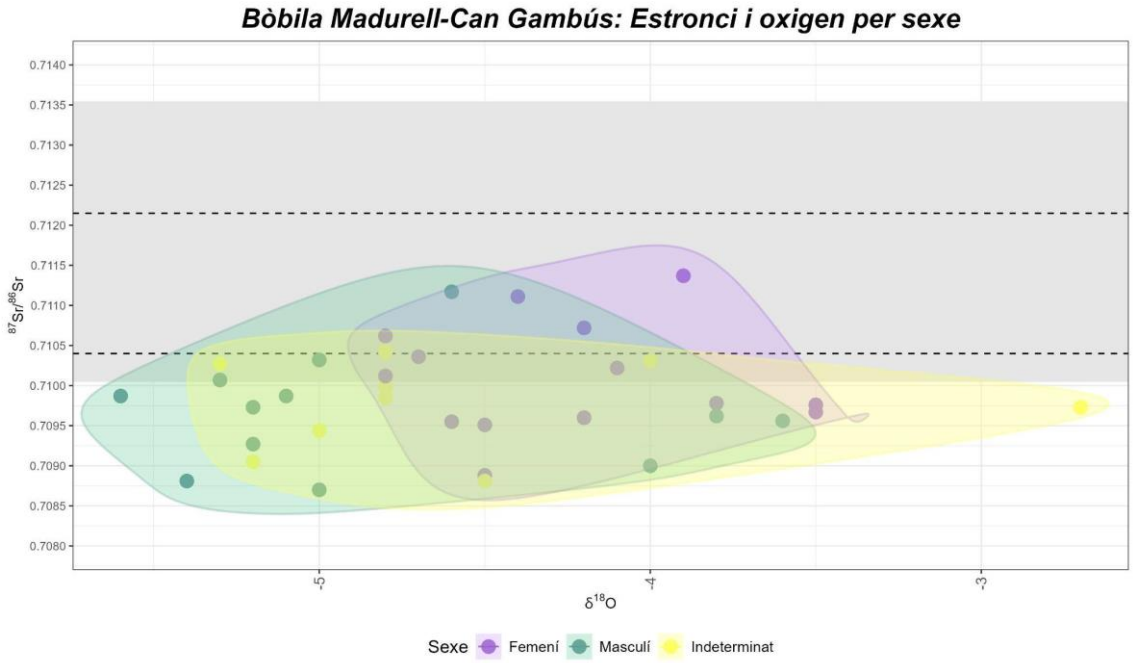


Figura 5.17. Gràfic que mostra els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats de l'esmalt dentari humà de la Bòbila Madurell/Can Gambús tenint en compte el sexe. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

5.4. Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelonès)

Les anàlisis de la ràtio isotòpica $^{87}Sr/^{86}Sr$ s'han realitzat sobre un total de 4 restes humanes, de les quals 3 van ser estimats com a masculins i un com indeterminat (Subirà & Rovira Hortalà, 2019) (Taula 5.7). Els grups d'edat mostren un perfil demogràfic força jove (d'entre 15 i 35 anys). Pel que fa als resultats isotòpics, sembla que l'individu PC_HU1 presenta uns valors isotòpics lleugerament més elevats que la resta dels adults (Taula 5.7). L'oxigen de les restes humanes no va proporcionar resultats, donada la manca de col·lagen a la mostra.

Pel que fa als resultats de la fauna arqueològica (Taula 5.9) va aportar un grau de diversitat important, amb una forquilla de 0,7083-0,7132, una diversitat també observable en els resultats d'$\delta^{18}O$ (rang VPBD: -0,55, -6,15).

Codi	Mostra	Sexe	Edat	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$\delta^{18}O_{VPDB}$
PC_HU1	Humà	Indeterminat	15	0,7112	-
PC_HU2	Humà	Masculí	18-25	0,7094	-
PC_HU3	Humà	Masculí	25-35	0,7092	-
PC_HU4	Humà	Masculí	18-25	0,7088	-
PC_CA1	Boví	Indeterminat	Adult-Senil	0,7123	-4,70
PC_CA2	Boví	Indeterminat	Adult-Senil	0,7083	-6,15
PC_SU1	Suid	Masculí	1	0,7108	-5,11
PC_SU2	Suid	Masculí	Adult	0,7132	-5,34
PC_SU3	Suid	Masculí	Adult	0,7127	-4,89
PC_CP1	Caprí	Indeterminat	>2	0,7104	-2,14
PC_CP2	Caprí	Indeterminat	>2	0,7118	-0,55
PC_CF1	Cànid	Indeterminat	Senil	0,7107	-5,91

Taula 5.7. Informació de mostres humanes i de fauna amb resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de ^{18}O de Puig Castellar. Es facilita la informació de les mostres, sexe i l'edat estimades, la relació de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i els resultats de $^{18}O_{VPBD}$.

Les mostres de restes humanes de Puig Castellar indiquen uns valors d'estronci menors que els aportats per les mostres arqueozoològiques. Quan s'observen els resultats per espècie, es pot percebre una certa tendència a la concentració dels valors en alguns casos, com en el cas dels suids (Figura 5.18). En el cas

dels bovins i dels caprins també es pot veure, tot i que cal tenir en compte que podria ser degut al baix nombre de mostres en aquest cas.

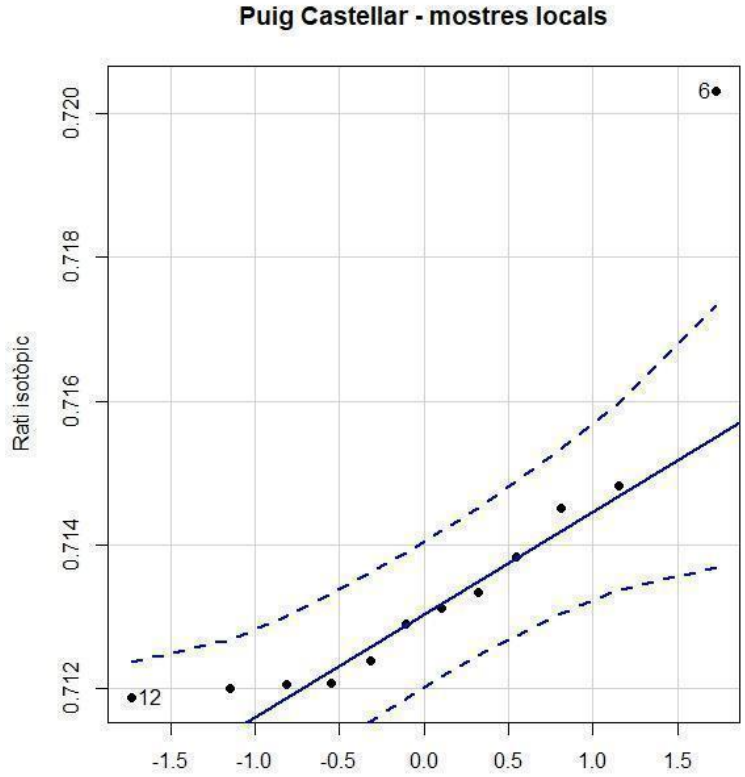


Figura 5.18. Gràfic QQ per diagnosticar la distribució anormal dels resultats d'estronci del sediment i la vegetació de Puig Castellar. Es pot veure com clarament la mostra 6 es desvia significativament de la tendència general de la resta de mostres.

Pel que fa als resultats d'estronci local, es van recollir vàries mostres ambientals (n=18), de les quals 5 eren de sediment i 13 de vegetació, recollides en un àrea de 2km al voltant del jaciment (Taula 5.8). Com ja s'ha explicat, algunes d'aquestes mostres provenien de les mateixes unitats geogràfiques i es van combinar, durant el processat al laboratori, en una única mostra per a optimitzar el processat. A més a més, la mostra L-PC06 es va eliminar del registre degut a un valor inusualment elevat (Figura 5.18). Aquesta mostra ja va ser marcada com a dubtosa durant la presa de mostres, degut a que la seva recollida es va realitzar en una zona que semblava lleugerament antropitzada.

Codi	Mostra	UG	Era	Període	Litologia	$^{87}Sr/^{86}Sr$
L-PC01	Vegetació	ÇOrP	Paleozoic	Càmbric-Ordovicià	Sedimentàries	0,7138
L-PC02	Vegetació	Ggd	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7120
L-PC03	Vegetació	Gpg	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7121
L-PC04	Vegetació	Ggd	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7129
L-PC05	Vegetació	ÇOrP	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7133
L-PC07	Vegetació	Gpg	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7120
L-PC08	Vegetació	Ggd	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7145
L-PC09	Sediment	Gpg	Paleozoic	Càmbric-Ordovicià	Sedimentàries	0,7119
L-PC10	Sediment	Ggd	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7131
L-PC11	Sediment	ÇOrP	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7148
L-PC12	Sediment	Ggd	Paleozoic	Carbonífer-Permià	Intrusives	0,7124

Taula 5.8. Resultats locals $^{87}Sr/^{86}Sr$ de Puig Castellar. Es facilita el tipus, unitat geològica, període, era i litologia.

Es pot observar un rang de variació isotòpica en les mostres ambientals amb una forquilla de 0,7119 a 0,7148 (Taula 5.8), no compatible amb cap dels resultats aportats per les restes humanes (Figura 5.19). En canvi, 3 dels animals si que entren dins del rang de variació de les ratis d'estronci local: PC_CA1 (bòvid), PC_SU2 i PC_SU3 (suid).

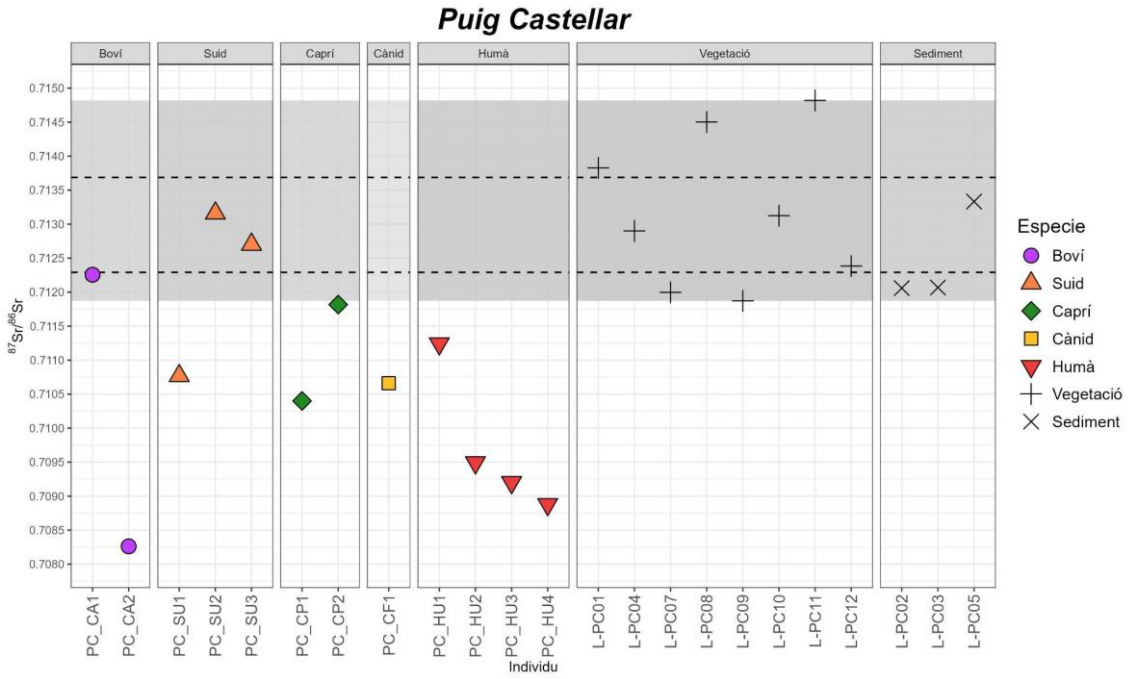


Figura 5.19. Gràfic ensenyant els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Puig Castellar. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

En el cas de les restes humanes, no s'han pogut aplicar els resultats de l'oxigen per manca de col·lagen a les mostres humanes (annex A1.1).

Com que la distribució de les mostres d'estronci ambiental és normal (Shapiro-Wilk test: W = 0.89768, p-value = 0.1731), s'ha aplicat el test de la t de Student per a poder comparar les mitjanes de l'estronci local de Puig Castellar amb la ràtio isotòpica de cada individu humà del jaciment (Taula 5.9). Assumint que la localitat vindrà determinada per la coincidència de mitjanes entre cada individu i la mitjana de l'estronci local, es pot veure que cap humà seria local.

Individu	t	df	p	Int. de confiança	Interpretació
PC_HU1	5,5721	10	0,0002367	95%	No local
PC_HU2	11,156	10	5,785e-07	95%	No local
PC_HU3	12,088	10	2,728e-07	95%	No local
PC_HU4	13,119	10	1,258e-07	95%	No local

Taula 5.9. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes de Puig Castellar en relació a la mediana dels valors isotòpics recollits localment.

La distribució de la mostra dels resultats de fauna també és normal (Shapiro-Wilk test: W = 0.93791, p-value = 0.5906) i si es comparen els resultats de la fauna amb l'estronci local, es pot observar que, exceptuant els individus PC_CA1, PC_SU2 i PC_SU3, la resta no serien locals (Figura 5.19).

Com s'ha vist en altres publicacions d'aquests períodes (Messana et al., 2023; Nieto-Espinet et al., 2021; Valenzuela-Lamas, 2020; Valenzuela-Lamas et al., 2018) l'explotació de caprins seria més local que la d'altres espècies com bòvids o porcs i, en tant a que antròpica, s'assumeix que aquesta activitat pot respondre a la mobilitat humana. És per això que s'ha decidit ampliar el rang de localitat amb els valors d'estronci dels caprins analitzats, per a poder lidiar amb el que les mostres d'estronci ambiental han estat recollides a la zona més adjacent del jaciment (<2km).

Assumint aquesta premissa, es van ajuntar els resultats isotòpics dels caprins amb els de l'estronci local (Figura 5.20) es pot veure que, en quest cas, cap humà seria local segons l'interval de confiança del 95%, malgrat que, segons el rang del mínim i el màxim, seria local un dels individus (PC_HU1). Segons el test de la t de Student, tenint en compte les mitjanes del rang de localitat (ampliat amb els caprins), es pot veure que, encara que el estadístic és menor del 0,05 consensuat per a rebutjar la hipòtesi nul·la, hi ha un cert grau d'incertesa al haver-hi molt poca diferència (Taula 5.100).

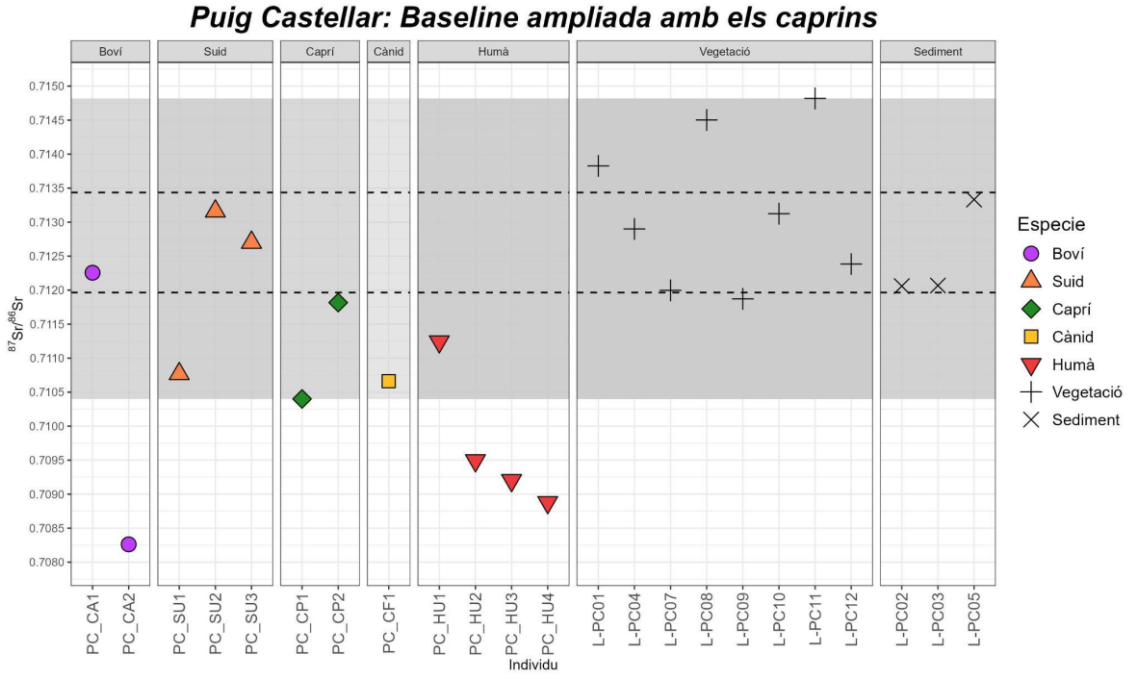


Figura 5.20. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Puig Castellar. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local combinat amb els valors de la fauna arqueològica.

Individu	t	df	p	Int. de confiança	Interpretació
PC_HU1	4,3124	12	0,00101	95%	No local
PC_HU2	9,4924	12	6,269e-07	95%	No local
PC_HU3	10,357	12	2,448e-07	95%	No local
PC_HU4	11,314	12	9,294e-08	95%	No local

Taula 5.10. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes de Puig Castellar en relació a la mediana dels valors isotòpics recollits localment ampliat amb els resultats de la fauna arqueològica.

Els gràfics de densitat realitzats (Figura 5.21) representen la distribució dels ratis isotòpics d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ de les restes humanes i de fauna arqueològica a Puig Castellar. Al eix x podem veure el ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i l'eix y presenta la densitat de la probabilitat de la mostra. Les mostres humanes mostren uns valors de ràtio isotòpic més baixos comparats amb les mostres arqueozoològiques de caprins i suids, essent els valors d'aquests darrers més propers als valors de la vegetació i el sediment que marquen la localitat. En canvi, els bòvids mostren una major diversitat, respecte la resta d'espècies analitzades, amb una forquilla d'entre 0,7082-0,7122, aportant un individu amb els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ més baixos analitzats per Puig Castellar. Segons les proves estadístiques, no hi ha diferències significatives en la ràtio d'estronci per espècies (ANOVA: Df=3, F=0,5591 value Pr(>F)=0,6697).

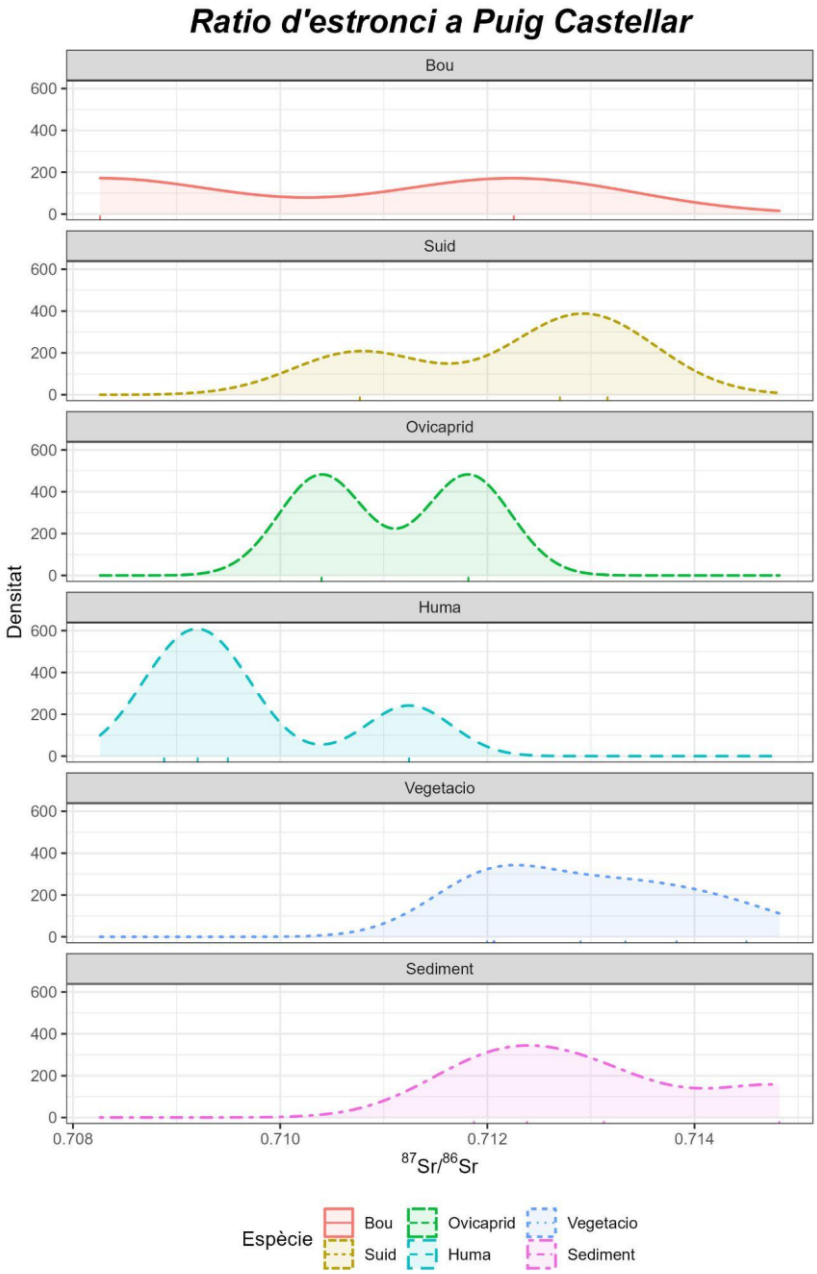


Figura 5.21. Gràfic de densitat del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ del jaciment de Puig Castellar, dividit per espècies i origen de la mostra.

En el cas dels dendrogrames (Figura 5.22), se il·lustren tres gràfics d'agrupació jeràrquica de totes les mostres analitzades a Puig Castellar (vegetació, sediment, restes humanes i de fauna). L'eix vertical representa el grau de similitud entre les mostres, mentre que l'eix horitzontal mostra les mostres individuals i els seus patrons d'agrupació. Aquesta figura mostra configuracions diferents que s'estableixen en base a la similitud del ràtio isotòpic. Aquestes agrupacions es dibuixen per colors en funció de les similituds. La determinació del nombre òptim

de agrupacions es va calcular amb R fent servir el paquet “factoextra” i el comando “fviz_nbclust” (annex A4.1). Al primer gràfic (a dalt) es pot veure el grau de similitud entre les diferents mostres de fauna arqueològica en tant al ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ sense les restes humanes. Segons aquest gràfic, es pot veure com els isòtops d’estronci i oxigen mostren una similitud entre tots els individus de fauna exceptuant els caprins. Al segon gràfic (mig) s’inclou als humans sense tenir en compte els valors de $\delta^{18}O$, al no haver donat resultats en els anàlisis per manca de col·lagen. Aquí es veu com tots els humans (exceptuant PC_HU1) mostren més similituds (en tant als valors d’estronci) amb un dels bòvids (PC_CA2). L’altre gràfic (a baix) afegeix a l’anterior els valors de vegetació i sediment recollits pels voltants del jaciment (<2km) i es veu com es mantenen els grups de l’anterior gràfic, però afegint els valors locals, exceptuant dues mostres locals (L-PC11 i L-PC08) que mostren els valors més elevats de tota la població analitzada i per això apareixen en un grup diferenciat.

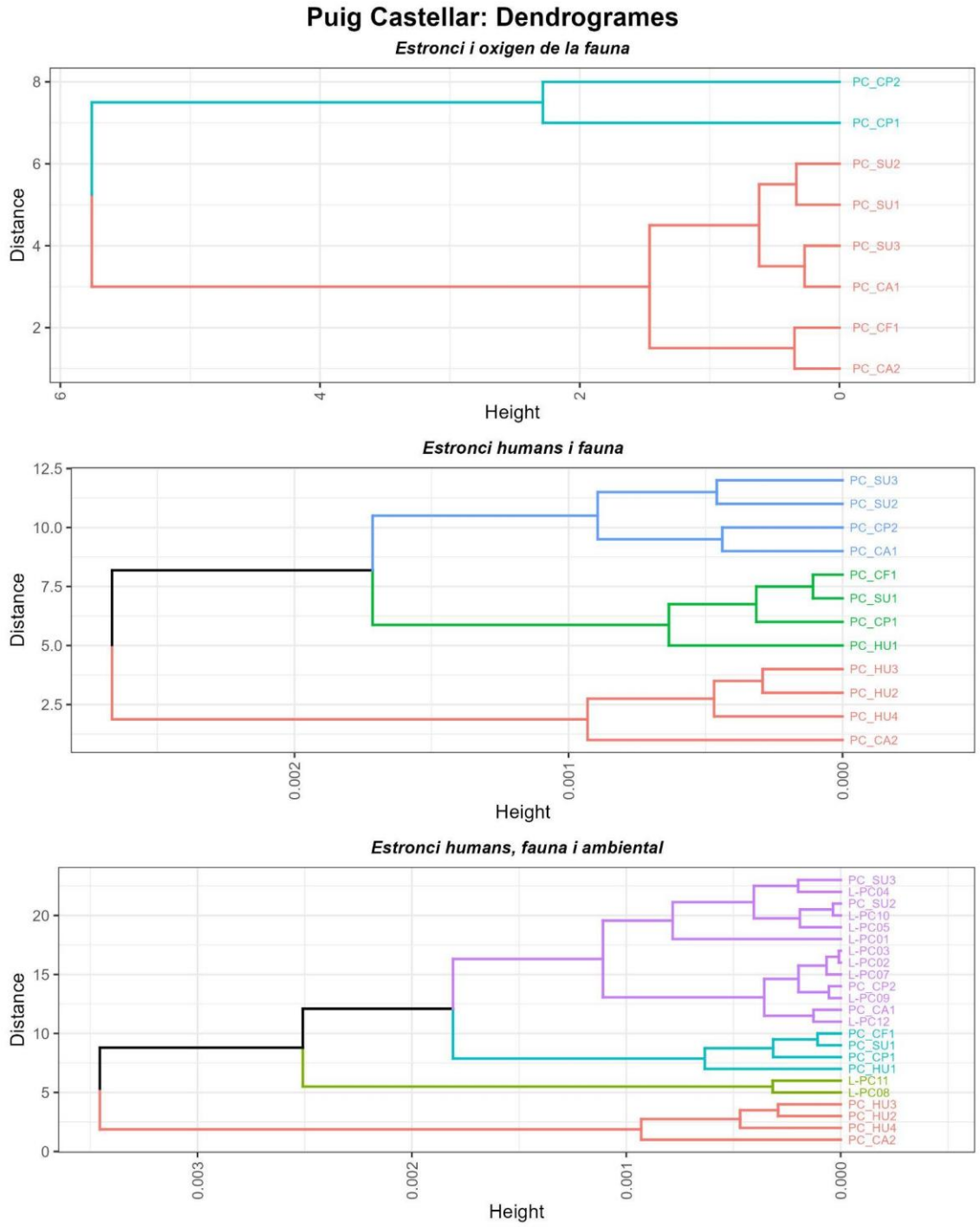


Figura 5.22. Conjunt de dendrogrames que representen diferents configuracions de les mostres. El primer gràfic mostra l'agrupació de les mostres de fauna arqueològica (els humans no tenen oxigen) en tant als resultats del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$. El segon, agrupa en tant al ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ en humans i fauna. El tercer té en compte els valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ de totes les mostres analitzades: humans, fauna arqueològica, sediment i vegetació.

5.5. Puig de Sant Andreu (Ullastret, Baix Empordà)

Al jaciment d'Ullastret, es van analitzar els isòtops d'estronci de dos individus masculins i un de sexe indeterminat. Com en el cas de Puig Castellar, tenim una població relativament jove (17-30 anys) i l'individu més gran és el que ha aportat els valors d'estronci més elevats (Taula 5.11).

Codi	Mostra	Sexe	Edat	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$\delta^{18}O_{VPDB}$
ULL_HU1	Humà	Masculí	20-25	0.7092	-
ULL_HU2	Humà	Masculí	20-30	0.7107	-6.27
ULL_HU3	Humà	Indeterminat	17-25	0.7095	-6.11
ULL_CP1	Caprí	Indeterminat	-	0.7092	-2.66
ULL_CP2	Boví	Indeterminat	-	0.7112	-4.41
ULL_CP3	Suid	Indeterminat	-	0.7107	-5.26
ULL_CA1	Caprí	Indeterminat	-	0.7098	-3.48
ULL_CA2	Boví	Indeterminat	-	0.7093	-5.12
ULL_CA3	Suid	Indeterminat	-	0.7132	-4.73
ULL_SU1	Suid	Indeterminat	-	0.7100	-7.97
ULL_SU2	Boví	Indeterminat	-	0.7108	-5.63
ULL_SU3	Suid	Indeterminat	-	0.7087	-
ULL_SU4	Caprí	Indeterminat	-	0.7125	-3.60

Taula 5.11. Informació de mostres humanes i de fauna amb resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de ^{18}O de Puig Castellar. Es facilita la informació de les mostres, sexe i l'edat estimades, la relació de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i els resultats de $^{18}O_{VPBD}$.

Pel que fa a la fauna, es pot observar que els valors isotòpics oscil·len en torn als valors aportats pels humans. Els resultats aportats pels isòtops d'oxigen, de dues mostres humanes (ULL_HU2 i ULL_HU3), son propers als de la fauna (Taula 5.12). Seguint amb les mostres de fauna (suids, bòvids i caprins), els resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ mostren una diversitat important amb individus que són compatibles amb els valors isotòpics locals i altres que no. En aquest cas les forquilles més amplies que les que trobem en els suids (0,7087-0,7132) i els caprins (0,7091-0,7124). Els bòvids amb forquilles menys amplies (0,7093-0,7112) tot i que la majoria d'individus no són compatibles amb els valors locals.

Codi	Mostra	UG	Era	Període	Litologia	$^{87}Sr/^{86}Sr$
L-ULL01	Sediment	Peg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7089
L-ULL02	Sediment	PElg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7096
L-ULL03	Sediment	PElg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7090
L-ULL04	Sediment	T_Qpa	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7098
L-ULL05	Sediment	Qpc	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7093
L-ULL06	Sediment	Qac	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7093
L-ULL07	Sediment	PEOa	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7098
L-ULL08	Vegetació	Peg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7095
L-ULL09	Vegetació	PElg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7094
L-ULL10	Vegetació	T_Qpa	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7094
L-ULL11	Vegetació	Qpc	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7097
L-ULL12	Vegetació	Qac	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7093
L-ULL13	Vegetació	PEOa	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7102
L-ULL14	Vegetació	Peg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7092
L-ULL15	Vegetació	PElg	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7093
L-ULL16	Vegetació	T_Qpa	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7096
L-ULL17	Vegetació	Qpc	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7095
L-ULL18	Vegetació	Qac	Cenozoic	Quaternari	Depòsits sedimentaris	0,7092
L-ULL19	Vegetació	PEOa	Cenozoic	Paleogen	Roques sedimentaries	0,7099

Taula 5.12. Resultats locals $^{87}Sr/^{86}Sr$ de Ullastret.

Sense entrar a analitzar en profunditat, ja es pot veure als resultats d'estronci local recollits al voltant del jaciment (<2km) que el rang de variació de l'estronci biodisponible de la zona abasta entre 0,7089 i 0,7102 (Taula 5.13, Figura 5.23) essent aquesta una forquilla molt menor a la vista, en la fauna. Si es posa en relació amb les dades de la fauna arqueològica i dels humans, es pot observar que 2 individus humans (ULL_HU1 i ULL_HU3) coincideixen amb la senyal local, així com un bòvid (ULL_CA1), un porc (ULL_SU2) i dos caprins (ULL_CP1 i ULL_CP2).

Tenint en compte que la distribució de les mostres de vegetació i sediment és normal (Shapiro-Wilk test: W = 0.95545, p-value = 0.4865, es va aplicar el test de la T de Student per comparar les mitjanes de cada individu amb la mitjana del

ràtio isotòpic de les mostres ambientals (Taula 5.13). A partir d'aquest anàlisi es pot veure que només 1 individu (ULL_HU3) coincidiria amb la mitjana del rang local (segons el 95% de interval de confiança) que abasta entre 0,7093 i 0,7096 (la línia de punts de la Figura 5.23).

Individu	t	df	p	Int. de confiança	Interpretació
ULL_HU1	2,9853	18	0,007935	95%	No local
ULL_HU2	-17,778	18	7,279e-13	95%	No local
ULL_HU3	-0,43595	18	0,6681	95%	Local

Taula 5.13. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes de Ullastret en relació a la mediana dels valors isotòpics recollits localment.

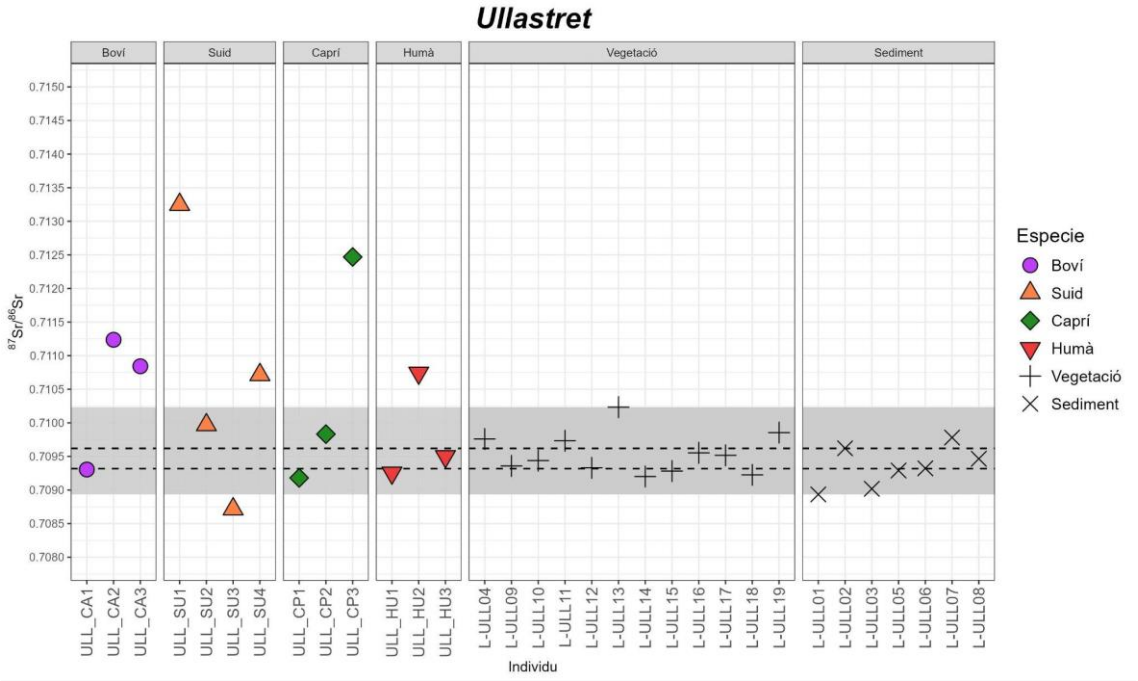


Figura 5.23. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Ullastret. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

La distribució de la fauna també és normal (Shapiro-Wilk test: W = 0.9412, p-value = 0.5664) i si s'integra la informació de la fauna amb la dels resultats de sediment i de vegetació s'observa com, exceptuant el bòvid ULL_CA1, la fauna no es compatible amb rang establert com a local (Figura 5.24).

Com en el cas de Puig Castellar, s'ha ampliat el rang de localitat amb els valors d'estronci dels caprins analitzats, per a poder lidiar amb el fet que les mostres d'estronci ambiental han estat recollides a la zona més adjacent del jaciment (>2km).

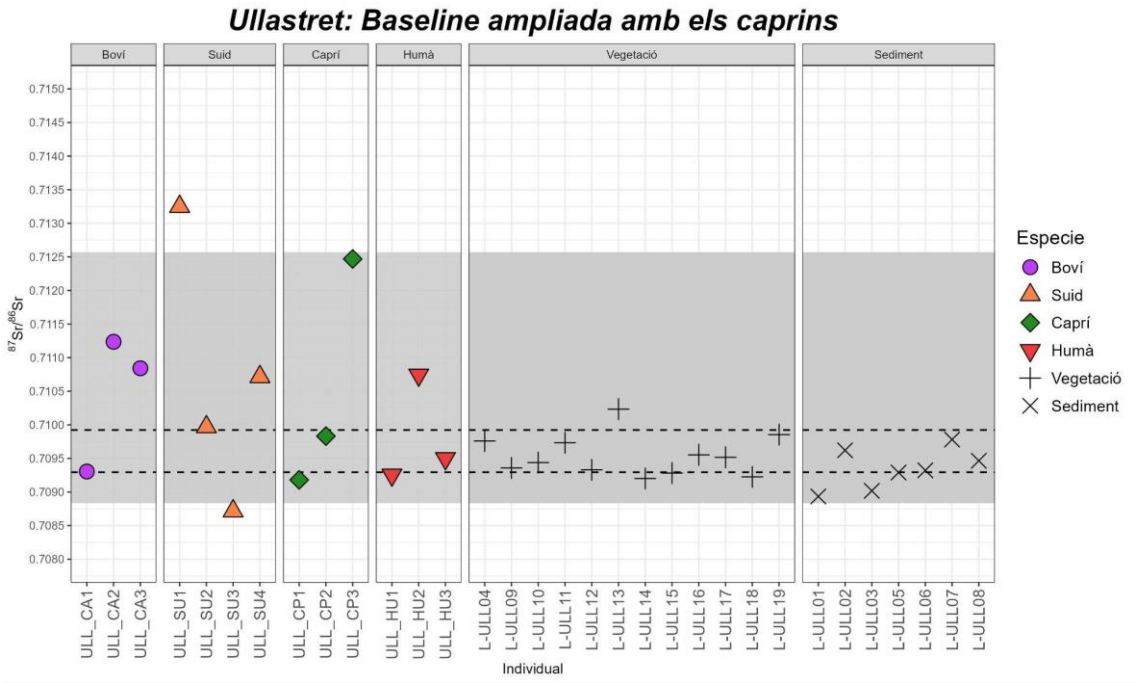


Figura 5.24. Valors d' $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Ullastret. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local combinat amb els valors de la fauna arqueològica.

Com es pot veure a la Figura 5.24 es manté l'estructura que es veia abans: ULL_HU3 seria l'únic individu humà dins del interval del 95% de confiança. De totes maneres, es poden veure lleugers canvis a la fauna: un boví (ULL_CA1) i un caprí (ULL_CP2) entrarien dins del rang juntament amb ULL_HU3. Com ja s'ha explicat, això assumint el 95% de interval de confiança com a vàlid (Taula 5.14), des del moment en el que es té en compte el mínim i el màxim del rang assumit com a local, tots els humans hi serien a dins. ULL_HU2, essent no local segons el interval del 95%, cal assenyalar que, malgrat que el resultat de l'estadístic és menor del 0,05 consensuat per a rebutjar la hipòtesi nul·la, hi ha un cert grau d'incertesa al no haver-hi gaire diferència.

Individu	t	df	p	Int. de confiança	Interpretació
ULL_HU1	2.3414	21	0.02916	95%	No local
ULL_HU2	-7.5096	21	2.236e-07	95%	No local
ULL_HU3	0.71818	21	0.4806	95%	Local

Taula 5.14. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes de Ullastret en relació a la mediana dels valors isotòpics recollits localment ampliat amb els resultats dels caprins.

Afegint la variable del $\delta^{18}O$ i integrant-la amb els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i de la fauna i dels humans (Figura 5.25) es pot veure que els caprins (ULL_CP1, ULL_CP2 i ULL_CP3) mostren uns valors pròxims entre ells, a l'igual que els humans, que també mostren uns valors molt propers als dels bòvids. Els suids, exceptuant ULL_SU2 que mostra un tendència diferent a la resta, es localitzen en uns rangs d'$\delta^{18}O$ molt similars als dels bòvids, allunyant-se, ULL_SU1 d'aquest grup pels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$. ULL_HU1 i ULL_SU3 no s'han inclòs al gràfic al no tenir resultats d'oxigen.

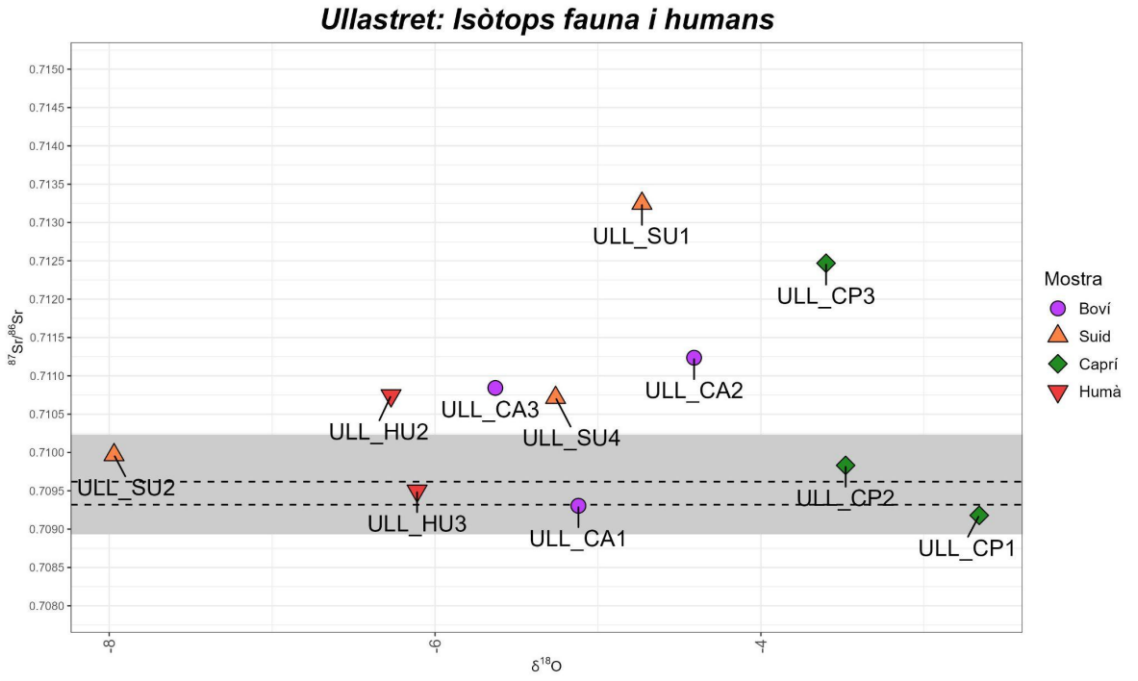


Figura 5.25. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ per humans i fauna de Ullastret. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci del sediment i la vegetació.

En els gràfics de densitat (Figura 5.26) es representa la distribució de les ràtios isotòpiques de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les restes humanes i arqueozoològiques d'Ullastret. A l'eix x podem veure la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i l'eix y la densitat de la probabilitat de la mostra. En el cas d'Ullastret, es pot veure que els valors isotòpics estan molt menys repartits que en el cas de Puig Castellar. Dues de les mostres humanes coincideixen amb la distribució dels resultats de sediment i vegetació. En el cas de la fauna es veu com, en el cas dels bòvids, hi ha una distribució marcada per dues modes. En el cas dels caprins i dels suids les mostres es distribueixen de forma més diversa i àmplia. Segons les proves estadístiques, no hi ha diferències significatives entre la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i les espècies de la fauna (ANOVA: Df=2, F=0.0152 value Pr(>F)=0.9849).

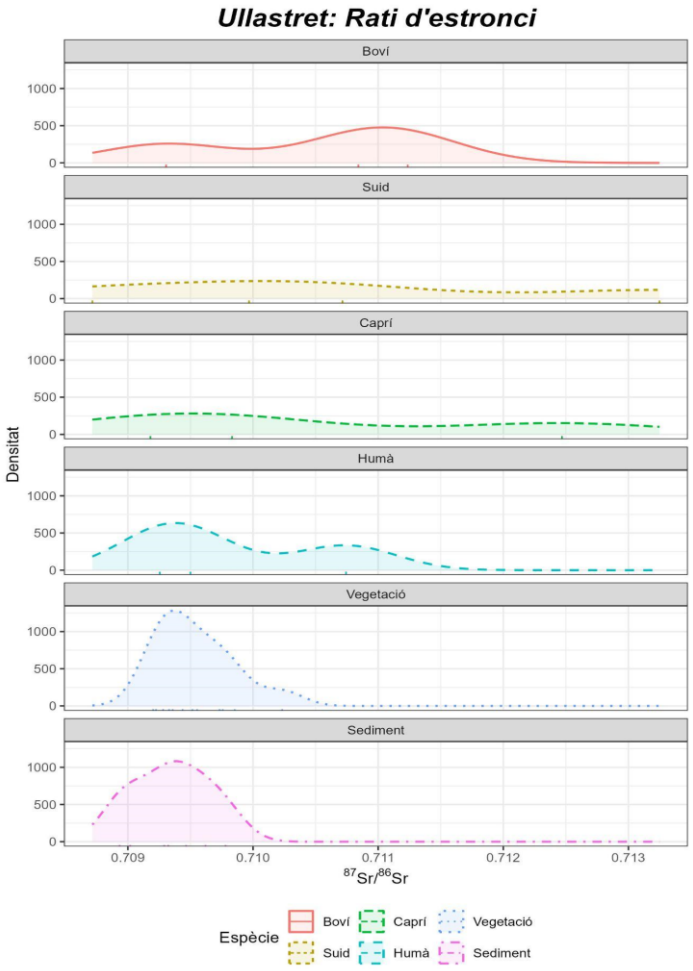


Figura 5.26. Gràfic de densitat del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ del jaciment de Ullastret, dividit per espècies i procedència de la mostra.

En el cas dels dendrogrames (Figura 5.27), se il·lustra l'agrupació jeràrquica de mostres de vegetació i sediment, així com de restes humans i de fauna en funció dels seus ratis $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$. L'eix vertical representa el grau de similitud entre les mostres, mentre que l'eix horitzontal mostra les mostres individuals i els seus patrons d'agrupació. Els dendrogrames mostren diferents agrupacions en base a la similitud del ràtio isotòpic. Estan codificats per colors en funció d'aquestes agrupacions, el que proporciona una representació visual de les relacions jeràrquiques entre les mostres. La determinació del nombre òptim de agrupacions es va calcular amb R fent servir el paquet "factoextra" i el comando "fviz_nbclust" (annex A4.2.). El primer gràfic (dalt esquerra) mostra l'agrupació de les mostres de fauna arqueològica en tant als resultats del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$. El segon (dalt dreta), agrupa en tant al ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ en humans i fauna. En aquests dos gràfic es veuen les mateixes tendències, els caprins s'agrupen entre ells sense barrejar-se amb la resta d'individus, el porc ULL_SU2 es separa de totes les mostres i la resta de porcs es barrejen amb els bovins, amb molta proximitat amb els humans, emmirallant-se molt amb la proximitat entre individus que es es pot veure a la Figura 5.25. El tercer gràfic (baix esquerra) mostra el ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres humanes i de fauna arqueològica i es pot veure que la situació ha canviat, els caprins s'han barrejat amb la resta de mostres, al igual que ULL_SU2, el porc que abans s'allunyava tant de la resta d'individus. El quart gràfic (baix dreta), té en compte els valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ de totes les mostres analitzades: humans, fauna arqueològica, sediment i vegetació. Aquí es veu com totes les mostres utilitzades com a referencials s'agrupen juntes amb la majoria d'individus analitzats però es separen un humà (ULL_HU2), dos bovins (ULL_CA2 i ULL_CA3) i un suid (ULL_SU4) per una banda i un suid (ULL_SU1) i un caprí (ULL_CP3) per l'altre.

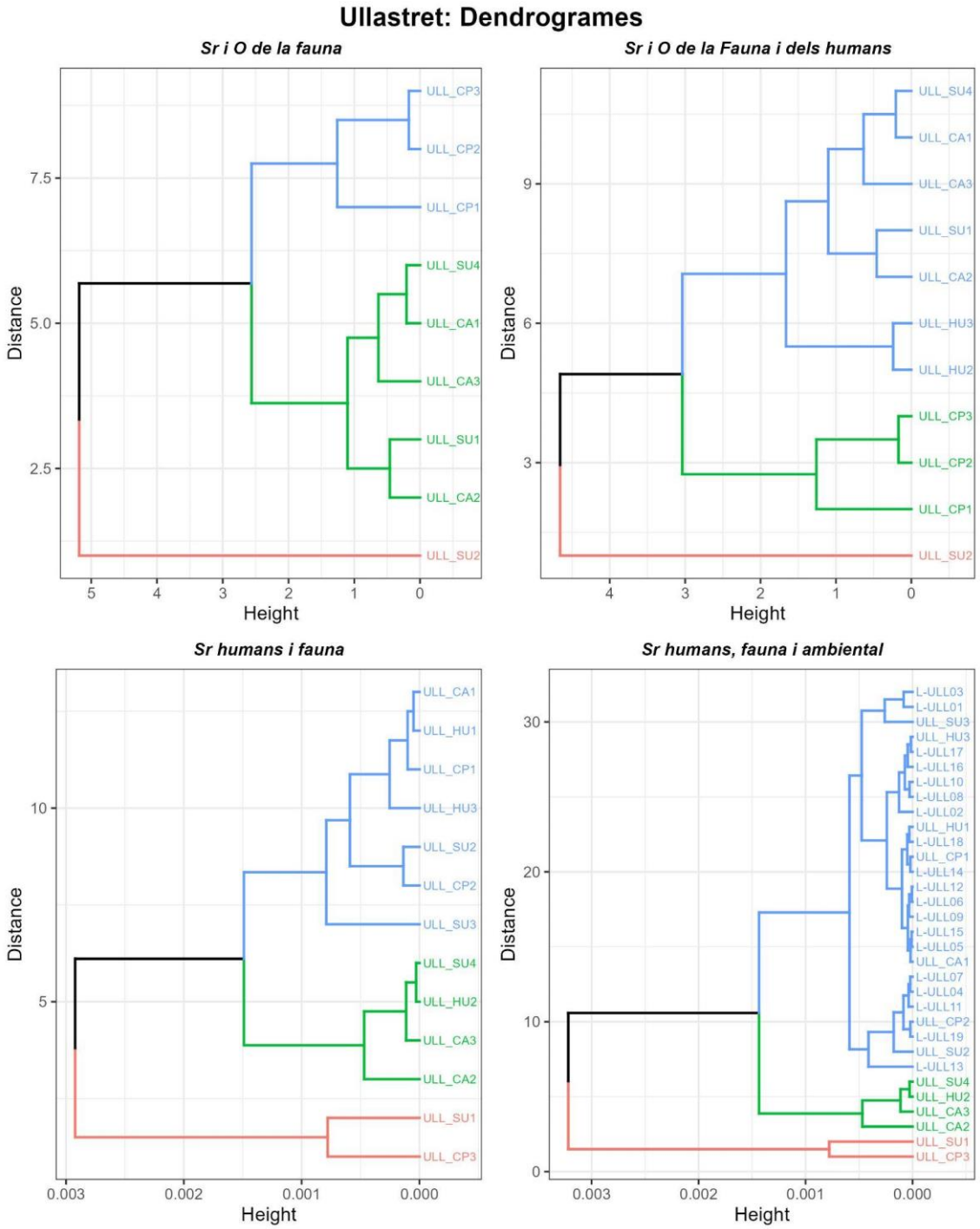


Figura 5.27. Conjunt de dendrogrames que representen diferents configuracions de les mostres. El primer gràfic (dalt esquerra) mostra l'agrupació de les mostres de fauna arqueològica en tant als resultats del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$. El segon (dalt dreta), agrupa en tant al ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ en humans i fauna. El tercer gràfic (baix esquerra) només mostra el ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres humanes i de fauna arqueològica. El quart (baix dreta), té en compte els valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ de totes les mostres analitzades: humans, fauna arqueològica, sediment i vegetació.

5.6. Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell)

Com es va explicar al apartat de materials (4.4.2.3) a la Necròpolis de Roquetes es van analitzar 19 dents d'individus de les tres fosses que es van originar arreu del pogrom de l'any 1348, 11 mostres d'esmalt dentari d'enterraments individuals de la necròpolis (no relacionats amb el pogrom), 2 dents de caprí trobades durant les excavacions de 2007 i 2008 a una casa del Call Jueu de Tàrrega (c/ de la Font) i l'esmalt dentari de 9 individus d'època medieval (s. XIV) procedents del cementiri de Sant Antoni de Cervera (Taula 5.15).

Codi	Mostra	Sexe	Edat	Estructura	$^{87}Sr/^{86}Sr$	$\delta^{18}O_{VPDB}$
CERV001	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7087	-5,62
CERV002	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7142	-6,99
CERV003	Humà	Indeterminat	Infantil	Sant Antoni	0,7090	-4,76
CERV004	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7089	-5,15
CERV005	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7093	-5,29
CERV006	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7089	-3,20
CERV007	Humà	Desconegut	Desconegut	Sant Antoni	0,7104	-5,44
CERV008	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7097	-5,87
CERV009	Humà	Desconegut	Adult	Sant Antoni	0,7089	-5,58
FS001	Humà	Femení	18-25	FS162	0,7087	-3,89
FS002	Humà	Femení	25-35	FS162	0,7087	-3,61
FS003	Humà	Masculí	25-30	FS162	0,7090	-5,57
FS004	Humà	Masculí	18-20	FS162	0,7088	-7,32
FS005	Humà	Masculí	13-15	FS162	0,7091	-4,70
RO001	Humà	Masculí	25-30	Ent-169	0,7088	-5,18
RO002	Humà	Masculí	25-30	Ent-168	0,7086	-4,59
RO003	Humà	Masculí	40-44	FS164	0,7128	-3,86
RO004	Humà	Indeterminat	6	FS164	0,7087	-3,30
RO005	Humà	Femení	10-12	FS164	0,7089	-5,30
RO006	Humà	Indeterminat	9-11	FS164	0,7088	-4,89
RO007	Humà	Femení	18-20	Ent-185	0,7091	-4,67

RO008	Humà	Indeterminat	7-8	Ent-186	0,7089	-5,43
RO009	Humà	Femení	18-25	FS161	0,7088	-6,24
RO010	Humà	Desconegut	Desconegut	Ent-187	0,7086	-5,17
RO011	Humà	Masculí	33-45	Ent-167	0,7088	-5,01
RO012	Humà	Femení	20-35	Ent-174	0,7087	-6,46
RO013	Humà	Femení	8-10	FS164	0,7087	-6,90
RO014	Humà	Femení	7-8	FS164	0,7086	-4,43
RO015	Humà	Indeterminat	Infantil	FS162	0,7089	-5,98
RO016	Humà	Masculí	12-14	FS161	0,7088	-4,42
RO017	Humà	Indeterminat	Adult	FS162	0,7091	-6,37
RO018	Humà	Masculí	40-50	FS161	0,7089	-5,31
RO019	Humà	Femení	20-35	Ent-175	0,7088	-5,95
RO020	Humà	Masculí	20-30	Ent-176	0,7088	-5,02
RO021	Humà	Femení	13-15	FS162	0,7085	-4,48
RO022	Humà	Femení	18-25	FS162	0,7087	-5,00
RO023	Humà	Femení	17-20	FS161	0,7090	-3,36
RO024	Humà	Indeterminat	6-7	Ent-182	0,7090	-3,32
RO025	Humà	Femení	18-25	Ent-172	0,7089	-4,99
TAR001	Caprí	Desconegut	Desconegut	c/ de la Font	0,7086	-3,76
TAR002	Caprí	Desconegut	Desconegut	c/ de la Font	0,7087	-3,33

Taula 5.15. Resultats de les mostres humanes i de fauna de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ de la necròpolis de Roquetes, de Tàrrega i de Cervera. Es facilita la informació de les mostres, sexe i l'edat estimades, l'estructura, la relació de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i els resultats de ^{18}O VPBD.

Pel que fa a les mostres de sediment i vegetació (Taula 5.16), aquesta es va realitzar seguint la metodologia explicada al bloc 3 (vegeu capítol 3.1). Es van recollir vàries mostres (n=24) repartides entre Tàrrega (n=4 sediment, n=8 vegetació) i Cervera (n=3 sediment, n=5 vegetació), recollides en les rodalies del jaciment (<2km). A més, es van recollir algunes mostres de terra (n=4) dels enterraments individuals de la necròpolis de Roquetes (Ent-158, Ent-159, Ent-174, Ent-177).

Codi	Mostra	UG	Era	Període	Jaciment	87Sr/86Sr
TAR_LOC001	Arbre	Qt0-1	Cenozoic	Quaternari	Tàrrega	0,7087
TAR_LOC002	Sediment	Qt0-1	Cenozoic	Quaternari	Tàrrega	0,7084
TAR_LOC003	Arbust	Qt0-1	Cenozoic	Quaternari	Tàrrega	0,7104
TAR_LOC004	Sediment	POlc	Cenozoic	Paleogen	Tàrrega	0,7091
TAR_LOC005	Arbre	POlc	Cenozoic	Paleogen	Tàrrega	0,7142
TAR_LOC006	Arbust	POlc	Cenozoic	Paleogen	Tàrrega	0,7097
TAR_LOC007	Sediment	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Tàrrega	0,7094
TAR_LOC008	Arbre	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Tàrrega	0,7090
TAR_LOC009	Arbust	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Tàrrega	0,7089
TAR_LOC010	Sediment	Qco	Cenozoic	Quaternari	Tàrrega	0,7091
TAR_LOC011	Arbre	Qco	Cenozoic	Quaternari	Tàrrega	0,7089
TAR_LOC012	Arbust	Qco	Cenozoic	Quaternari	Tàrrega	0,7084
TAR_LOC013	Sediment	Qr	Cenozoic	Quaternari	Cervera	0,7086
TAR_LOC014	Arbre	Qr	Cenozoic	Quaternari	Cervera	0,7093
TAR_LOC015	Arbust	Qr	Cenozoic	Quaternari	Cervera	0,7085
TAR_LOC016	Sediment	POlc	Cenozoic	Paleogen	Cervera	0,7089
TAR_LOC017	Arbust	POlc	Cenozoic	Paleogen	Cervera	0,7091
TAR_LOC018	Arbust	Qt1	Cenozoic	Quaternari	Cervera	0,7086
TAR_LOC019	Arbre	Qt1	Cenozoic	Quaternari	Cervera	0,7089
TAR_LOC020	Sediment	Qt1	Cenozoic	Quaternari	Cervera	0,7087
TAR_LOC021	Sediment	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Necròpolis (Ent158)	0,7091
TAR_LOC022	Sediment	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Necròpolis (Ent159)	0,7091
TAR_LOC023	Sediment	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Necròpolis (Ent174)	0,7088
TAR_LOC024	Sediment	POmc1	Cenozoic	Paleogen	Necròpolis (Ent177)	0,7090

Taula 5.16. Resultats de sediment i vegetació $^{87}Sr/^{86}Sr$ de Tàrrega i Cervera. Es facilita el tipus de mostra, la unitat geològica, el període, l'era i el jaciment.

Si s'observen els resultats dels individus de les fosses en un gràfic de dispersió de punts, integrant els resultats del sediment i la vegetació (Figura 5.28) el primer que crida l'atenció és que un dels individus (RO003) té uns valors d'estronci excepcionalment elevats. Aquest individu, s'ha eliminat en algunes de

les gràfiques mostrades (Figura 5.29, Figura 5.30, Figura 5.31) però no dels anàlisis realitzats.

A la Figura 5.28 s'han integrat els resultats d'estronci aportats per les mostres de sediment i vegetació, procedents del mostreig dut a terme a les rodalies dels nuclis de Tàrrega (esquerra) i Cervera (dreta). Com es pot veure, els valors referencials entre ambdós llocs són bastant similars, i no s'observa un patró clar en la distribució dels individus de les fosses que permeti establir diferències significatives entre ells.

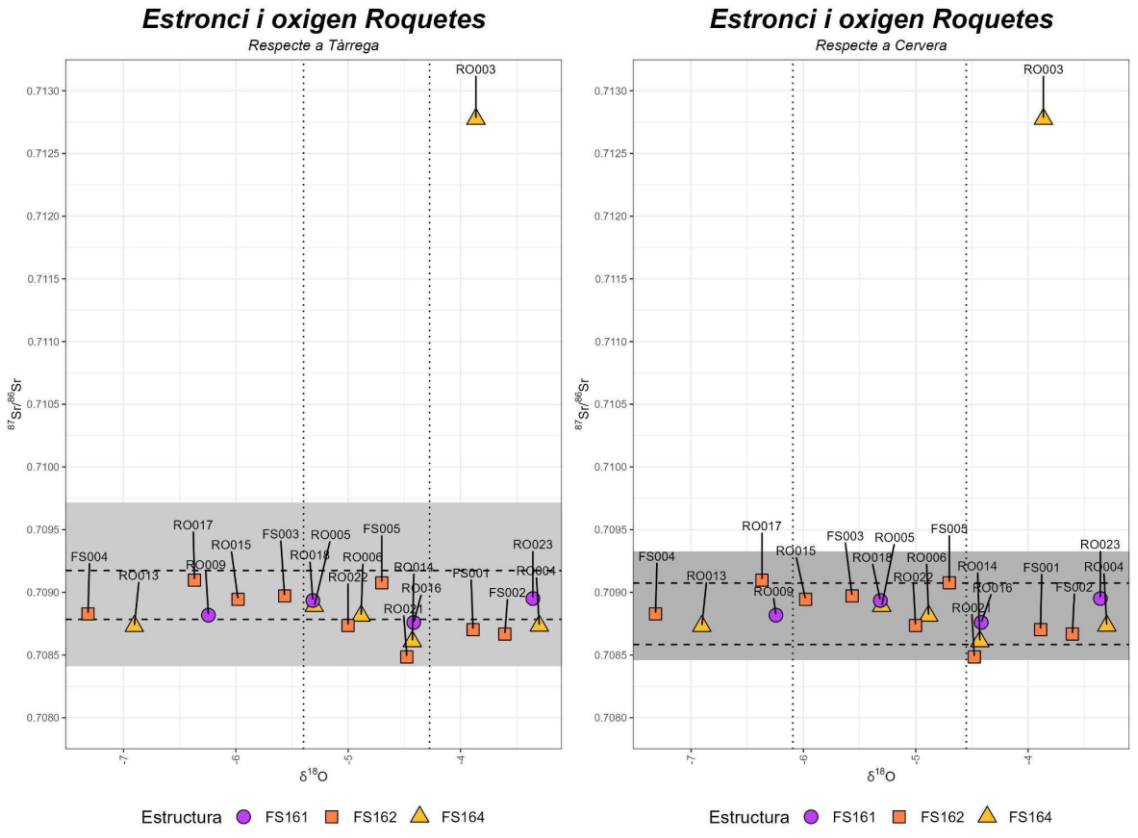


Figura 5.28. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ de les restes humanes de les fosses col·lectives de la necròpolis de Tàrrega. Les formes i el color representen la fossa de la que procedeixen. La línia discontinua (horitzontal) marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim dels valors d'estronci del sediment i la vegetació moderna recollida en torn a Tàrrega (esquerra) i Cervera (dreta). La línia de punts (vertical) marca el 95% de l'interval de confiança dels valors de $\delta^{18}O$ de les restes humanes que no son les fosses: Els enterraments individuals i la fauna a Tàrrega (esquerra) i les restes trobades a la necròpolis de Sant Antoni a Cervera (dreta) i que s'assumeix com a representant de la localitat.

Com s'ha explicat al apartat de jaciments i materials, es van recollir restes humanes i de fauna procedents d'altres indrets de Tàrrega i de Cervera amb la intenció d'aportar més dades sobre els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ per al referencial local. A la Figura 5.29 es pot veure la mateixa gràfica que a la Figura 5.28, però incloent els valors obtinguts en les mostres de referencial local (línies discontinues horitzontals) generats mitjançant les dades de sediment i vegetació modernes, així com els individus procedents dels enterraments individuals de la necròpolis i la fauna trobada al c/ de la Font per Tàrrega i els enterraments de l'ossera de Sant Antoni per Cervera.

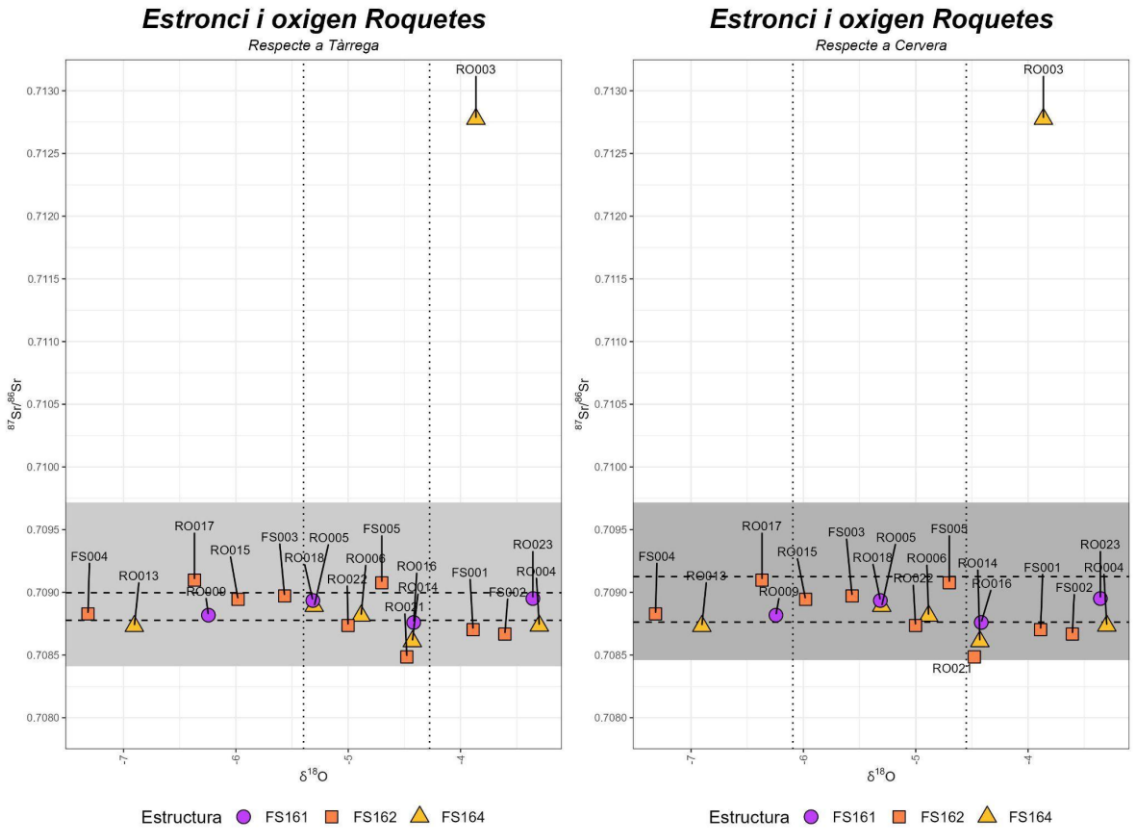


Figura 5.29. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ de les restes humanes de les fosses col·lectives de la necròpolis de Tàrrega. Les formes i el color representen la fossa de la que procedeixen. La línia discontinua (horitzontal) marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim dels valors d'estronci dels enterraments individuals i la fauna a Tàrrega (esquerra) i les restes trobades a la necròpolis de Sant Antoni a Cervera (dreta), així com del sediment i la vegetació moderna recollida en torn a Tàrrega (esquerra) i Cervera (dreta). La línia de punts (vertical) marca el 95% de l'interval de confiança dels valors de $\delta^{18}O$ de les restes humanes que no son les fosses: Els enterraments individuals i la fauna a Tàrrega (esquerra) i les restes trobades a la necròpolis de Sant Antoni a Cervera (dreta).

A l'incloure la informació de les restes humanes amb les del sediment i la vegetació (Figura 5.29) es pot veure com les diferències entre Tàrrega i Cervera

es dilueixen en els rangs de mínim i màxim (àrea grisa) i dels intervals de confiança del 95% (línies discontinues). Tenint en compte que la distribució de les mostres locals de Tàrrega (comptant sediment, vegetació, individus i fauna) és normal (Shapiro-Wilk: W = 0.94673, p-value = 0.1785) i que la distribució de les mostres de Cervera (sediment, vegetació i individus) també ho és (Shapiro-Wilk: W = 0.8492, p-value = 0.447) s'han realitzat dos bucles amb R amb la prova de la T de Student, un comparant les mitjanes de l'estronci de cada individu de les fosses de Roquetes amb la mitjana de l'estronci assumit com a referencial local (sediment, vegetació, enterraments individuals i fauna) de Tàrrega i un altre comparant les fosses amb el referencial local de Cervera (sediment, vegetació i individus). La integritat dels resultats estadístics obtinguts poden consultar a l'annex A3.3. En aquesta prova, s'ha assumit la coincidència de mitjanes entre mostres com un indici de localitat, i així s'ha representat a les columnes "Tàrrega" i "Cervera". S'ha afegit un altre columna ("Resultat") de la que el seu valor està condicionat pel resultat de la prova (Taula 5.17).

Aquests resultats (Taula 5.17 i Figura 5.30) mostra que la majoria dels individus de les fosses tenen valors isotòpics no coincidents amb el referencial de Tàrrega ni de Cervera (47,37%). De totes maneres, hi ha un percentatge molt elevat d'individus (42,11%) que serien locals. La similitud dels valors isotòpics i l'homogeneïtat geològica existent entre Tàrrega i Cervera fa que molts d'aquests valors siguin compatibles amb el referencial local dels dos jaciments. Finalment, hi ha 2 individus (10,53%) que els seus valors coincidirien amb els resultats referencials de Cervera (FS005 i RO017).

Codi	Referencial Tàrrega	Referencial Cervera	Resultat
FS001	No local	No local	No local
FS002	No local	No local	No local
FS003	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
FS004	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
FS005	No local	Local	Local Cervera
RO003	No local	No local	No local
RO004	No local	No local	No local

RO005	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
RO006	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
RO009	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
RO013	No local	No local	No local
RO014	No local	No local	No local
RO015	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
RO016	No local	No local	No local
RO017	No local	Local	Local Cervera
RO018	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega
RO021	No local	No local	No local
RO022	No local	No local	No local
RO023	Local	Local	Local Cervera/Tàrrega

Taula 5.17. Taula que resumeix els resultats dels bucles realitzats amb la prova de la T de Student. Les columnes de “Referencial Tàrrega” i “Referencial Cervera” contemplen el valor “local” si no hi ha prou evidència de rebuig de la hipòtesi nul·la (p value >0,05) a partir dels valors referencials locals de Tàrrega i Cervera, respectivament.

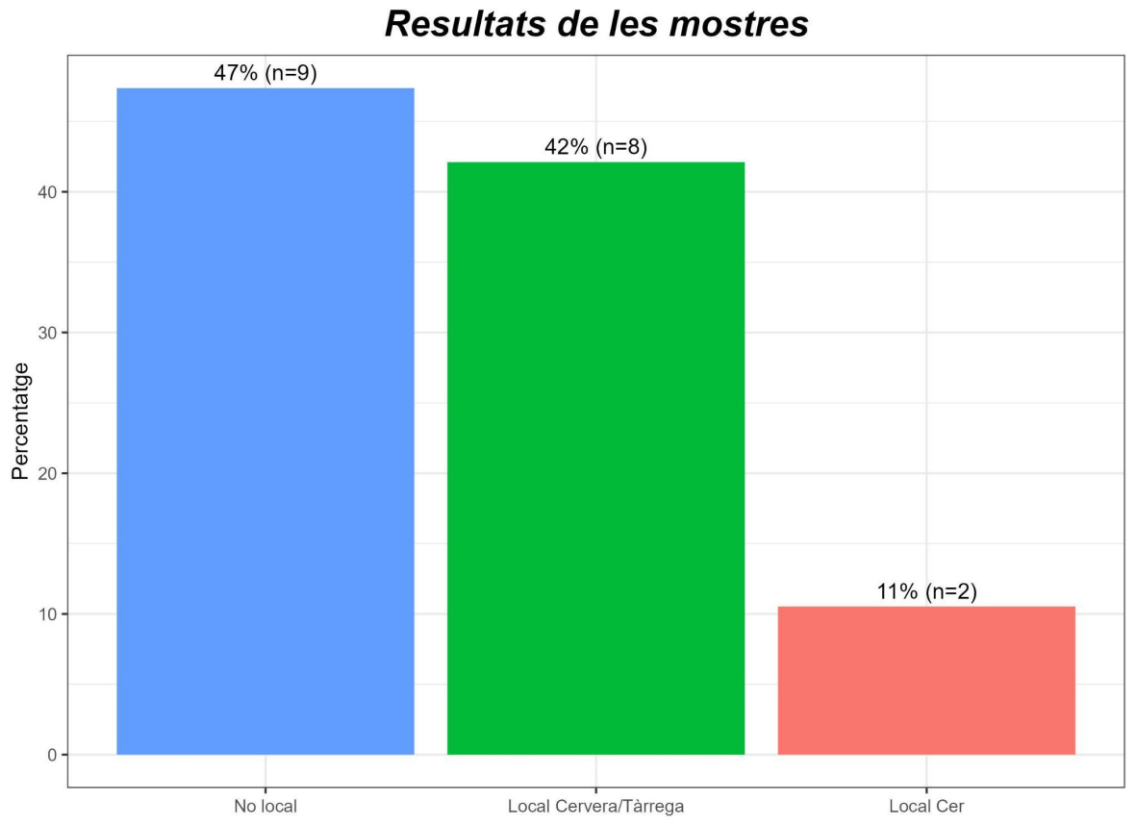


Figura 5.30. Gràfic de barres que mostra els percentatges i el nombre de individus corresponents al resultat dels bucles realitzats amb la prova de la T de Student, realitzat a partir del recompte dels resultats exposats a la Taula 5.17.

Com es pot veure els resultats no permeten establir la procedència de molts dels individus. A la Figura 5.31 es comparen tots els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres de vegetació, sediment i os utilitzades com a referencials per a Tàrrega i Cervera, amb els individus provinents de les fosses, els enterraments individuals i el sediment recollit en estructures funeràries a la necròpolis de Roquetes. Els resultats suggereixen que hi ha bastanta similitud, confirmada pels diversos anàlisis estadístics realitzats. En aquest sentit, es va dur a terme la prova de Kruskal-Wallis (el la distribució de les dades no és normal) per determinar si existien diferències significatives entre els grups "referencial Tàrrega", "referencial Cervera" i "fosses". Es va realitzar la prova amb totes les mostres (Kruskal-Wallis chi-squared = 2,512, df = 2, p-value = 0,2848), eliminant RO003, en tant a outlier de les fosses (Kruskal-Wallis chi-squared = 3,5771, df = 2, p-value = 0,1672). En ambdós casos, al esser el valor p major que el nivell de significança (0,05), no hi ha prou evidències per a descartar la hipòtesi nul·la, per tant s'assumeix que no hi ha diferències entre les mitjanes i que, per tant, no existeixen diferències significatives entre els grups "referencial Tàrrega", "referencial Cervera" i "fosses".

Posteriorment es va realitzar la prova de la t de Student per a determinar si existeixen diferències entre el referencial local de Tàrrega i de Cervera sense els individus (és a dir, només amb els resultats de vegetació i sediment modern i arqueològic). Els resultats de la prova (t= 1.0896, df = 16.529, p-value = 0.2915) mostren que no hi ha prou evidència per a rebutjar la hipòtesi nul·la, pel que es ratifica que només amb les dades de vegetació i sediment, segueix sense haver-hi diferències significatives entre els valors d'estronci referencial local de Cervera i Tàrrega.

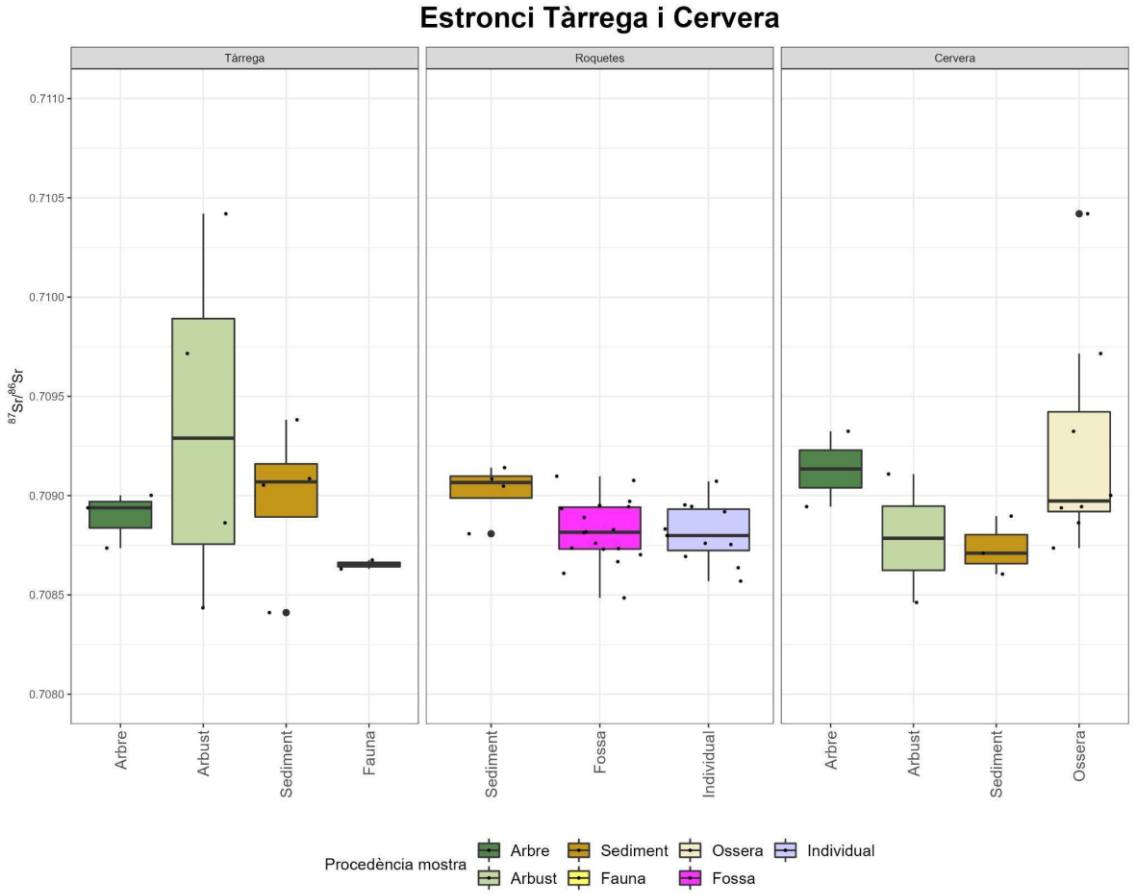


Figura 5.31. Gràfic de caixes i bigotis dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de la totalitat de mostres analitzades a Tàrrega, Roquetes i Cervera. El color representa el tipus de mostra i el gràfic divideix els resultats entre si provenen de Tàrrega (esquerra), de la necròpolis de Roquetes (centre) o de Cervera (dreta). Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos.

A la Figura 5.32 s'han desglossat els mateixos resultats que hi ha a la Figura 5.31 per estructures d'enterrament (pel que fa a les fosses) per veure si hi ha alguna diferència rellevant entre elles. A les gràfiques es pot veure que no sembla haver-hi gaire diferències, ratificat també per les proves realitzades, que mostren que no existeixen diferències significatives entre els valors del sediment, dels enterraments individuals i les fosses (Kruskal-Wallis chi-squared = 10.721, df = 7, p-value = 0.1513) ni entre les diferents fosses analitzades (Kruskal-Wallis chi-squared = 0.54561, df = 2, p-value = 0.7612).

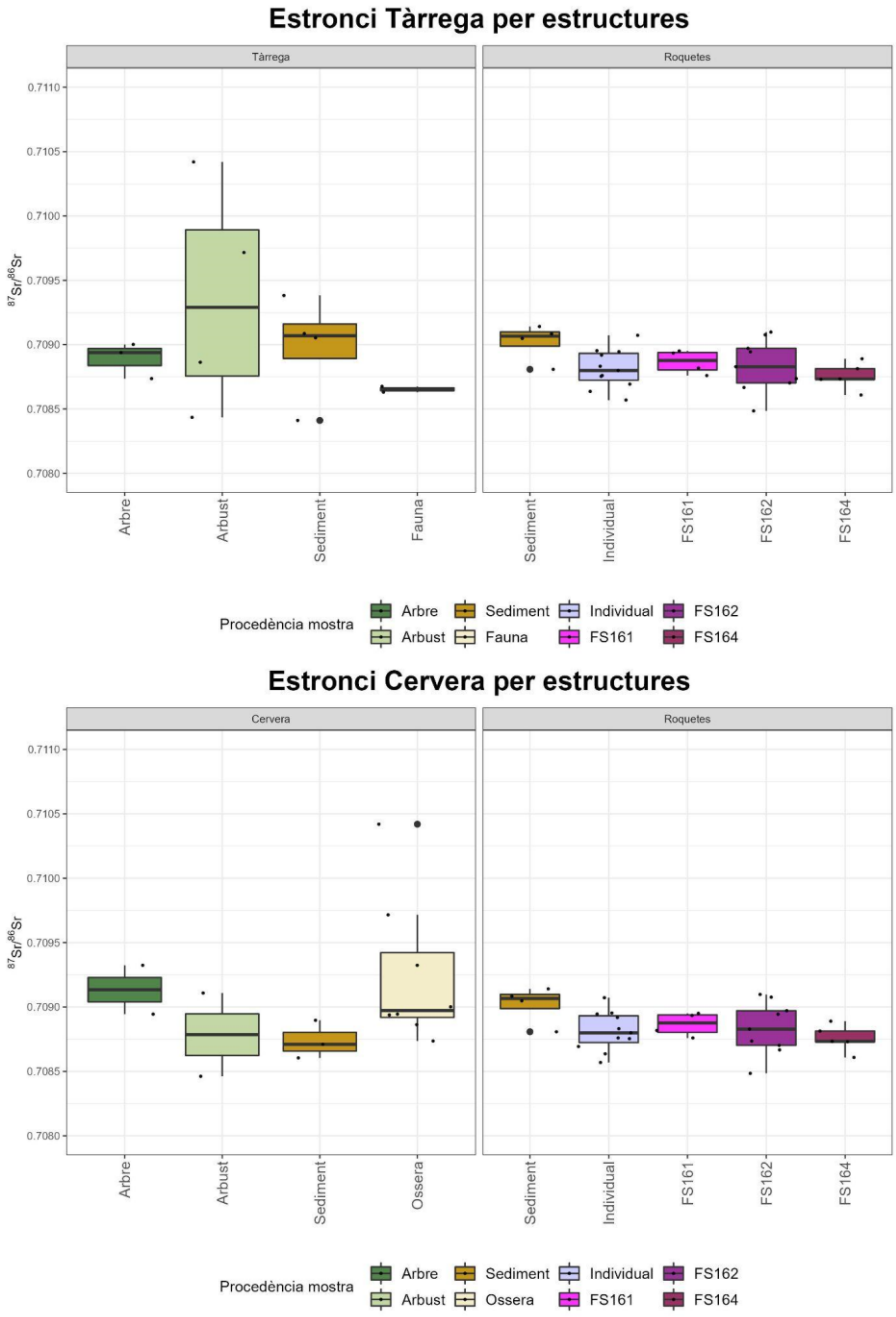


Figura 5.32. Gràfic de caixes i bigotis dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de la totalitat de mostres analitzades a Tàrrega, Cervera i Roquetes, desglossat per fosses. El color representa la procedència de la mostra i el gràfic divideix els resultats entre si provenen de Tàrrega (a dalt esquerra), Cervera (a baix esquerra) o de la necròpolis de Roquetes (a dalt i a baix dreta). Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos.

Finalment, a la Figura 5.33 s'han classificat els resultats per sexe i per edat, superposant les dades al interval del 95% de confiança dels resultats referencials locals de Tàrrega (línia de punts) i de Cervera (línia discontinua). En aquesta figura es pot veure que els individus femenins tendeixen a tenir uns valors més baixos que els individus masculins o els indeterminats. Aquesta variable podria venir determinada més per l'edat que pel sexe, ja que la majoria dels adults joves

(20-30 anys) son femenins (63%) i que també mostren valors més baixos d'estronci.

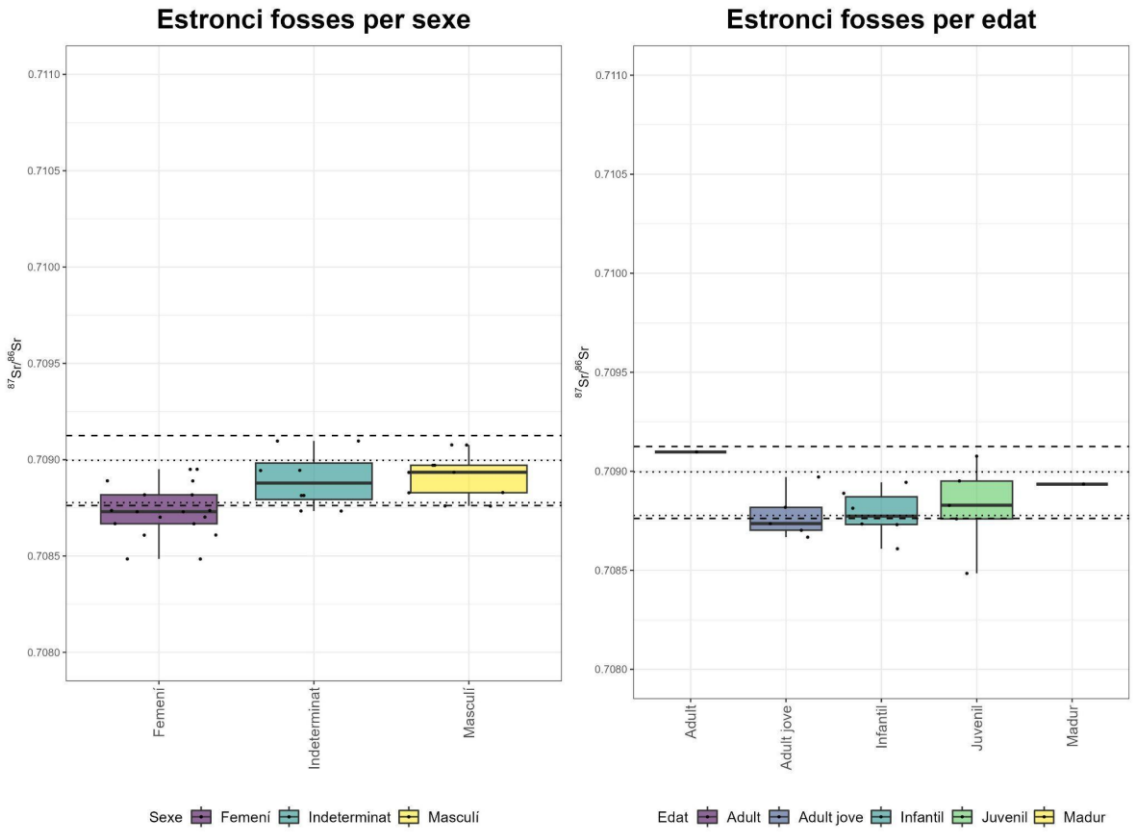


Figura 5.33. Gràfic de caixes i bigotis dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels individus de les fosses analitzats. A l'esquerra classificats per sexe i a la dreta per grups d'edat. Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos. Les línies superposades horitzontalment és el interval del 95% de confiança dels resultats referencials locals de Tàrrega (línia de punts) i de Cervera (línia discontinua).

Bloc 6. Discussió

En aquest apartat es desenvolupa una interpretació dels resultats obtinguts en aquest treball pel NE peninsular amb la intenció d'assentar les basses sobre les que s'estructurarà el debat a cada període estudiat. A diferència dels capítols anteriors, aquí els apartats s'han estructurat per períodes i no per jaciments, amb la intenció de donar resposta a les problemàtiques arqueològiques plantejades de forma conjunta i contextualitzada. El darrer apartat d'aquest bloc és una síntesi de tots els resultats presentats a la tesi i a on es proposa un model de mobilitat diacrònic pel NE de la Península Ibèrica.

6.1. Referencials d'estronci biodisponible al NE peninsular

Quan es treballa amb la variabilitat isotòpica de l'estronci, és important definir el marge local de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ per als valors locals vs. no locals. Això és important per determinar la naturalesa dels moviments poblacionals de persones en contextos arqueològics. Per tant, adaptar l'estratègia de mostreig i recollida de mostres biològiques i geològiques a cada context analitzat es clau a l'hora d'establir els rangs de la variabilitat local d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ que permetran avaluar l'impacte de poblacions exògenes en les comunitats humanes locals passades (Bentley et al., 2004; Böhlke & Horan, 2000; Bowen, 2010; Bowen et al., 2009; Ehleringer et al., 2010; Evans et al., 2010; Hobson et al., 2010; Hoppe & Koch, 2007; Price, 2023).

El notable avanç en l'aplicació d'anàlisis multiproxy d'isòtops ha millorat enormement la capacitat d'identificar individus no locals entre les poblacions arqueològiques durant les últimes dècades. El desenvolupament de models a gran escala de variació isotòpica espacial (isocapes) ha contribuït a millorar les assignacions geogràfiques dels orígens humans i animals. No obstant això, persisteixen reptes en la identificació precisa dels orígens geogràfics individuals a partir de les dades d'isotòpiques esquelètiques en estudis de migració i procedència humana (i animal). Tot i que hi ha treballs previs que aporten resultats positius de validació que demostren l'eficàcia global d'un enfocament isotòpic per a la geoprocedència. La precisió de les assignacions geogràfiques es poden millorar encara més mitjançant una millor comprensió de les relacions

entre la variació isotòpica ambiental i biològica; el desenvolupament i la refinació continus dels isocapes; i la incorporació eventual d'un ventall més ampli de dades de proxies isotòpiques.

Una de les problemàtiques metodològiques principals en les anàlisis isotòpiques d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ la precisió a l'hora d'establir establir, amb precisió, la geoprocedència dels individus no locals en context arqueològic. La quantitat prèvia de ^{87}Rb i que aquesta ve determinada pel tipus de geologia i el període formatiu d'aquesta (Bentley, 2006; Dickin, 1995; Diez-Fernández, 2019; Faure, 1977; Hoppe et al., 2003; Stewart et al., 1998), provoca que zones amb una geologia similar poden provocar un emmascarament de procedències diferents.

L'establiment de isoscapes territorials pot ajudar a determinar l'origen d'aquests individus i pot ajudar a transcendir la dicotomia local/no local (Bataille & Bowen, 2012; Bowen, 2010; Cavazzuti et al., 2019; Díaz-del-Río et al., 2022; Frank et al., 2021; Morell-Rovira et al., 2024; Scaffidi & Knudson, 2020).

En aquest treball es proposen diverses lectures dels resultats de les mostres de sediment i vegetació moderna (vegeu capítol 5.1) que suggereixen una sèrie de patrons que, en el futur, poden ser útils per a altres anàlisis isotòpiques d'estronci i que poden contribuir a l'establiment d'una isoscape dels nivells de $^{87}Sr/^{86}Sr$ pel NE de la Península Ibèrica.

Com s'ha explicat al apartat de metodologia (vegeu capítol 3.1) hi ha diverses tècniques i estratègies de mostreig que permeten abordar la problemàtica sobre l'origen geogràfic i els patrons de mobilitat a partir de l'elaboració d'*isocapes*. En el present treball, s'ha optat pel mostreig de vegetació i sediment modern en un àrea de <2km al voltant de cada jaciment arqueològic.

En les mostres analitzades de sediment i vegetació en aquest estudi, s'observa una variabilitat en els valors d'estronci, la qual depèn de la localització de les zones de recollida (Figura 5.1). Per exemple, a l'àrea del jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús (Costa Central), la vegetació (tant d'arrel curta com d'arrel llarga) presenta valors molt similars als del sediment. En canvi, a Puig Castellar, aquesta correspondència es dona entre la vegetació d'arrel llarga i el sediment, però no amb la vegetació d'arrel curta. Tot i això, en la resta de casos els valors

son molt similars. En comparar els tipus de mostres amb els períodes geològics (Figura 5.3) i la ràtio de les unitats geològiques (Figura 5.2) es veu com, segons la geologia, les similituds entre valors del mateix tipus de mostra poden variar significativament. Aquest fenomen ja s'ha mencionat en altres estudis precedents (Ahlström & Price, 2021; Evans et al., 2010; Hodell et al., 2004; Willmes et al., 2018), dels quals es pot concloure que, en funció de les dinàmiques ambientals i geològiques de cada territori, aquesta variabilitat pot canviar.

Un exemple representatiu d'aquesta variabilitat es troba en els estudis de Willmes et al. (2018), i Hartman i Richards (2014). En el primer, realitzat a França, no es van trobar diferències significatives entre les mostres de vegetació i sediment. En canvi, en el segon, dut a terme als alts del Golan, es van observar diferències molt marcades entre els valors de la vegetació d'arrel curta i d'arrel llarga (Holt et al., 2021). En el cas que ens ocupa en aquest treball, sembla que les diferències entre les diferents procedències de la ràtio isotòpica (arrel curta, arrel llarga o sediment) podrien estar més determinades per un possible impacte humà o geològic que no pas ambiental. Això es deu al fet que els dos jaciments que aporten més variabilitat als resultats son la Bòbila Madurell/Can Gambús i, en menor mesura, Puig Castellar. Aquestes són les dues les zones més problemàtiques per poder realitzar els mostrejos sense influència antròpica. Si s'observa la diferència de valors per espècie vegetal (Figura 5.5) es pot veure com aquesta hipòtesi es confirma pel fet que la vegetació d'arrel curta sembla tenir els mateixos valors que les d'arrel llarga del mateix període geològic. En els casos en què es veuen diferències, com el roure al Cambroordovicià, prové de la Bòbila Madurell/Can Gambús. No obstant això, sí que es perceben diferències en els valors d'aquestes mostres depenent del període geològic, fet que suggereix que la variabilitat d'aquests valors estaria més determinada per la geologia i el període formatiu d'aquesta (Figura 5.4) que no pel tipus de mostra recol·lectada.

En aquesta última figura, les mostres del període Cambroordovicià, crida l'atenció la diferència entre els dos blocs que es generen: un amb roques metamòrfiques i l'altre amb roques sedimentàries del Cambro-Ordovicià. Els valors dels blocs de roques metamòrfiques són molt més elevats que els dels

blocs de roques sedimentàries. Aquestes dues formacions litològiques diferents (mc-Çorp: Fil·lites i cornubianites, Çorp: Pissarres micacítiques i sorrenques) presenten valors isotòpics diferents. Revisant els valors de la unitat geològica mc_Çorp (n=4) s'observa un rang de valors entre 0,71952 i 0,71354, mentre que la unitat Çorp (n=3) mostra un rang d'entre 0,71382 i 0,71187. Les mostres del mc_Çorp amb valors més elevats inclouen un roure i dues mostres de sediment, amb un rang que va de 0,71952 a 0,71691. La mostra d'arrel curta (CG_LOC_013) presenta els valors més baixos (0,71354), molt propers als de la unitat Çorp. Al NE de la Península Ibèrica, no s'ha observat una dinàmica consistent en què les mostres d'arrel curta presentin valors més baixos que la resta de mostres recollides, fet que suggereix que aquest no es el factor determinant per aquests resultats. Sembla, per tant, que aquesta variabilitat podria estar determinada per possibles contaminacions de terra forana o bé per factors geològics. La capa mc-Çorp està composta per roques de la unitat Çorp afectades pel metamorfisme de contacte hercinià durant el Carbonífer-Permià.

Si es revisen altres publicacions (Albizuri et al., 2021; Bataille et al., 2020; Hoogewerff et al., 2019; Messana et al., 2023; Nikita et al., 2022; Valenzuela-Lamas et al., 2018) que aporten dades sobre ratis d'$^{87}Sr/^{87}Sr$ al NE peninsular per al període Cambro-Ordovicià, del qual només disposem d'una mostra publicada amb la qual comparar (valor de 0,71234, Valenzuela-Lamas et al., 2018). Aquest valor situa aquesta mostra més a prop dels de CG_LOC_013. Això podria indicar que els valors més elevats del Cambro-Ordovicià obtinguts en aquest estudi podrien ser atribuïts a potencials contaminacions. Aquesta mostra es va recollir a la Serralada Litoral (zona del massís del Garraf), i es descarta la hipòtesi de la relació amb la llargada de l'arrel, ja que la mostra analitzada és un arbre. Assumint aquesta premissa, per tant semblaria que els valors típics del Cambro-Ordovicià al NE de la Península Ibèrica estarien entre 0,711 – 0,714 (Figura 6.1). Per tant, aquest període estaria caracteritzat per valors lleugerament més baixos que els del període posterior (Carbonífer-Permià: 0,712 – 0,715).

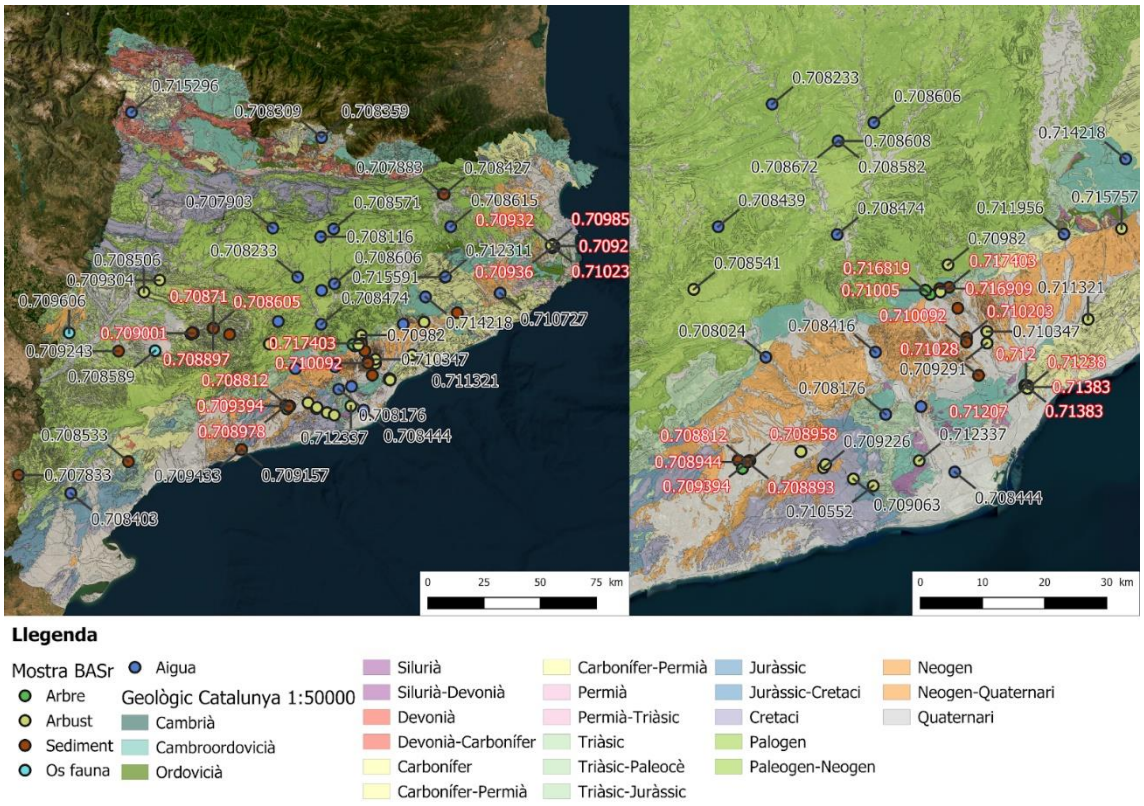


Figura 6.1. Mapa geològic del NE de la Península Ibèrica amb els valors BASr per a cada tipus de mostra analitzada en aquesta tesi (en vermell) i les dades provinents de la base de dades de SrIsoMed (en negre). A l'esquerra hi ha un mapa general del NE i a la dreta un detall de la Costa Central Catalana, on hi ha més acumulació de mostres.

A la Figura 5.3 també es pot veure que al triàsic hi ha mostres de sediment amb valors molt elevats. A la Figura 5.2 aquests valors s'atribueixen al jaciment de la Bòbila Madurell, concretament a una mostra de sediment (CG_LOC_002) amb uns valors anormalment elevats (0,71681) en comparació amb la majoria de mostres del Triàsic (0,71005 - 0,71218). Aquesta mostra prové d'una unitat geològica (Tbg) formada per gresos silícics i argiles del Triàsic inferior (fàcies Buntsandstein). No hi ha mostrejos d'aquesta capa al NE peninsular que permeti establir una comparació directa. No obstant això, si la comparem amb una altra unitat geològica (Tm2) del Triàsic (Valenzuela-Lamas et al., 2018), els seus valors (0,71055) coincideixen amb les altres mostres del Triàsic analitzades en aquesta tesi. La mostra CG_LOC_002 es va recollir en una zona molt antropitzada, propera al nucli de Matadepera (Vallès Occidental). Les diferències de resultats entre les mostres podrien indicar que la recollida de sediment es va realitzar en alguna zona contaminada per barreja i/o superposició de terres aportades.

A la Bòbila Madurell també es detecten valors atípics per al Quaternari, anormalment elevats respecte a la resta de valors d'aquest període (CG_LOC_004, CG_LOC_004.2, CG_LOC_006 i CG_LOC_007). Aquesta diferència podria estar relacionada amb el fet que provenen de les unitats geològiques Qva1-3 i Qva1-5, que son ventalls i planes al·luvials de rieres del Quaternari, que podrien haver depositat sediments d'altres períodes que podrien haver afectat als valors d'estronci originals. No obstant això, no s'han trobat dades publicades per aquestes unitats geològiques en altres zones del NE per comparar. A més, la major part de la zona que envolta el jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús està formada per dipòsits sedimentaris al·luvials, i aquests valors poden haver influït també en els humans, ja que aquests dipòsits son del Plistocè (Figura 6.2). La majoria de mostres d'aquestes unitats geològiques mostren uns valors consistents (0,7100 – 0,7104) que s'aproximen al rang de la resta de mostres del Quaternari (0,7084 – 0,7097). L'excepció és la mostra de sediment CG_LOC_006, recollida en les proximitats d'una pista forestal. Aquesta mostra no es van poder complementar amb mostres d'arbust i arbre degut a la impossibilitat d'accedir a aquella zona. L'altra mostra de la unitat geològica (Qva1-5) a la que pertany CG_LOC_006, presenta uns valors coherents amb la resta (0,7100), fet que podria indicar una altra mostra contaminada per terres foranes.

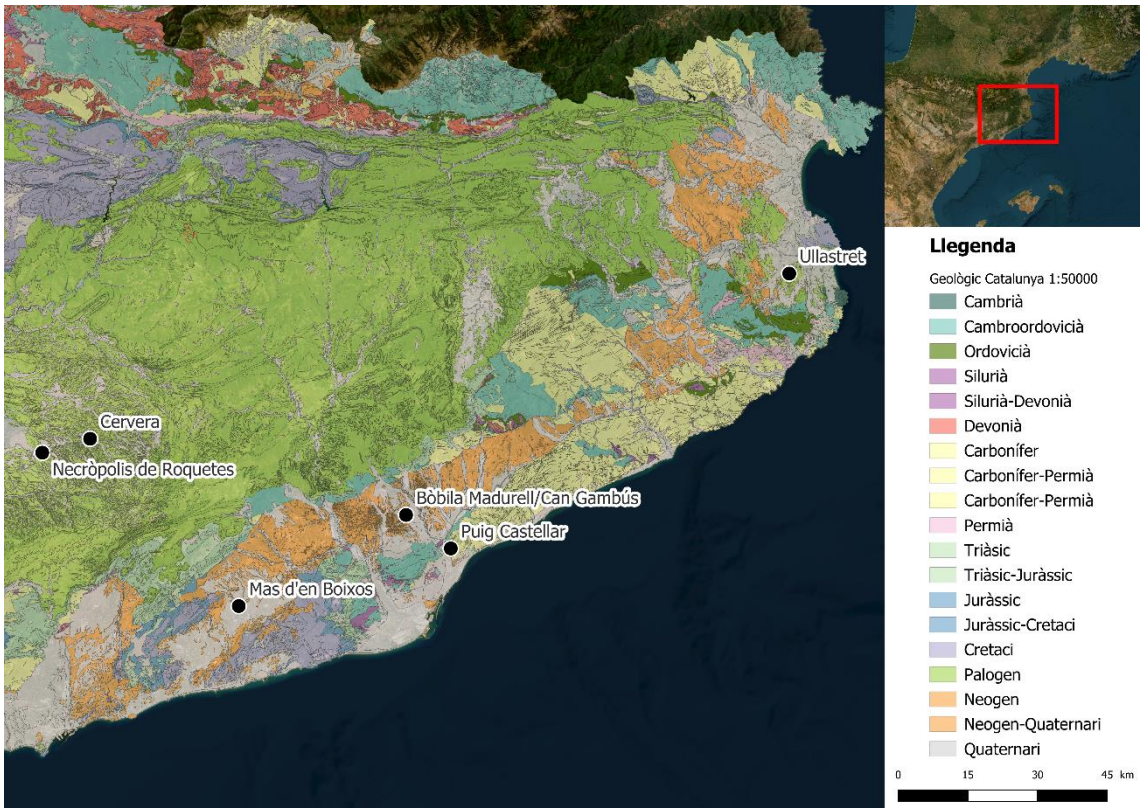


Figura 6.2. Mapa geològic general amb tots els jaciments arqueològics estudiats en aquest treball, amb els períodes geològics que els envolten de fons.

A la Taula 6.1, es mostren els rangs de valors de la ràtio de $^{87}Sr/^{8}Sr$ de totes les analítiques presentades en aquest treball. Obviant la circumstància ja explicada amunt amb el període Cambro-Ordovicià, si es tenen en compte els valors publicats en altres treballs al NE de la Península Ibèrica (Nikita et al., 2022) tots els valors coincideixen amb els rangs proposats aquí.

Període	Mínim	Màxim	Correccions
Cambroordovicià	0,711872	0,719525	0,711872 - 0,713827
Carbonífer-Permià	0,711998	0,714819	-
Triàsic	0,710050	0,716819	0,710050 - 0,712185
Paleogen	0,708808	0,714229	-
Neogen	0,708892	0,709394	-
Quaternari	0,708411	0,712621	0,708411 - 0,710419

Taula 6.1. Rangs per cada període analitzat en aquest treball, realitzats a partir dels valors obtinguts mitjançant les anàlisis de sediment i vegetació moderna. La columna de correccions s'ha realitzat a partir dels arguments donats durant la discussió.

Malgrat les correccions aplicades, es desconeix si aquests valors atípics equivalen a contaminacions reals, exceptuant la mostra L-PC06, donat que no

es disposa de gaires més anàlisis de estronci local per comparar. De totes maneres, semblaria que el cas del NE de la península ibèrica és bastant similar a l'observat per Willmes et al. a França (2018) o per Ahlström i Price a l'illa de Gotland (2021), on no es veuen diferències significatives en la ràtio d'estronci entre diferents tipus de mostra, essent el principal diferenciador de la ràtio isotòpica la formació geològica. Es posa de manifest una àrea de recerca poc explorada i la necessitat d'emprendre un treball específic en el futur que permeti ampliar el mapa d'estronci biodisponible per al NE de la Península Ibèrica, donat que actualment hi ha una manca de dades publicades per aquest territori.

6.2. Explorant els canvis en els patrons de mobilitat humana al NE peninsular entre el Neolític i l'època medieval

En aquest apartat, analitzem els canvis en la mobilitat humana al llarg del temps en diferents contextos arqueològics, cronològics i territorials de Catalunya. Mitjançant la integració dels resultats obtinguts de l'anàlisi d'isòtops estables d'estronci amb l'antropologia física, la cultura material i el context arqueològic, ens proposem explorar la relació entre els canvis (o continuïtats) en la mobilitat humana i els canvis polítics i socials que afecten directament la gestió i percepció dels territoris. Aquest enfocament diacrònic ofereix l'oportunitat d'estudiar períodes amb estructures polítiques i graus d'integració econòmica molt diferents, proporcionant noves dades sobre com la mobilitat de les comunitats humanes del passat podria reflectir el grau de connectivitat i els processos d'aparició i consolidació de les desigualtats socials (i la propietat privada) a través de l'ús de la violència i la cohesió.

6.2.1. Patrons de mobilitat durant la Prehistòria Recent en el NE de la Península Ibèrica

Als inicis del Neolític (5714-5384/4366-4029 cal ANE) al NE de la Península Ibèrica predomina un poblament mixt, amb habitatges en cova i a l'aire lliure (Edo et al., 2022). Els diversos estudis realitzats en els darrers anys en clau de els activitats de subsistència (Antolín & Saña, 2022) mostren una convivència entre una agricultura intensiva, en camps permanents propers als assentaments (Antolín et al., 2015) amb una explotació dels recursos naturals salvatges de les proximitats dels jaciments (Antolín & Jacomet, 2015; Buxó, 1997). Aquest model de ramaderia, mantenint als animals en l'àrea més immediata de l'assentament podria haver comportat una sobreexplotació dels recursos disponibles que va afavorir pràctiques de gestió del ramat basades en la mobilitat (Antolín & Saña, 2022). Aquest model agrícola-ramader sembla mantenir-se durant el Neolític Mitjà (4156-4076/3626-3573 cal ANE) (Antolín & Saña, 2022; Fontanals, 2015), tot i que es genera un canvi en el patró d'assentament que desplaça, majoritàriament, a la població dels assentaments en cova en favor dels

assentaments en plana a l'aire lliure, probablement degut a una intensificació de l'agricultura (Molist, 1992). A nombrosos jaciments d'aquest període s'ha demostrat una predominança de recapte de materials locals per a la fabricació de la majoria d'artefactes trobats al jaciment (Borrell & Bosch, 2012; Quevedo et al., 2020; Villalba, 1986) malgrat que la presència de nombrosos artefactes i materials exògens, associats amb grups d'altres zones del Mediterrani europeu i d'altres indrets del territori del NE peninsular (Borrell & Bosch, 2012; Navarrete et al., 2020), indiquen contactes i xarxes d'intercanvi de llargues distàncies (Gibaja Bao, 2003; Gibaja et al., 2004, 2018; Masclans, 2017; Vaquer et al., 2012). Als darrers moments del Neolític (3100-2800 cal ANE) al NE el patró d'assentament es caracteritza per assentaments petits de grups locals fortament regionalitzats (Bosch & Santacana, 2009) que van començar a ocupar les zones més interiors del NE, que les que abans no es trobaven assentaments (Antolín, 2014; Morell Rovira, 2019). Al Bronze Inicial (2549-1946/1223-835 cal ANE) i sobretot a partir del II mil·lenni ANE, es desenvolupen uns models de població molt similars als vistos als darrers moments del Neolític, assentaments dispersos pel territori amb acumulacions de sitges, forats de pal i fosses situats a prop de rius, terrasses fluvials i peus de muntanya, amb una modalitat d'unitats productives amb certa autonomia, situades a zones properes dels camps de conreu (Carlús et al., 2003; Francés, 2005; Marín Castro, 2018).

En aquesta secció compararem els resultats obtinguts en dos jaciments contemporanis de la cultura del Neolític Mitjà: la Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze) i Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès). A més, es contextualitzen les diferències potencials entre l'assentament de Neolític Mitjà i del Bronze Inicial a Mas d'en Boixos.

Dos jaciments, dos territoris, tres assentaments

El primer que cal recordar és que l'estat de la recerca entre ambdós jaciments és molt dispar. Del Neolític Mitjà s'han analitzat un total de 50 individus (en 42 estructures) de la Bòbila Madurell i 9 individus (en 3 estructures) de Mas d'en Boixos. Aquesta diferència en el registre obeeix a les dinàmiques de cada jaciment durant aquest període (8 estructures d'enterrament i 102 no funeràries a Mas d'en Boixos i 170 enterraments i 57 sense restes humanes a la Bòbila

Madurell/Can Gambús), un aspecte a tenir i en compte per a la comparativa. Del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos s'han analitzat 23 individus (9 estructures funeràries).

Si comparem els resultats de Mas d'en Boixos amb els de la Bòbila Madurell/Can Gambús (Figura 6.3), podem observar que el rang referencial de localitat a la Bòbila presenta uns valors isotòpics significativament més elevats que els de Mas d'en Boixos. A més, la variabilitat en els valors de la Bòbila Madurell és considerablement més gran (0,7100 – 0,7135) que en el cas de Mas d'en Boixos Neolític Mitjà (0,7088 - 0,7093) i Bronze Inicial (0,7080 - 0,7090). Aquesta variabilitat es deu a dos factors principals. En primer lloc, la geologia del territori, ja que la zona de la Bòbila Madurell (Figura 6.2) presenta una major diversitat geològica en comparació a la de Mas d'en Boixos (Figura 6.2), la qual cosa anticipa una variabilitat isotòpica diferent entre ambdues zones. D'altra banda, les característiques territorials i de mostreig, com l'antropització de la zona de la Bòbila Madurell, que va fer que el mostreig d'aquest jaciment es realitzes a una distància molt més gran (<11km) que en el cas de Mas d'en Boixos (<2km). La relació entre els resultats dels individus i el rang del referencial local sembla seguir la mateixa tendència en ambdós jaciments. En tot dos casos, es detecta una mobilitat humana que excedeix el rang referencial del jaciment, amb una tendència cap a valors menys radiogènics (Figura 6.3 i Figura 6.7). La diferència de variabilitat entre els individus dels dos jaciments probablement es deu al factor geològic mencionat anteriorment, i no necessàriament a una major mobilitat. El que es veu clarament és que els individus de la Bòbila Madurell i de Mas d'en Boixos (en ambdós períodes) es devien moure entre zones amb valors similars a la mostrejada i zones amb valors isotòpics més baixos, tot i que en el Bronze Inicial es detecta una lleugera menor mobilitat que al Neolític Mitjà.

El Neolític Mitjà al Vallès-Penedès: Discussió de les variables arqueològiques

A Mas d'en Boixos Neolític Mitjà només un individu femení, un masculí i un indeterminat (MB006, MB027 i MB028) tenen uns valors coincidents amb els dels referencials locals recollits a les rodalies (<2km) del jaciment. A la Bòbila Madurell també es veu com la majoria dels valors dels individus no coincideixen

amb els del rang local establert mitjançant l'anàlisis de mostres de sediment i vegetació. Un total de 17 individus son compatibles amb el rang referencial del jaciment: 9 dones, 4 homes, i 4 individus indeterminats (3 infantils i un adult jove en mal estat de conservació).

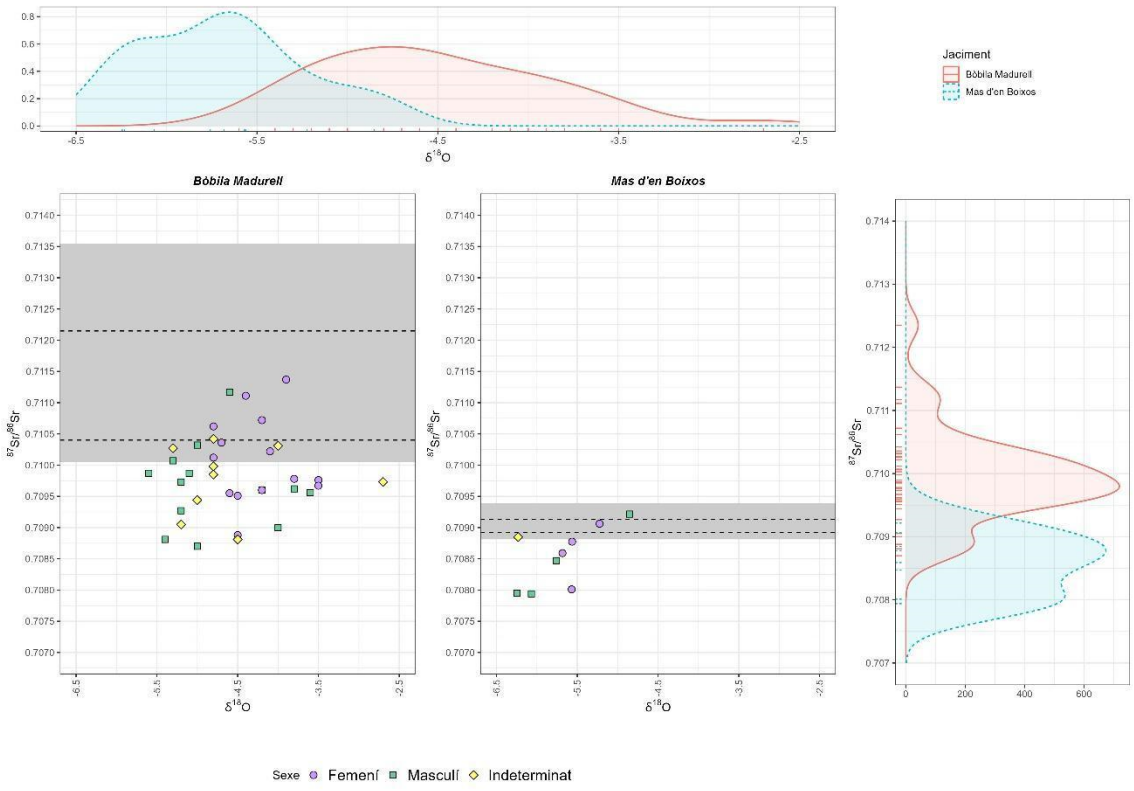


Figura 6.3. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ dels humans del Neolític Mitjà de la Bòbila Madurell/Can Gambús i de Mas d'en Boixos expressats en un gràfic de dispersió de punts i dos gràfics de densitat amb els resultats de $\delta^{18}O$ (a dalt) i de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (dreta).

A Mas d'en Boixos, no s'ha detectat cap correlació entre el tipus d'estructura i els valors d'estronci i/o oxigen. Els aixovars, molt escassos al jaciment, tampoc indiquen cap patró de mobilitat específic segons els resultats obtinguts en les anàlisis. En aquest sentit l'individu MB027 (femení) és l'individu amb més aixovar, trobat a l'E88 juntament amb una altre individu femení (MB029), concentrava la pràctica totalitat de l'aixovar de la tomba (una destral polimentada, diverses làmines de sílex, una dena de variscita, punxons d'os i vàries defenses de porc senglar) (Allièse, 2016; Bouso et al., 2019). En canvi, la dona (MB029) anava acompanyada només de tres punxons d'os i una làmina de sílex melat.

Pel que fa a aquest tipus de materials, la majoria d'individus no tenen cap objecte o material exogen com aixovar (Figura 6.4). Només les dones de l'E88 (MB027 i MB029) i la de l'E201 (MB005) tenen una dena de variscita, una làmina de sílex melat i una destral de pedra polida, respectivament. Destacar que els únics individus amb aquests elements al jaciment siguin dones, malgrat que en altres jaciments pertanyents als Sepulcres de Fossa (com la Bòbila Madurell) s'han pogut establir correlacions entre els individus masculins i la presència de materials exògens (Masclans, 2019).

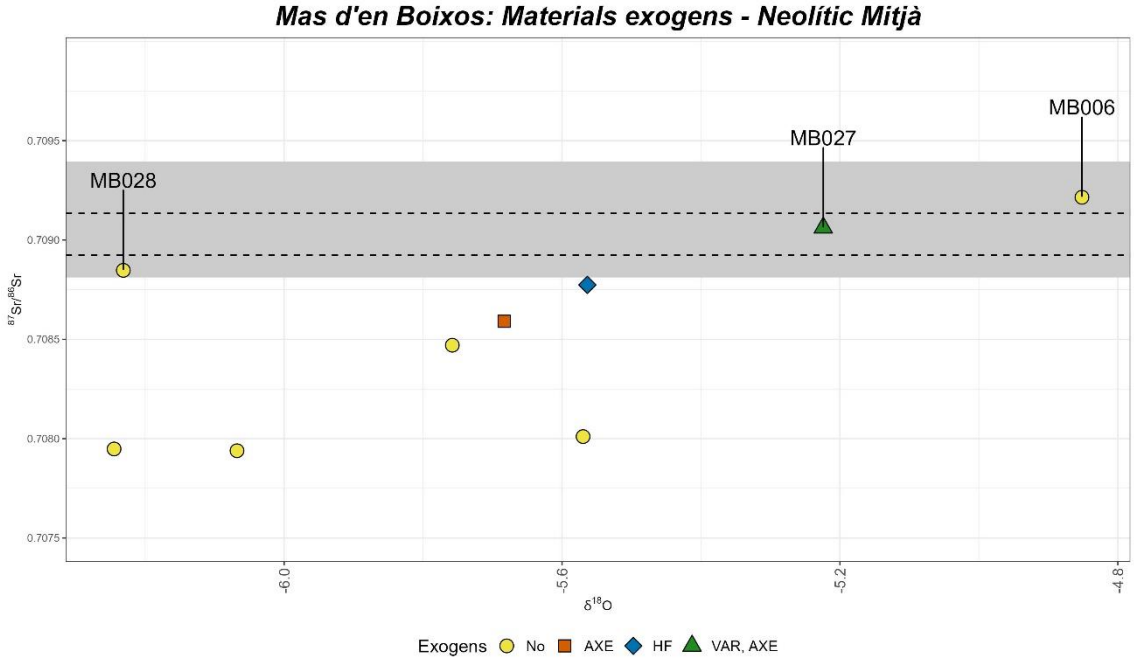


Figura 6.4. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans neolítics tenint en compte les variables de presència absència de materials exògens com aixovar associat al individu inhumat (Alliès, 2016; Duboscq, 2017; Masclans, 2017; Morell Rovira, 2019). La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. L'etiqueta del nom de l'individu està marcada en tant a la coincidència del valor isotòpic humà amb el rang mínim i màxim de l'estronci local.

A la Bòbila Madurell, al comparar les medianes d'estronci (amb una distribució no normal: W = 0,93736, p-value = 0,019) amb les variables arqueològiques només s'han trobat diferències significatives entre sectors d'enterrament (degut als valors de Can Gambús II). Comparant l'oxigen (amb una distribució normal: W = 0.9629, p-value = 0.2637) amb les mateixes variables (excepte "tipus

enterrament") veiem que tampoc sembla haver-hi diferències significatives (Taula 6.2).

Estronci (Kruskal-Wallis)				Oxigen (ANOVA)			
Grup	KW chi-squared	df	p-value	Grup	df	F	value Pr(>F)
Sectors	6,4831	2	0,0391	Sectors	2	0,8504	0,4364
Sexe	2,6072	2	0,2716	Sexe	2	2,3697	0,1092
Edat	1,4761	4	0,8309	Edat	3	1,4049	0,2593
Àrea	3,7024	3	0,2955	Àrea	3	0,5374	0,66
Mida	1,7003	2	0,4273	Mida	2	0,1952	0,8236
Tipus Estructura	8,0875	5	0,1515	Tipus Estructura	5	1,4727	0,228
Tipologia	6,6381	4	0,1563	Tipologia	4	1,7191	0,1709
Tipus enterrament	0,9061	2	0,6357	Tipus enterrament	NA	NA	NA

Taula 6.2. Resultats de les proves de Kruskal-Wallis i ANOVA aplicades a la comparació de l'estronci i l'oxigen amb les diferents variables antropològiques, socials i espacials del jaciment.

Alguns autors (Gibaja & Terradas, 2012; Masclans, 2019) suggereixen una possible especialització en l'àrea d'enterrament per sectors, assenyalant diferències entre les pràctiques econòmiques desenvolupades pels individus inhumats al sector de Can Gambús I al respecte del de la Bòbila Madurell, essent, al primer, més habitual trobar individus amb activitats de cacera, tala i descarnament i, en el segon, activitats de sega i processat de la pel. Es sap que l'ús dels sectors de Can Gambús i la Bòbila Madurell son coetanis, gràcies a la bateria de datacions realitzades en els darrers anys (Morell et al., 2016; Morell Rovira, 2019) per tant sembla coherent que aquesta especialització espacial sigui la raó per la qual es pot explicar que els valors menys radiogènics de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de Can Gambús II (0,70881 - 0,70956) siguin tan diferents als dels sectors de la Bòbila Madurell (0,7087 - 0,71235) i Can Gambús I (0,70905 - 0,71137), encara que, ara per ara, es desconeix la raó específicament per les activitats desenvolupades en aquest sector.

Pel que fa als materials i objectes exògens (Figura 6.5), es pot observar que la presència de sílex melat (HF) no sembla ser determinant per a la coincidència dels valors d'estronci dels individus amb els dels referencials locals. Aquesta coincidència sí que es dona quan apareixen destrals polides (AXE), variscita (VAR) i vasos ceràmics de boca quadrada (VBQ) juntament amb el sílex melat. És interessant notar que quan apareixen només les destrals amb la variscita, aquesta coincidència de valors no es veu, cosa que podria suggerir una mobilitat diferent per aquests individus. Pel que fa als casos en els que hi han associats sílex melat, variscita i ceràmica, per un costat, i de variscita i destrals polides per l'altre, només tenim un individu, fet que implica que aquests resultats podrien canviar amb una mostra més representativa. En el cas de les destrals polides, Masclans (2019) va observar que les peces de materials exògens es troben, exclusivament, en contextos funeraris. Alhora, peces de materials locals que es seleccionen per a contextos funeraris no apareixen en cap context domèstic. A. Masclans (2019) interpreta que es seleccionen certes litologies que, per raons mecàniques o estètiques, guarden similituds amb els materials exògens, amb una major inversió de feina en els artefactes destinats a contextos funeraris. És possible que aquesta tendència dels valors dels enterraments amb presència de sílex melat i destrals polides cap als valors dels referencials locals també es vegi en aquests artefactes amb característiques similars als materials exògens. En posteriors anàlisis, caldrà tenir en compte aquest factor per ratificar (o descartar) aquesta hipòtesi. Els individus que només presenten un aixovar compost per objectes de sílex melat son, majoritàriament, adults (76%) i es van trobar en estructures classificades com a fosses molt grans (19%), grans fosses (57%) i fosses petites (24%) (Allièse, 2016). A la Figura 6.5 (presència o absència de materials exògens com aixovar amb valors de $\delta^{18}O$) es pot veure com el patró es manté. Els individus amb només sílex melat tendeixen a tenir valors inferiors respecte al rang aportat pel referencial local. En canvi, els individus amb presència de sílex melat i destrals o variscita són els únics que són compatibles amb els valors d'Sr biodisponible de la geologia local. L'absència de materials exògens en l'aixovar mostra uns valors no coincidents amb el referencial de la zona (<2km del jaciment).

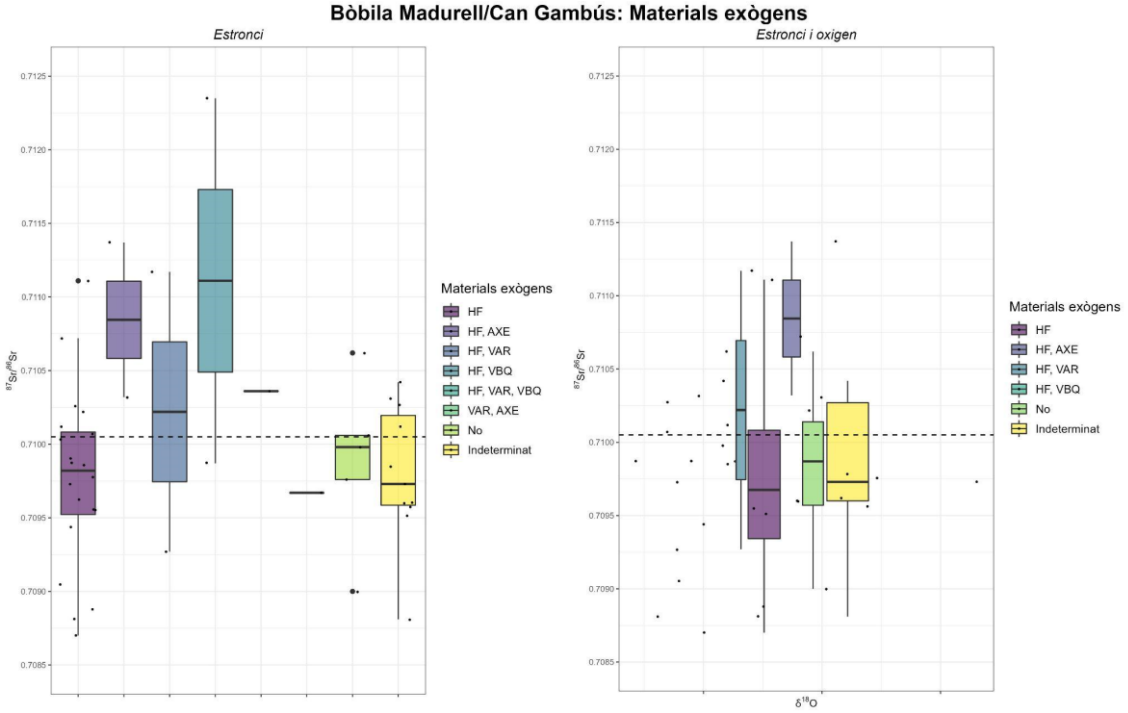


Figura 6.5. Boxplots que mostren la distribució de les mostres en tant als seus resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (esquerra) i de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ (dreta) tenint en compte les variables de presència absència de materials exògens com aixovar associat al individu inhumat (Duboscq, 2017; Masclans Latorre, 2017; Morell Rovira, 2019). La línia de punts marca el límit inferior dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres de vegetació i de sediment. Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos x i y.

En general, no hi ha estudis específics centrats en els elements exògens trobats als Sepulcres de Fossa que permetin establir hipòtesis sòlides tenint en compte els resultats aquí presentats. Una excepció són les destrals polides, estudiades per Masclans (2017, 2019), qui ha suggerit que les destrals serien un element lligat a una minoria social, adulta i masculina, a les necròpolis dels Sepulcres de Fossa. Segons Masclans (2019), es tracta d'un objecte amb una clara intencionalitat simbòlica, ja que als contextos domèstics es troben, majoritàriament, artefactes de materials locals, mentre que els materials exògens son escollits per formar part dels aixovars. Segons Gibaja i col·legues (Gibaja et al., 2017) la importació de sílex melat i variscita és anterior (aproximadament, sobre el 4000 cal ANE) a la de les destrals de materials exògens (sobre el 3900 cal ANE), però deixen d'arribar tots els materials sincrònicament (3700 cal ANE). En aquest sentit, Masclans (2019) proposa que les destrals polides fossin un element d'intercanvi puntual, en el marc d'un intercanvi regular en el qual participarien el sílex melat i la variscita. Aquesta hipòtesi podria explicar les

diferències en els resultats observats a la Figura 6.5, ja sigui per pràctiques diferenciades en el temps o per la manera com funcionaven les dinàmiques de l'intercanvi d'aquests materials, que encara es desconeixen.

Pel que fa a l'edat, a Mas d'en Boixos no s'observa cap tendència específica al respecte (Figura 5.7). Hi ha un gran nombre d'individus adults (concretament, 6 dels 9 individus), però una manca de la resta dels grups d'edat. En canvi, a la Bòbila Madurell si que es veu una tendència: els individus adults joves son els que tenen els valors més radiogènics i més compatibles amb els valors d'estronci biodisponible localment, a més d'una menor diversitat en els valors d'oxigen. El que crida més l'atenció és la coincidència de valors entre els individus adults joves i infantils, en contraposició als individus adults. Aquesta tendència, en la línia del que proposen diversos autors (entre d'altres: Gibaja et al., 2004, 2017; Masclans, 2017, 2019), podria suggerir una diferència en l'alimentació i/o els patrons de mobilitat (activitats econòmiques i socials). Aquesta hipòtesi seria coherent amb els resultats actuals sobre la dieta de la Bòbila Madurell/Can Gambús, on es detecten lleugeres diferències (però significatives) entre els individus masculins i femenins, així com un increment dels valors de $\delta^{15}N$ dels individus més joves cap als adults (Fontanals-Coll et al., 2015). De totes maneres, a l'analitzar l'estronci d'una dent es registra el moment de mineralització de la dent analitzada que, un cop finalitzat aquest procés de formació, deixa d'integrar estronci a l'estructura mineral de la dent. Això significa que, per exemple, a l'analitzar l'estronci d'un 3er molar només s'està registrant un període de la vida d'un individu que va des dels 8,5 als 15,5 anys (AlQahtani et al., 2010), pel que assumpcions sobre la relació entre la mobilitat i l'edat d'inhumació de l'individu s'han de tractar amb copte. En aquest cas en concret és bastant possible que s'estigui veient alguna diferència en la mobilitat per raons no relacionades amb l'edat d'inhumació.

En relació al sexe (Figura 5.8), en al cas de Mas d'en Boixos no es detecta cap diferència entre individus femenins i masculins pel que fa a la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$, però si que sembla haver-hi una relació entre el sexe i els resultats de $\delta^{18}O$. Tot i que les proves estadístiques no mostren diferències significatives, pel que no es pot descartar que sigui fruit de l'aleatorietat, s'observa que els individus femenins ($\delta^{18}O$ -5,22/-5,68) tenen una menor variabilitat en aquests valors que

els individus masculins ($\delta^{18}O$ -4,85/-6,24) el que suggereix una menor mobilitat en els individus femenins. Diversos estudis sobre ús d'artefactes depositats com aixovars a altres jaciments dels Sepulcres de Fossa, com la Bòbila Madurell/Can Gambús (Duboscq, 2017; Gibaja Bao, 2003; Masclans et al., 2019), han mostrat que els individus masculins tendeixen a inhumar-se acompanyats de materials lligats a activitats que requereixen una major mobilitat territorial, com és la cacera, la recol·lecció i processat de la fusta. Així com una major presència de materials i objectes exògens. Això ha portat els autors/es d'aquests estudis a suggerir que els individus masculins podrien haver participat de forma més activa en la recol·lecció de materials exògens. Els individus femenins solen aparèixer acompanyats de materials amb traces d'ús de tasques relacionades amb l'artesania i processos de fabricació que no requerien de mobilitat a llarga distància.

En el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús, també es pot percebre aquesta diferència (Figura 5.16, Figura 5.17). Els individus femenins tenen valors mitjans d'estronci més propers al rang referencial local i una dispersió en els valors d'oxigen molt menor que els individus masculins i indeterminats. En relació al sexe dels individus i al sector d'inhumació de la Bòbila, a la Figura 5.16 es pot veure que, per sectors, hi ha una circumstància lleugerament similar a la vista en el cas de Mas d'en Boixos (Figura 5.8), malgrat que al Penedès les diferències son més evidents. Si es desglossa per sectors, a la Bòbila Madurell/Can Gambús es veuen uns valors diferents entre els individus masculins i femenins, amb menys dispersió de valors que a Mas d'en Boixos. Aquesta situació pot explicar-se per les diferències entre sectors. Com ja s'ha mencionat, alguns autors (Gibaja & Terradas, 2012; Masclans et al., 2019) proposen una especialització d'activitats per sectors, donat que als enterraments del sector Bòbila Madurell hi ha una major presència d'activitats lligades a la sega i al treball de la pell, mentre que a Can Gambús predominen els enterraments amb eines de processat de la carn, eines d'os, artefactes sense ús i les puntes de projectil. Al observar aquest fenomen contemplant tota la necròpolis com un tot (Figura 5.17) es veu un patró bastant més semblant al vist al Penedès. Al Vallès hi ha diferències estadísticament significatives entre ambdós blocs, el que suggereix una diferent mobilitat entre sexes, situació que donaria suport a la hipòtesi, desenvolupada

més a dalt, que els individus masculins realitzarien tasques que semblen requerir una major mobilitat arreu del territori, al contrari que els individus femenins (Gibaja et al., 1997; Masclans et al., 2019, 2021).

Per tant, la diferència en la dispersió dels valors de $\delta^{18}O$ podria explicar-se per una divisió sexual del treball, ja que els individus masculins durien a terme tasques que implicarien una major mobilitat territorial. En canvi, els individus femenins realitzarien tasques artesanals i de fabricació que no requeririen desplaçaments (Duboscq, 2017; Gibaja Bao, 2003; Gibaja et al., 1997; Masclans et al., 2019). De totes maneres, aquesta variabilitat en els valors de $\delta^{18}O$ entre individus masculins i femenins també podria venir explicada per la configuració de les relacions de parentiu, com per exemple una situació de matrilocalitat (Bentley et al., 2012, 2021; Morell-Rovira et al., 2024; Rivollat, 2016). De totes maneres, en el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús cal tenir en compte les diferències que es veuen en la ràtio d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ per sexes i sectors (Figura 5.16) que indiquen similituds en els valors home/dona a cada sector, però diferent (no significativament) entre cadascun dels sectors, el que sembla reforçar la hipòtesi de les activitats diferenciades.

En aquest sentit, les activitats desenvolupades als assentaments semblen condicionar les diferències observades entre els diferents valors isotòpics, però com eren aquestes activitats al Neolític Mitjà del Vallès i del Penedès?

El Neolític Mitjà al Vallès-Penedès: La mobilitat i la gestió del territori

Al Neolític Mitjà, en el cas de la Bòbila Madurell hi ha un total de 57 d'estructures negatives sense restes humanes i 125 estructures d'enterrament (Masclans 2017). Les estructures domèstiques son, majoritàriament, fosses i sitges de magatzematge que, un cop amortitzades, son utilitzades com a fosses de rebuig, així com alguns forats de pal. Només s'han trobat aquestes estructures al sector de la Bòbila Madurell i les datacions realitzades (6) mostren una ocupació entre 3900-3600 cal ANE (Morell 2019). Els materials que conformen el registre arqueològic d'aquestes estructures consisteixen en fragments ceràmics, restes de fauna, eines d'os, restes de petxines i eines lítiques; essent els més majoritaris en el registre les restes de fauna, eines de molta i de sílex i fragments de ceràmica amb materials de producció local (Cubas et al., 2017; Morell Rovira,

2019). Les principals activitats desenvolupades a partir dels estudis de materials mostren la sega, recol·lecció i processat de cereals, processat de carn, treball de pell i treball de la fusta (Bravo et al., 2015; Gibaja et al., 2004; Gibaja & Terradas, 2012). Al respecte de la fauna, es practicava la ramaderia de bovins i de caprins i s'ha trobat evidència de caça, malgrat que amb molt poca presència al respecte de la resta d'activitats (Albizuri et al., 2019, 2021; A. Martín et al., 2016; P. Martín et al., 2019). Pel que fa a les restes botàniques, la majoria de restes (93%) son de cereals i s'ha observat una concentració de restes arqueobotàniques a dues estructures (G-15 i G-16) que s'han proposat com espais de magatzem (Antolín et al., 2015; Masclans, 2017; Plasencia Figueroa, 2016)Les anàlisis de paleodieta han mostrat una dieta basada en conreus de plantes C3 (que podrien ser blat i ordi) i amb una aportació de >30% de proteïnes animals (Fontanals, 2015; Fontanals-Coll et al., 2015).

Mas d'en Boixos, al Neolític Mitjà, té una proporció d'estructures inversa a la de la Bòbila Madurell, amb 8 estructures funeràries i 102 sense restes humanes al Neolític Mitjà (Masclans 2017). Igual que a la Bòbila Madurell, les estructures sense restes funeràries son sitges d'emmagatzematge amb materials de sílex, ceràmiques, petxines útils de molta i artefactes macrolítics de matèries primeres locals. A diferència de la Bòbila Madurell, es troben molt poques restes d'os (Masclans, 2017; Mestres et al., 1998; Pedro, 2012). S'han trobat diversos elements d'ornament personal de restes malacològiques d'origen marí (Oliva Poveda, 2015). En enterraments, s'han trobat molts pocs elements exògens, només una dena de variscita i una làmina de sílex melat, ambdues a l'E-88 i tres làmines de sílex melat a l'E-85 (Masclans 2017). Pel que fa a la fauna, la manca d'estudis específics complica el plantejament d'hipòtesis sòlides, però de les poques informacions publicades (Nadal Lorenzo et al., 1999) es sap que hi ha presència majoritària de bovins i caprins, en menor mesura de suids amb troballes testimonials de cànid i lagomorfs, així com activitats de processat de la pell i descarnament animal (Masclans, 2017). Al respecte de les restes arqueobotàniques, la presència d'objectes de molta i sitges d'emmagatzematge indica la probable presència de l'activitat, tot i que la manca d'estudis específics i d'ús d'artefactes fa impossible donar més informació al respecte. Sí que s'ha pogut demostrar la utilització d'artefactes lítics per al treball de fusta (Masclans

2017). En aquest mateix estudi també s'ha identificat una peça utilitzada per a treballar mineral, però no es té cap més informació al respecte.

Al Neolític Mitjà (Figura 6.3) es pot veure que, en els gràfics de densitat de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$, a la Bòbila Madurell, es veuen 3 concentracions diferents de valors d'individus (en realitat 4, però una és un únic individu) que fa pensar en 3 possibles àrees d'activitat (d'ara en endavant, AC) diferents, un AC 1 amb uns valors coincidents amb els de les àrees mostrejades (en torn a 0,7110), un altre (AC 2) amb unes ràtios isotòpiques a cavall entre el rang inferior dels referencials locals (0,7100, a on es troben la majoria d'individus) i un altre (AC 3) amb uns valors en torn a 0,7090. A Mas d'en Boixos, també al gràfic de densitat de $^{87}Sr/^{86}Sr$ es veu molta més homogeneïtat en els valors, amb només 2 acumulacions diferents. Una, majoritària en nombre d'individus, en torn a 0,7090 (sembla que similar a l'AC 3 de la Bòbila Madurell) i un altre, amb només 3 individus, a 0,7080 (AC 4).

Com s'ha vist al apartat anterior (6.1.), es proposen uns rangs específics per a cada període geològic mostrejat en aquest treball. Les possibles àrees d'activitat proposades a partir del gràfic de densitat en tant a aquests rangs proposats ens deixen les següents possibilitats:

AC	Període geològic	Jaciment
AC 1	Cambroordovicià, Carbonífer-Permià, Triàsic, Paleogen	Bòbila Madurell
AC 2	Triàsic o Paleogen	Bòbila Madurell
AC 3	Paleogen, Neogen o Quaternari	Bòbila Madurell i Mas d'en Boixos
AC 4	Paleogen, Neogen o Quaternari	Mas d'en Boixos

Taula 6.3. Estimacions de les possibles àrees d'activitat en tant als rangs proposats al apartat 6.1.

La metodologia associada a l'obtenció de dades sobre les ràtios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ no permet, actualment, determinar amb precisió l'origen geogràfic dels individus. Això es deu, en primer lloc, a la manca de mapes d'estronci tant a escala territorials com més generals. En segon lloc, a la dificultat de distingir unitats geològiques de períodes i litologies similars, excepte mitjançant informació arqueològica derivada d'altres evidències. Per aquest motiu, aquest estudi no te

per objectiu identificar la procedència dels individus, si no més aviat les possibles zones on aquestes comunitats haurien desenvolupat les seves principals activitats de subsistència, considerant els valors analitzats, els rangs establerts i la geologia de la zona.

A la Figura 6.6 es pot veure un mapa amb els períodes geològics propers a Mas d'en Boixos i la Bòbila Madurell. Ambdós jaciments estan situats a la Depressió Litoral, formada majoritàriament litologies del Quaternari i del Neogen, envoltades per les Serralades Litoral i Prelitoral. Pel que fa les unitats geològiques, en el cas de Mas d'en Boixos, són del Cambroordovicià, Triàsic, Cretaci i Paleogen, mentre que en el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús, són del Cambroordovicià, Carbonífer-Permià, Triàsic i Paleogen.

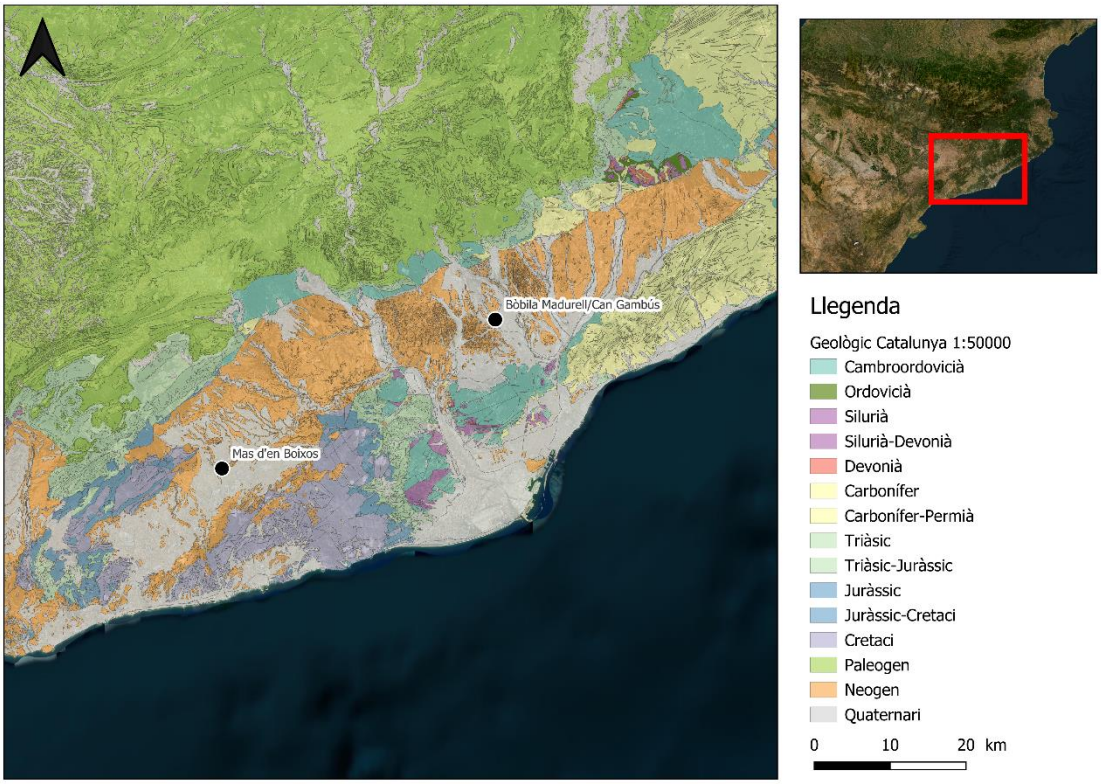


Figura 6.6. Localització Mas d'en Boixos i la Bòbila Madurell/Can Gambús amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa.

A partir de les dades aportades en aquest treball, es reforcen les diverses hipòtesis que situen la mobilitat al Neolític Mitjà de la zona de la costa central de Catalunya (Vallès-Penedès) com a principalment regional, amb una àrea de

captació de recursos propera. Això es reflecteix, en el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús, en la procedència de l'argila, la variscita, el sílex i alguns dels minerals utilitzats per a la fabricació d'elements macrolítics (Borrell & Bosch, 2012; Gibaja et al., 2018; Masclans, 2017; Quevedo et al., 2020), així com en el model agrícola del Neolític Mitjà de la regió estudiada. Aquest model és caracteritza per una agricultura intensiva de camps permanents (Antolín et al., 2015) combinada amb l'explotació dels recursos vegetals dels voltants dels jaciments (Antolín & Jacomet, 2015). Com es pot veure a la Taula 6.3, en el cas de la Bòbila Madurell les àrees geològiques coherents amb els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans podrien ser el Cambroordovicià, Carbonífer-Permià, Triàsic i Paleogen, així com una agrupació d'individus amb uns valors menys radiogènics, consistents amb els rangs proposats pel Paleogen, Neogen i Quaternari (Taula 6.1). Tenint en compte altres valors referencials locals recollits en aquesta tesi, els valors dels rangs referencials de Puig Castellar (sud-est de la Bòbila Madurell, 12km en línia recta), mostren uns rangs (0,7120-0,7148) molt més elevats que els dels humans de la Bòbila, el que descarta que, com a mínim, es desplacessin cap aquella àrea. La presència dels materials i objectes exògens en el jaciment i la seva relació amb els valors isotòpics porta a suggerir l'establiment de xarxes de distribució regionals d'aquests materials, sense individus desplaçant-se grans distàncies per aconseguir-los, donada la proximitat als valors referencials locals de tots els individus. Finalment, es veu una major mobilitat per individus masculins, que apunta a una divisió sexual del treball, vista a partir de les diferències entre els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$, que ja havia estat proposada en altres estudis (Duboscq, 2017; Gibaja Bao, 2003; Masclans et al., 2019) tot i que tampoc es pot descartar que aquestes diferències siguin derivades d'un intercanvi d'individus (matrilocalitat).

Mas d'en Boixos ha estat molt menys estudiat que la Bòbila Madurell/Can Gambús, el que dificulta molt més la seva interpretació dels resultats. Dit això, les diverses restes trobades apunten a un model d'explotació del territori i de mobilitat molt similar a l'observat al jaciment del Vallès. Com es pot veure a la Taula 6.3, en el cas de Mas d'en Boixos les àrees geològiques consistents amb els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans podrien ser períodes més recents que en el cas de la Bòbila Madurell, com serien el Paleogen, Neogen i Quaternari (Taula

6.1). Pel que fa a la xarxa de distribució regional de materials exògens, en altres treballs (Gibaja et al., 2018; Masclans, 2017, 2019) s'ha apuntat a una dissimetria en el repartiment d'aquests materials entre les comarques del Vallès i del Penedès durant el Neolític Mitjà, el que fa suggerir a aquests autors la poca importància que tindria el Penedès i Mas d'en Boixos en aquesta xarxa, que explicaria la poca presència de materials d'aquest tipus en aquest jaciment. Una de les hipòtesis de la divisió sexual del treball suggerida per Masclans (2017, 2019) era que els individus masculins es podrien estar encarregant del subministrament d'aquests materials a l'assentament de la Bòbila Madurell. En el cas de Mas d'en Boixos els individus masculins mostren una gran variabilitat en la mobilitat, igual que a la Bòbila Madurell, el que podria descartar aquesta raó com a motivació d'aquesta mobilitat. En aquest sentit, les diferències observades a la Bòbila Madurell en els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ en tant al sexe dels individus, a Mas d'en Boixos es veu més clarament que al jaciment del Vallès, tot i que la distribució de les activitats desenvolupades per individus masculins i femenins podria ser diferent, en tant a que s'han trobat individus femenins inhumats amb objectes de processat de la fusta (no recol·lecció) cosa que a la Bòbila no es veu (Masclans 2017).

El Bronze Inicial al Penedès: Discussió de les variables arqueològiques

El pas del Neolític cap al Bronze es caracteritza per la perpetuació d'un patró d'assentament molt similar al dels darrers moments del Neolític, amb assentaments dispersos pel territori amb acumulacions de sitges, forats de pal i fosses situats a prop de rius, terrasses fluvials i peus de muntanya, amb una modalitat d'unitats productives amb certa autonomia, situades a zones properes dels camps de conreu (Carlús et al., 2003; Francés, 2005; Marín Castro, 2018). Tenint en compte les similituds existents en el registre entre aquests dos períodes pel que fa al patró d'assentament i les activitats desenvolupades, es preveu que la mobilitat territorial d'aquestes societats també sigui relativament similar.

En el cas del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos, havent-se analitzat molts més individus que al període del Neolític Mitjà (23 individus repartits en 9 estructures d'enterrament), es pot veure una dinàmica similar a la explicada al Neolític.

Només 6 individus tenen valors coincidents amb els rangs referencials del sediment i la vegetació recollides en les rodalies del jaciment (<2km). Aquests individus provenen de les estructures E35 (MB008, MB030, MB031 i MB035), E105 (MB025) i E82 (MB026).

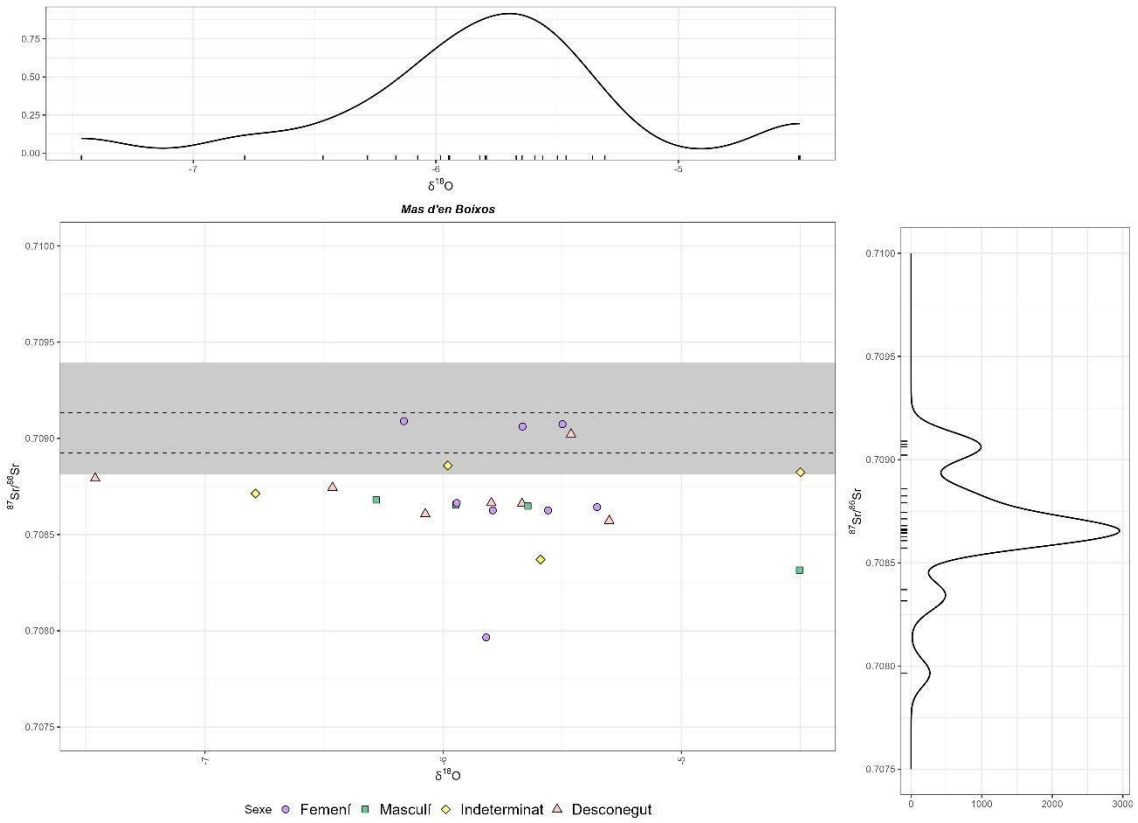


Figura 6.7. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ dels humans del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos, expressats en un gràfic de dispersió de punts i dos gràfics de densitat amb els resultats de $\delta^{18}O$ (a dalt) i de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (dreta).

En aquest període (Figura 6.7) es veu que, malgrat que hi ha molts individus dels que es desconeix el sexe, sembla mantenir-se el patró observat al neolític mitjà (Figura 5.8): els individus femenins es concentren molt més en torn a uns valors d'oxigen, mentre que els individus masculins es caracteritzen per estar més dispersos, el que es tradueix com a una ingesta de $\delta^{18}O$ d'origen diferent o més variada que la dels individus femenins. Malgrat que manquen més anàlisis al respecte de les activitats desenvolupades en aquest període, els artefactes trobats apunten a la presència d'activitats relacionades amb la metal·lúrgia (Soriano, 2013), indústria òssia (Farré et al., 2002) com a ornaments i processat

de la pell (Marín Castro, 2018), molta i sega (Bouso et al., 2004), producció tèxtil, ramaderia (principalment de bòvids i ovicàprids) i caça (avifauna i cèrvids) (Albizuri et al., 2011; Feliu Roca, 2013; Marín Castro, 2018; Orri, 2007). Tot i que la manca de aixovars a la majoria de les inhumacions no ens permet plantejar una relació entre aquestes activitats i individus masculins o femenins.

Marín (2018), estudiant l'ús de l'utillatge lític tallat, va veure que la principal activitat en la que s'aplicaven aquests artefactes era l'agricultura, essent altres activitats presents als usos de la lítica tallada (tractament de la pell, confecció d'objectes, processat de la carn o el treball de fusta) res o molt poc freqüents. És cert que l'ús d'aquests artefactes (la lítica tallada) podia ser complementari a altres elements (com macrolítica o metall) que sí es podrien haver fet servir per aquestes activitats, però tenint en compte el percentatge de troballes lligades a la producció agrícola (>50%) apunta a una possible explotació comunitària o descentralitzada (amb altres jaciments) de la resta de productes.

Pel que fa a les estructures, com es pot veure a la Figura 6.8 sembla haver-hi una tendència a que els individus infantils dels enterraments dobles (E105 i E82) tinguin uns valors coincidents amb els del sediment i la vegetació moderna, això, sumat al fet que tots els individus infantils semblen tenir valors molt propers als referencials locals, fa pensar que es movien per zones molt properes al jaciment. A la Figura 6.8 es pot veure com els enterraments individuals tenen uns valors d'oxigen més concentrats, però és probable que això es degui a que la majoria (4 de 6) son individus femenins, a més que els individus femenins de l'hipogeu tenen valors coherents amb els d'aquests individus. Segons els resultats de les proves estadístiques (ANOVA i Tukey) hi hauria diferències significatives entre els grups Hipogeu i Doble (diferència: -0,9993733, valor corregit de p = 0,0109130) en tant al $\delta^{18}O$ però no entre els enterraments individuals i els dobles (diferència: -0,7385338, p= 0,1106836) ni entre els individuals i l'hipogeu (diferència: 0,2608395, p= 0,5975300). En aquest sentit, a la Figura 6.8 es pot veure una distribució molt més concentrada en els valors d'oxigen en el cas dels enterraments individuals, essent aquestes estructures d'emmagatzematge reaprofitades com a enterrament, al contrari que els hipogeus, que son les úniques pensades originalment com a estructures funeràries (Bouso et al., 2004; Farré et al., 2002; Marín Castro, 2018). Aquesta dada sembla especialment

rellevant en tant a que, segons l'estudi antropològic, existeix una tendència majoritària (81,5% dels adults i només 6% dels infantils) a que els individus adults siguin inhumats en els hipogeus i els individus infantils i juvenils en les sitges reaprofitades (Alfonso et al., 2001; Subirà, 2005). Pel problema amb les etiquetes perdudes dels individus de l'E35, no es pot assegurar, però aquesta dada de l'informe antropològic fa pensar que, la majoria dels individus classificats com a edat "desconeguda" a l'hipogeu, serien adults (Figura 6.8). És possible, per tant, que aquesta diferència en la distribució tingui a veure amb unes pràctiques de mobilitat diferents en tant a l'edat dels individus, encara que també podria venir donada per una alimentació diferent. De totes maneres, com ja s'ha mencionat al apartat anterior, el valor isotòpic registrat a partir del mostreig de dents ve condicionat pel fet que s'observa un rang d'anys molt específic, pel que aquesta hipòtesi està supeditada a aquest factor.

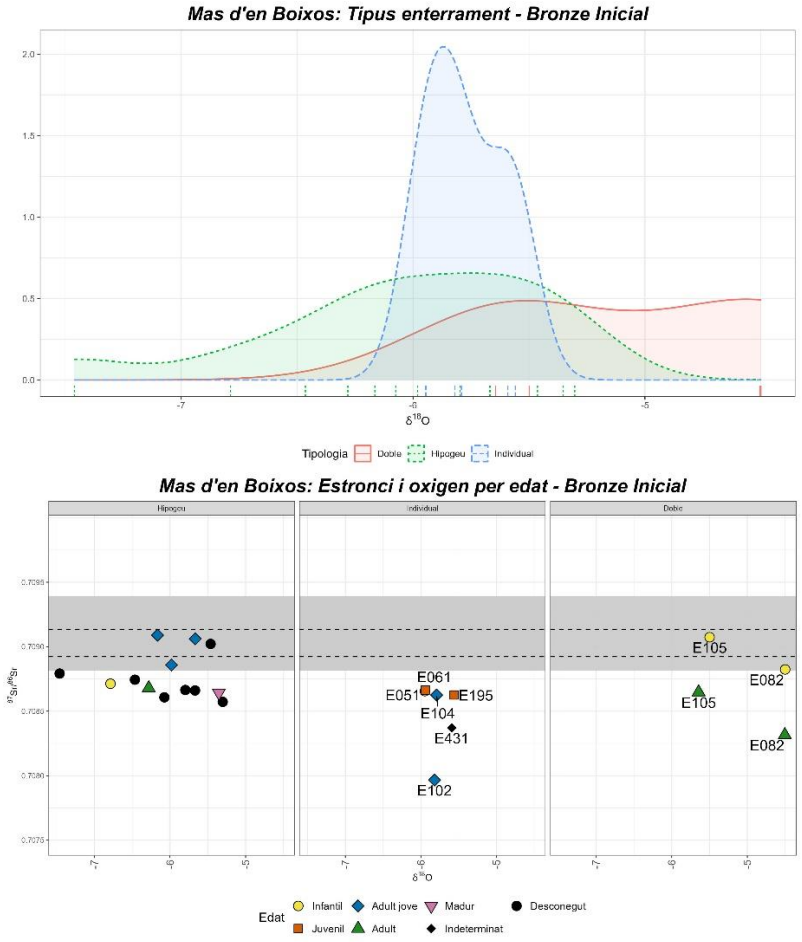


Figura 6.8. Figures que mostren (a dalt) un gràfic de densitat amb la distribució dels valors de $\delta^{18}O$ en tant a la tipologia d'enterrament dels humans de Mas d'en Boixos al Bronze Inicial i (a baix) els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte la determinació d'edat de l'individu analitzat.

L'hipogeu analitzat (E35) conté dos individus datats i els resultats (3350 ± 60/ 3095 ± 50) indiquen un període d'utilització de l'estructura mínim de 300 anys (Marín Castro, 2018). Per tant, els resultats isotòpics suggereixen una ocupació relativament àmplia, el que podria explicar la variabilitat dels valors ($\delta^{18}O$) que apareixen a la Figura 6.9 a l'E35. Pràcticament no hi ha aixovar en cap estructura, i en l'única en la que es pot relacionar amb l'inhumat (E61) no es constata cap diferència amb a resta de resultats dels individus.

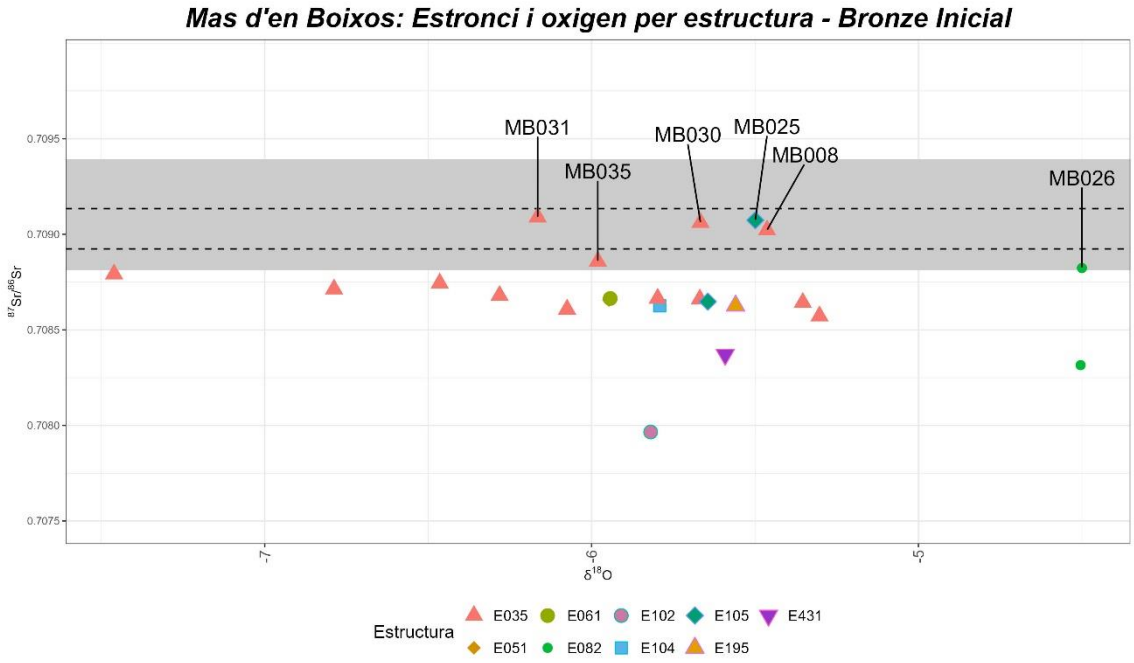


Figura 6.9. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte l'estructura a on es va trobar cada individu. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local.

El bronze inicial és, en general al NE de la península ibèrica, un període poc estudiat. El cas de Mas d'en Boixos és representatiu d'això. Hi ha pocs estudis específics realitzats sobre les troballes arqueològiques al jaciment, essent el període del bronze inicial més desconegut que el del neolític mitjà, que ha tingut més ressò.

El Bronze Inicial al Penedès: La mobilitat i la gestió del territori

Al Bronze Inicial de Mas d'en Boixos la majoria de les estructures (92 de 111 estructures) son sitges o fosses associades a funcions de magatzem de productes agrícoles i, un cop amortitzades, dipòsit de deixalles o com estructures

d'enterrament. Aquest tipus d'estructures concentren pràcticament tot el registre material del jaciment. S'han identificat diverses morfologies sense correlació directa amb la mida o el volum (Bouso et al., 2004; Farré et al., 2002; Feliu Roca, 2013). A Mas d'en Boixos no s'han identificat estructures de fons de cabana que sí apareixen en altres jaciments d'aquest període (Bouso et al., 2004). Possiblement degut a l'elevat nivell d'erosió del jaciment. La metal·lúrgia hi és en tant a dues petites troballes (Soriano, 2013) però l'absència de gresols suggereix una producció a molt petita escala (Marín Castro, 2018). Al Bronze Inicial, les datacions de l'hipogeu E35 (1800-1500 cal ANE) permeten inferir un poblament estable al llarg del temps del jaciment de Mas d'en Boixos, però la manca d'estructures interpretades com habitatges (a diferència d'altres jaciments del període, com Minferri o Can Roqueta) dificulta el categoritzar aquest poblament. En aquest sentit, Marín (2018) suggereix un poblament basat en estructures domèstiques (arrasades i per això la seva absència al registre d'excavació) envoltades per estructures negatives d'emmagatzematge, basant-se en la concentració de les estructures negatives als sectors 1997, 1998 i 2001 de Mas d'en Boixos i coherent amb les estructures de forats de pal trobats en aquest darrer sector (Feliu Roca, 2013). Proposa un sistema diversificat i descentralitzat a nivell regional per a l'adquisició de recursos lítics de talla i ha trobat relacions entre Mas d'en Boixos i l'explotació dels afloraments de sílex a Valldeperes (a la Conca de Barberà, 25km al NO del jaciment). Aquesta àrea està formada per substrats geològics del Paleogen, del Neogen i del Triàsic, essent els dos primers coherents amb els valors d'estronci que tenen alguns els individus del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos (Figura 6.10).

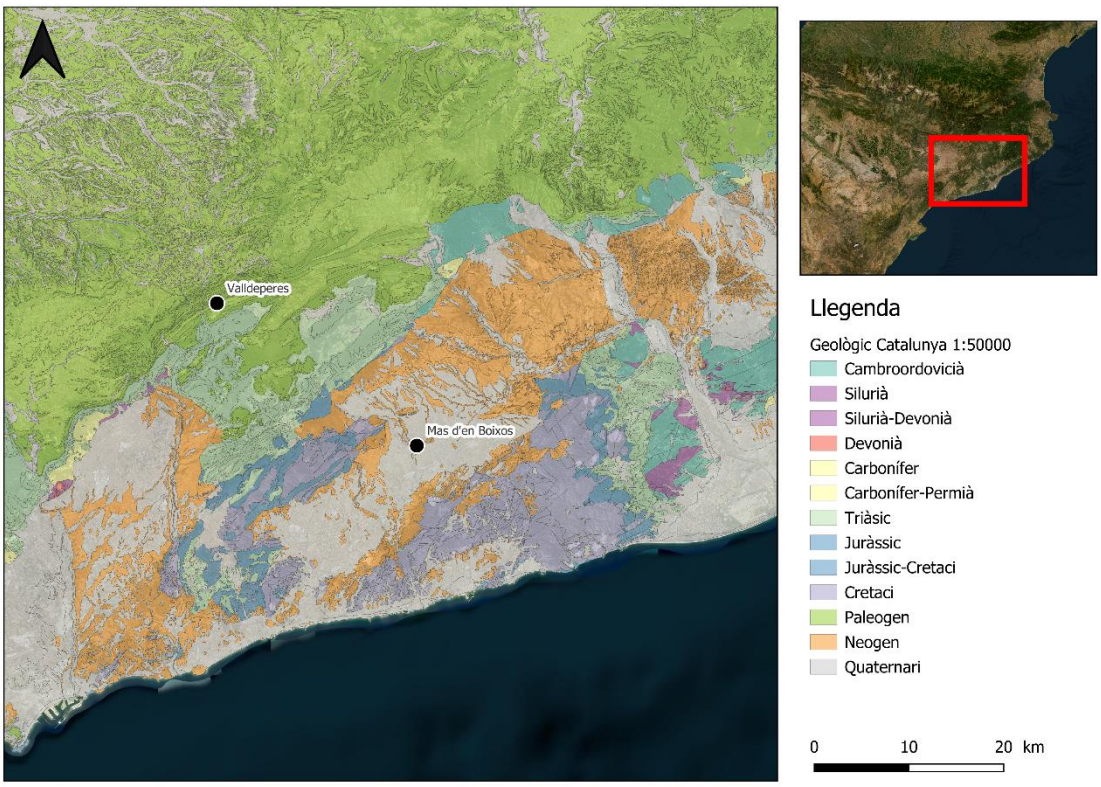


Figura 6.10. Localització de Mas d'en Boixos i Valldeperes amb els amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa.

A la figura (Figura 6.7) es pot veure que, en els gràfics de densitat de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ es veuen 2 grans acumulacions diferents de valors d'individus (es veuen 4, però 2 son només 3 individus i molt separats de la resta). La primera acumulació (origen 1) té uns valors coincidents amb els de les àrees mostrejades (una mica superiors a 0,7090) i l'altre (origen 2) té uns valors inferiors als referencials locals (entre 0,7087 i 0,7085). Aquests resultats son coincidents amb els rangs pels períodes Paleogen, Neogen i Quaternari.

Els resultats del Bronze Inicial, igual que al Neolític Mitjà, son coherents amb una mobilitat regional, en la línia del que apunten altres autors per Mas d'en Boixos (Marín Castro, 2018) i per aquest període (Albizuri et al., 2011; Bosch & Santacana, 2009; Bouso et al., 2004) amb recaptació de recursos relativament propers. Donada la manca d'estudis per Mas d'en Boixos, no es pot dir gaire sobre els models d'explotació ramadera i agrícola al període del Bronze Inicial, malgrat que pels usos dels artefactes i el registre trobat (Albizuri et al., 2021; Bouso et al., 2004; Farré et al., 2002; Feliu Roca, 2013; Mestres et al., 1998) a semblen ser similars als observats al Neolític Mitjà. Pel que fa a la divisió sexual

del treball vista als resultats del Neolític Mitjà de Mas d'en Boixos i de la Bòbila, malgrat no tenim aixovars que ens permetin establir diferències d'activitats entre individus femenins i masculins, vist que el patró isotòpic es similar al Bronze Inicial que en les pràctiques econòmiques desenvolupades no s'observa cap diferència ressenyable, sembla bastant probable que aquesta pràctica també s'hagi mantingut en aquest període.

La mobilitat territorial a la prehistòria recent al Vallès i al Penedès

Aquest estudi permet fer una sèrie d'observacions sobre els patrons de mobilitat observats en la prehistòria recent del Vallès i del Penedès. El primer que es constata és que, tot i que la mobilitat d'aquestes poblacions transcendeix els rangs referencials mostrejats entorn dels jaciments, les necròpolis de la Bòbila Madurell i de Mas d'en Boixos són, en ambdós períodes, llocs de referència pels enterraments. Això suggereix que actuessin com a llocs centrals (no necessàriament geogràfic) al voltant del qual girava la vida d'aquestes societats. Els valors isotòpics vistos als humans del Neolític Mitjà son consistents amb les unitats geològiques properes als jaciments de Mas d'en Boixos i de la Bòbila Madurell/Can Gambús i amb els models proposats des de l'arqueologia d'una explotació del territori propera a l'assentament. Els individus no semblen desplaçar-se distàncies gaire llunyanes, vist que no hi ha cap individu amb valors atípics, el que fa pensar que les xarxes de distribució dels materials i objectes exògens no devien requerir d'una mobilitat molt llunyana. Es practicava una explotació del territori proper a l'assentament amb diferències de mobilitat per sexe que es poden traduir en diferències en l'alimentació derivades de pràctiques diferents o bé d'una mobilitat més variada dels individus masculins. A Mas d'en Boixos, en aquest període, hi ha molta menys informació que a la Bòbila Madurell, però malgrat això, en els pocs aspectes estudiats es veu un patró molt similar al del jaciment del Vallès, amb una mobilitat diferenciada per sexes i uns rangs isotòpics consistents amb l'entorn directe del jaciment.

En general, tant al Neolític Mitjà com al Bronze Inicial es veuen uns patrons de mobilitat bastant similars, amb diferències territorials marcades entre el Vallès i el Penedès, manifestant-se en aquesta darrera zona un model molt similar al de la Bòbila Madurell/Can Gambús però a menor escala en alguns aspectes com

l'explotació de recursos lítics locals. Aquest fet es torna especialment rellevant en el moment en el que es comparen els valors dels humans de Mas d'en Boixos del Neolític Mitjà i els del Bronze inicial (Figura 6.11) a on es veu que no hi ha pràcticament diferències en les ràtios d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ entre el Neolític i el Bronze a Mas d'en Boixos i menys encara pel que fa al $\delta^{18}O$.

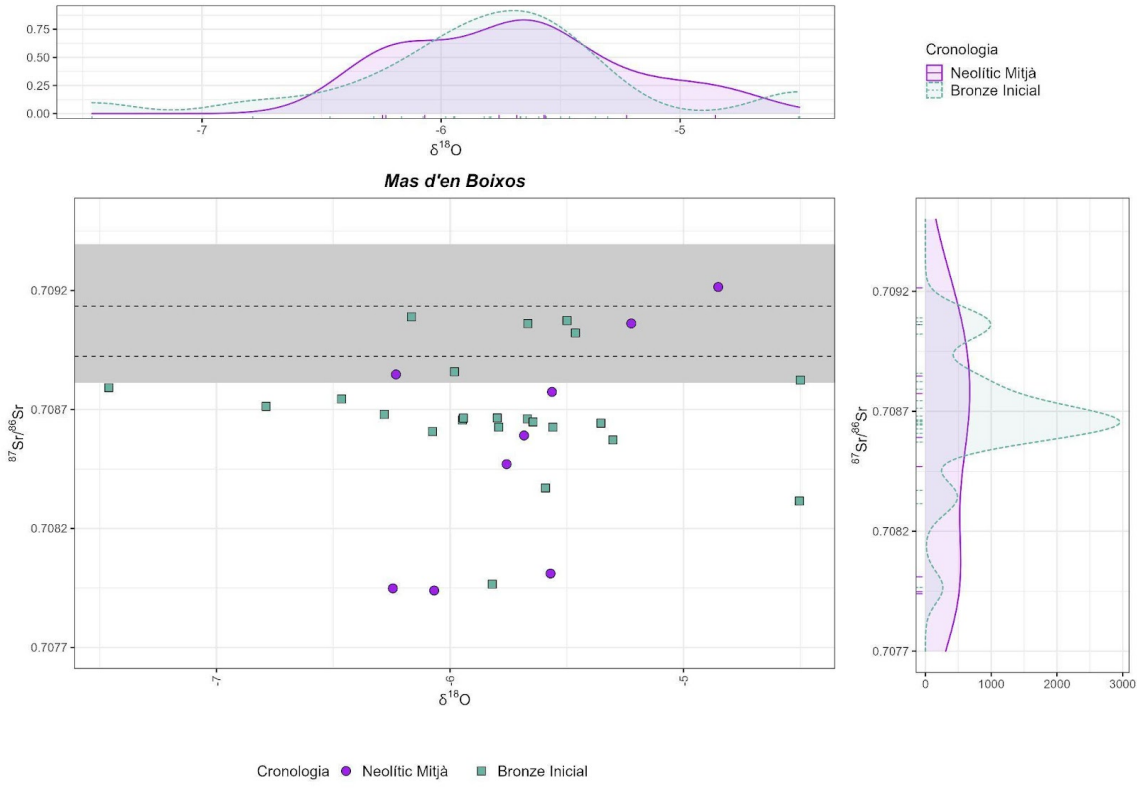


Figura 6.11. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ dels humans del Neolític Mitjà i del Bronze Inicial a Mas d'en Boixos, expressats en un gràfic de dispersió de punts i dos gràfics de densitat amb els resultats de $\delta^{18}O$ (a dalt) i de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (dreta).

Al Bronze Inicial es manté un model molt similar al del Neolític Mitjà, amb una mobilitat més reduïda que al període anterior, però, probablement, amb unes àrees de recaptació de recursos i matèries primeres molt similars a les del Neolític. Aquests resultats son coherents amb els estudis que apunten a que el poblament al Bronze del NE està representat per petits assentaments dispersos, descentralitzats, formats per petites comunitats interrelacionades, probablement amb certa autonomia (Francés, 2005; Marín Castro, 2018; Nieto-Espinet et al., 2021).

Els mostrejos presentats en aquest treball s'han realitzat en l'àrea més adjacent del jaciment, en el cas de Mas d'en Boixos i en un àrea molt més ampla en el cas de la Bòbila Madurell/Can Gambús. La zona de la Bòbila Madurell/Can Gambús és un àrea profundament antropitzada i una de les més densament poblades de l'àrea metropolitana de Barcelona. Com ja s'ha explicat, les activitats industrials, agrícoles i humanes modernes (fertilitzants, aportació de terres foranies per la construcció, abocaments químics, etc.) modifiquen el rati isotòpic de l'estronci i això pot generar biaixos de cara a l'anàlisi i comparació de mostres humanes o animals antigues.

En situacions com aquestes, un alternativa resolutiva si no es poden ampliar els sondejos o si l'àrea no te possibilitat real de ser mostrejada és la d'analitzar només les restes arqueològiques (fauna, llavors, sediment, humans, etc.) i realitzar els rangs referencials de localitat mitjançant aquests valors. Òbviament, la possibilitat de realitzar aquests anàlisis en material arqueològic no sempre és possible. Un exemple d'això seria l'article del qual s'han agafat les dades isotòpiques humanes de la Bòbila Madurell/Can Gambús del Neolític Mitjà (Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021) en el que s'agafen els valors isotòpics dels humans i es va calcular el rang de localitat a 2σ (dues desviacions estàndard) i tots els individus que no estiguin dins d'aquest 95,4% son considerats no locals. En aquest cas, l'elecció d'aquesta metodologia obeïa a una impossibilitat en la realització d'un mostreig ambiental, donada les limitacions del mètode en el moment de mostreig dels individus humans. Malgrat això, aquest mètode ha estat utilitzat en molts casos en els que es vol combinar les dades de les dents humanes amb els valors de referencial local, sobretot pensant en clau que els humans es molt probable que puguin tenir consum d'aliment no local (p.e. Slovak et al., 2009; Wright, 2005) però és un mètode amb problemes derivats de que moltes vegades la utilització de valors mitjans per definir una població tendeix a assumir unes tendències majoritàries i, socialment, no necessàriament té per què ser així. Per pal·liar això, un coneixement clar, que provingui d'excavacions arqueològiques, de les pràctiques socials de les poblacions objecte d'estudi és clau (Grimstead et al., 2017).

Malgrat la problemàtica dels mostrejos referencials, aquestes dades aquí presentades permeten suggerir diferències en clau de l'alimentació i/o les

pràctiques de mobilitat en clau de sexe, vista la diferenciació en els patrons de mobilitat entre individus masculins i femenins, essent també coherent amb els treballs previs que s'han fet amb l'aixovar dels individus. Aquestes observacions coincideixen amb les proposades per altres autors (Fontanals-Coll et al., 2015; Gibaja et al., 1997, 2004, 2017; Gibaja & Terradas, 2012; Masclans et al., 2019, 2021) i son coherents amb al geologia del territori.

En aquest sentit, realitzar mostrejos més amplis (Gillings et al., 2020; Maurer et al., 2012), tenint en compte la informació arqueològica existent per prioritzar zones interessants, ajudarà a maximitzar el territori analitzat i, per tant, a ampliar les propostes d'àrees d'activitats que es s'han discutit en aquest apartat.

6.2.2. Territorialització i mobilitat durant l'Edat del Ferro: Una aproximació a través de l'anàlisi isotòpic dels caps tallats de Puig Castellar (Barcelona) i Ullastret (Girona)

Entre el segle VI i el segle I ane les societats al NE de la Península Ibèrica s'evidencia un procés de intensificació dels models agrícoles i ramaders que afavoreixen una acumulació de excedents un predomini de l'economia de intercanvi de productes, afavorint l'hegemonia del model de jerarquies de cabdillatges (López Cachero & Pons, 2008; Pons, 2003b, 2003a). El principal tipus d'organització territorial que ens trobem en aquestes societats s'estructura al voltant d'alguns centres que ostentarien el poder i que organitzen l'assentament, en detriment d'altres dedicats a activitats de caire productiu o a l'explotació de certs recursos específics i als assentaments especialitzats en el control territorial (Asensio Vilaró et al., 2001, 2002; Ferrer & Rigo, 2003; Sanmartí, 1992).

Degut a la problemàtica, ja mencionada, amb la mancança de registre funerari iber, en aquest treball s'ha analitzat la mobilitat humana d'aquest període mitjançant l'excepcional registre dels caps tallats o enclavats ibers. Històricament, aquests cranis s'han interpretat com relíquies d'ancestres venerats o bé com un trofeu de guerra d'enemics d'altres comunitats (Agustí et al., 2015; Agustí & Martín, 2006; Campillo & Agustí, 2005; De Prado & Rovira Hortalà, 2015; Subirà & Rovira Hortalà, 2019). En aquest apartat es discutiran els patrons de mobilitat d'aquestes societats i si els resultats isotòpics son consistents amb aquestes hipòtesis.

Mobilitat i gestió del territori a Puig Castellar

A Puig Castellar es van analitzar 4 individus humans classificats com a 3 masculins i un indeterminat. L'individu més jove (PC_HU1) mostra valors isotòpics més elevats que la resta d'individus (Taula 5.7). Els cranis van ser localitzats a prop de la cara interior del mur, just al costat de la porta principal de l'assentament (Figura 4.20). Puig Castellar era un centre de control territorial (Asensio Vilaró et al., 1998; Asensio-Vilaró, 2019; Clavell et al., 2008; De la Pinta Rodríguez & Río-Miranda Alcón, 1981; Ferrer & Rigo, 2003) i s'han trobat

evidències d'altres activitats com la producció agrícola i el processat d'aliment (Belarte, 2008; Ferrer & Rigo, 2003).

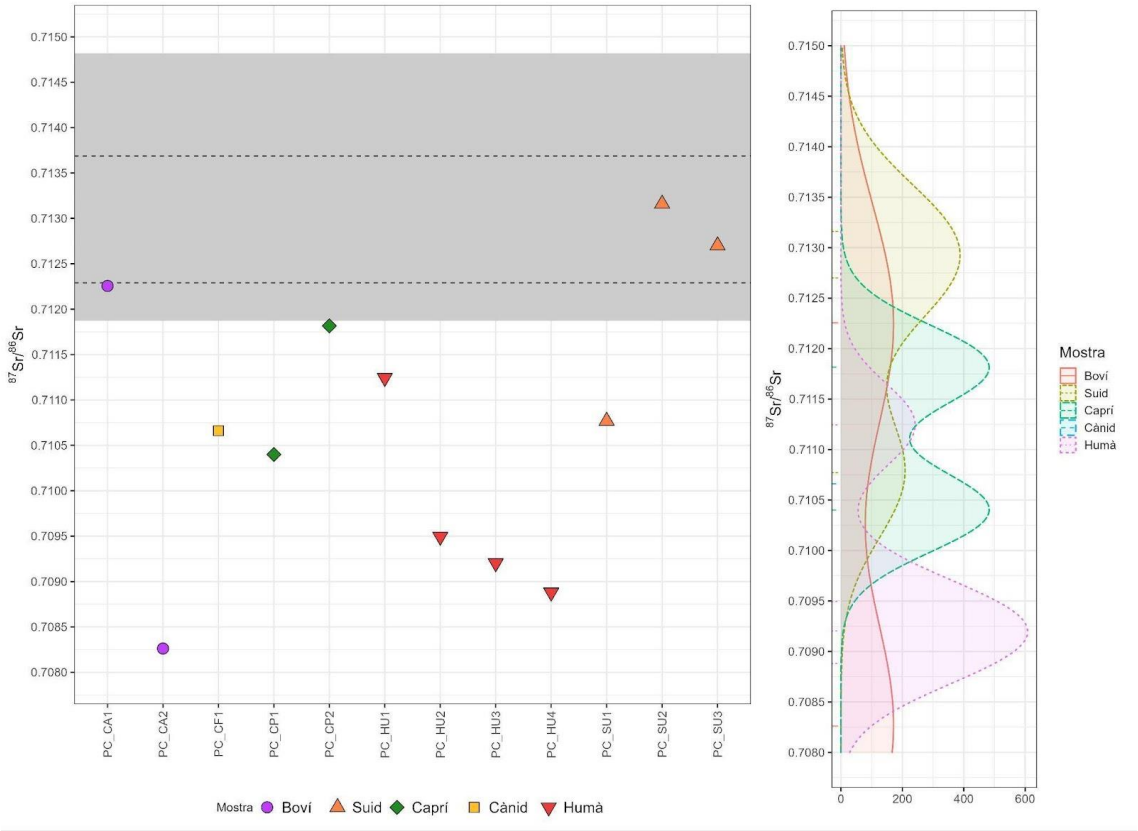


Figura 6.12. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans i de la fauna de Puig Castellar, expressats en un gràfic de dispersió de punts (esquerra) i un gràfic de densitat amb els resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per espècie (dreta).

En els resultats, la coincidència entre els valors isotòpics de la fauna i els dels humans és més forta (Figura 5.19, Figura 5.20), donat que PC_HU1 entra al rang mínim i màxim de l'estronci de les mostres de sediment, vegetació i de cortical d'ossos de caprí. Als dendrogrames (Figura 5.22) es pot observar com PC_HU1 estaria en el mateix grup (amb uns resultats d'estronci semblants) amb alguns animals (PC_CF1, PC_SU1 i PC_CP1), al contrari que la resta d'humans que només són pròxims a PC_CA2 (bòvid). Aquest resultats suggereixen que podria tenir una procedència similar o, com a mínim, una alimentació procedent d'una zona propera. Els resultats isotòpics de la fauna de Puig Castellar no coincideixen, majoritàriament, amb els rangs referencials locals del jaciment (0,7119 – 0,7148). En canvi, si es miren els rangs per espècie (Taula 6.4) es veu que els bovins tenen un rang molt més ampli que la resta d'espècies (Figura 6.12), i que els suids, caprins i el cànid tenen valors similars als dels humans

(sobretot PC_HU1). Per altra banda, també s'observa com dos dels suids (PC_SU2 i PC_SU3) son compatibles amb els valors d'estronci biodisponible de les rodalies del jaciment (<2km).

Espècie	Rang Sr
Boví	0,7083 - 0,7123
Cànid	0,7107
Caprí	0,7104 - 0,7118
Suid	0,7108 - 0,7132
Referencial	0,7119 – 0,7148

Taula 6.4. Rangs resultats estronci fauna de Puig Castellar.

Es creu que el processament dels animals es feia dins de la pròpia comunitat. La determinació de l'edat dels bovins com a "adults-senils" (Nadal Lorenzo & Estrada Martín, 2003) suggereix una explotació més orientada a l'aprofitament dels seus productes en vida, es a dir, a una explotació lletera o, més probablement, per la seva utilització com animals de tir. La resta d'animals son un individu senil (cànid), adults (suids) i majors de 2 anys (en el cas dels caprins).

Malgrat el baix nombre de restes carpològiques registrades a Puig Castellar, l'activitat agrícola al jaciment queda evidenciada a partir de la troballa de diverses eines agrícoles de ferro (Asensio Vilaró et al., 1998; Asensio-Vilaró, 2019; Belarte, 2008; De la Pinta Rodríguez & Río-Miranda Alcón, 1981; Ferrer & Rigo, 2003). La jerarquia d'assentaments ibera contempla l'existència de poblats principalment productors que és subministraven de matèries primeres i aliments als jaciments que, com Puig Castellar, no es trobessin en àrees principalment agràries (Belarte, 2008; Sanmartí, 2003). Aquestes poblacions solen trobar-se a les àrees més baixes d'aquesta zona, com seria el cas de Can Calvet (Santa Coloma de Gramenet) (Asensio Vilaró et al., 1998, 2001) pel que és possible que l'activitat agrícola de Puig Castellar es desenvolupés, principalment, a les terres situades al peu del turó.

Al dendrograma de Puig Castellar (Figura 5.22) es veuen 3 concentracions de valors entre les mostres que també es poden veure al gràfic de densitat de la Figura 6.12. Seguint la nomenclatura utilitzada a l'apartat 6.2.1, s'anomenaran AC (àrees d'activitat). L'AC 1, que inclou els suids PC_SU3 i PC_SU2, el caprí

PC_CP2 i el boví PC_CA1, té uns valors en torn a 0,7125. L'AC 2 inclou l'humà PC_HU1, el caprí PC_CP1, el suid PC_SU1 i el gos PC_CF1 i té uns valors en torn a 0,7108. L'AC 3 son els humans PC_HU3, PC_HU2 i PC_HU4 i el boví PC_CA2, amb uns valors en torn a 0,7090. Igual que a l'apartat anterior, comparar els valors dels individus amb els proposats pels períodes geològics mostrejats permet fer estimacions de mobilitat. A la Taula 6.5 es poden veure els rangs de cada AC amb el període geològic corresponent.

AC	Període geològic
AC 1	Cambroordovicià, Carbonífer-Permià, Paleogen
AC 2	Triàsic, Paleogen
AC 3	Paleogen, Neogen, Quaternari

Taula 6.5. Estimacions de les possibles àrees d'activitat en tant als rangs proposats al apartat 6.1.

Com ja s'ha explicat, actualment les ràtios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ no permeten, determinar amb precisió els orígens dels individus. De totes maneres, els rangs de valors obtinguts permeten l proposar quines són les àrees properes al jaciment de Puig Castellar que permeten explicar aquests valors isotòpics.

A la Figura 6.13 es pot veure un mapa amb l'àrea que envolta a Puig Castellar i els períodes geològics de cada unitat geològica. El jaciment es situa a la Serralada Litoral, amb litologies del Cambroordovicià i del Triàsic, i formacions del Carbonífer-Permià a la Serra de Collserola, amb una predominança de litologies del Quaternari a la depressió de Barcelona i del Neogen a la Serralada Prelitoral.

Les comparacions entre els rangs dels individus analitzats i la geologia regional que envolta a Puig Castellar no ha aportat resultats concloents que permetin interferir les àrees d'activitat o de procedència dels recursos que alimentarien al poblat. Tot i així, totes les àrees d'activitat derivades dels resultats dels humans tenen valors mitjans coherents amb la geologia propera a Puig Castellar (Taula 6.5).

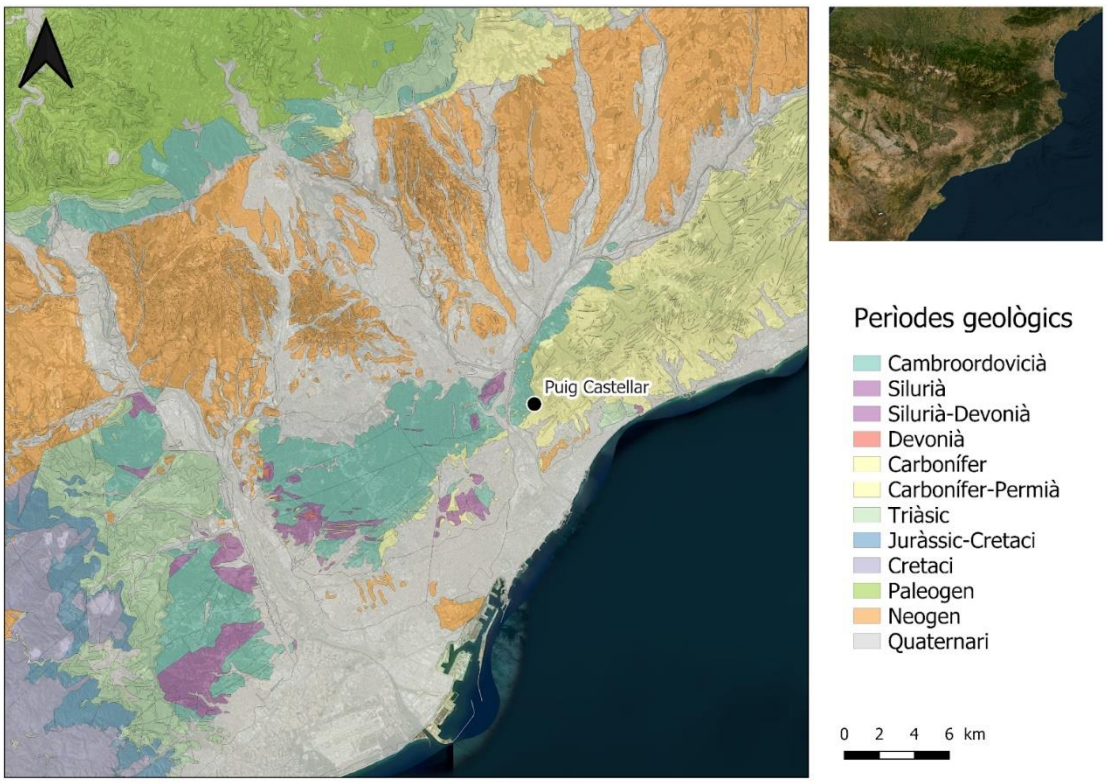


Figura 6.13. Localització de Puig Castellar amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa.

Com ja s'ha anat mencionant, Puig Castellar era un assentament de 3er ordre ibèric essent la seva principal activitat la de control del territori, el que no treu que es desenvolupessin altres activitats, com l'agrícola, donat que s'han identificat troballes que demostren l'existència d'altres pràctiques com l'agricultura o el processat d'aliments (Asensio-Vilaró, 2019; Belarte, 2008, 2013; Ferrer & Rigo, 2003; Iáñez & Martínez, 1991; Sanmartí, 2003; Zamora Moreno et al., 2001). En aquest sentit, sembla probable que es desenvolupessin activitats econòmiques com agricultura i ramaderia a les zones baixes del turó, com sembla suggerir la concordança entre les dades isotòpiques i les estimacions a les àrees geològiques del voltant del poblat.

Tot apunta a que probablement l'humà PC_HU1 seria originari de Puig Castellar o una zona propera als llocs d'explotació dels caprins i els suids. Pel que fa a la resta d'humans (PC_HU2, PC_HU3 i PC_HU4) provindrien d'una zona diferent, similar geològicament a la del boví PC_CA2. De totes maneres, no es pot ignorar el fet que, actualment, manca molta informació sobre les formes que adoptava el

teixit productiu d'aquesta zona i com es configurava la xarxa d'assentaments rurals que, es creu, hi hauria per la zona i que suplirien a Puig Castellar.

Mobilitat i gestió del territori a Ullastret

Pel que fa a Ullastret, s'han analitzat dos individus masculins entre 20 i 30 anys (ULL_HU1 i ULL_HU2) i un individu de sexe indeterminat i d'edat entre 17 i 25 anys (ULL_HU3) que, com es pot veure a la Figura 5.23 i a la Taula 5.11, presenten uns valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ molt similars als de la fauna arqueològica (exceptuant un suid, ULL_SU1, i un caprí, ULL_CP3). En el cas dels resultats de $\delta^{18}O$ (Figura 5.25) es poden constatar diferències entre la fauna i els humans, suggerint una possible diferència en el consum d'aigua, ja que es veuen als humans lleugerament separats dels bovins i els suids (excepte ULL_SU2) i els caprins amb els valors més baixos de la taula. A la Figura 5.27 es pot observar com s'agrupen aquests valors i com canvien depenent de si es valora l'oxigen o no. Com ja s'ha exposat al capítol de resultats (vegeu capítol 5.4), si es comparen aquests resultats amb els dels valors d'estronci del sediment i la vegetació (Figura 6.14) es veu que la fauna té valors d'estronci molt similars als dels humans (amb dues agrupacions diferents, com es pot veure a la Figura 5.27) i que la majoria d'individus té valors molt similars als referencials locals (0,7089 – 0,7102). Al contrari que a Puig Castellar, es veu que els bovins tenen molta menys variabilitat de valors que els suids i els caprins (encara que estadísticament no hi ha diferències entre les espècies). Això fa que, a l'afegir els valors dels caprins als valors referencials locals, s'ampliï molt el rang (Figura 5.24).

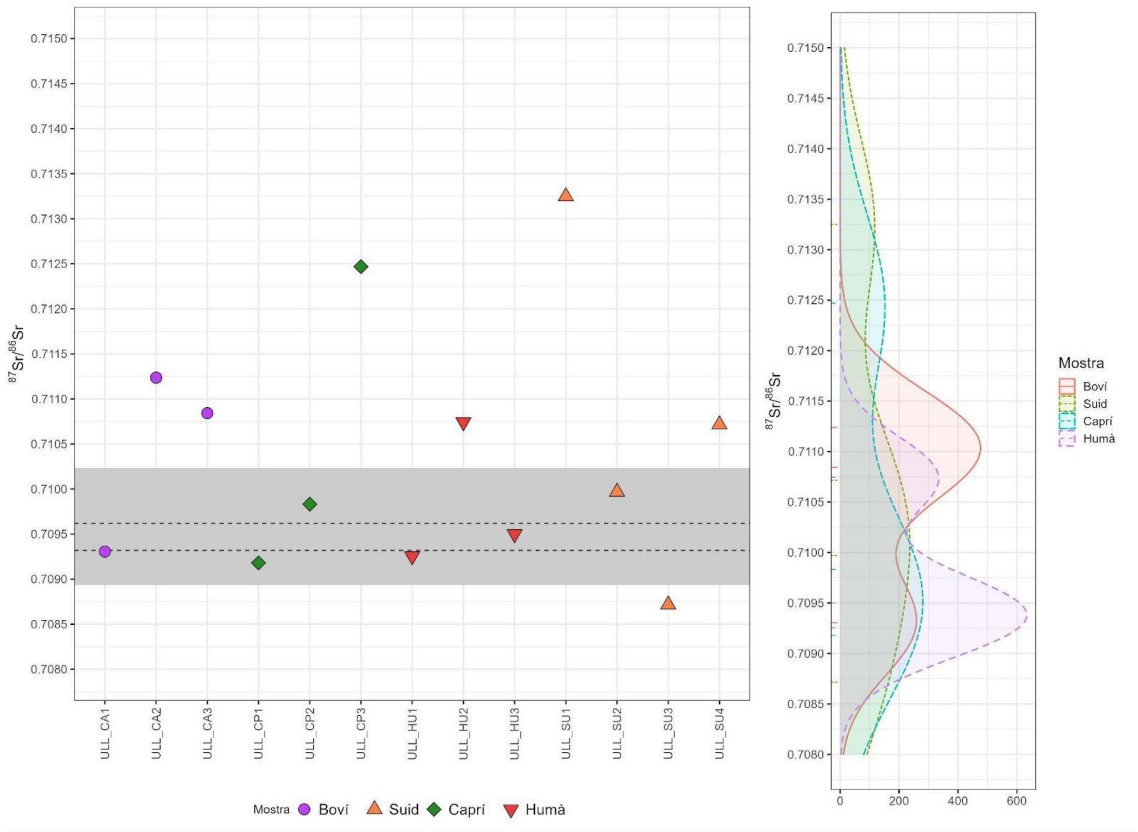


Figura 6.14. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans i de la fauna de Ullastret, expressats en un gràfic de dispersió de punts (esquerra) i un gràfic de densitat amb els resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per espècie (dreta).

Ullastret és un assentament de característiques urbanes. Més enllà del debat sobre si funcionaria com a capital indigeta (Codina et al., 2019), és un nucli envoltat d'una xarxa d'assentaments que funcionarien, probablement, com a productors (Asensio-Vilaró, 2019; Nieto-Espinet et al., 2021; Plana Mallart & Martín Ortega, 2003, 2012). En aquesta àrea, del s. IV ane cap endavant, va començar un procés d'expansió agrícola, visible en gran manera a causa de l'aparició de restes vegetals lligades al cultiu de cereals (Burjachs et al., 2005; Burjachs & Schulte, 2003). Aquesta intensificació és també visible a la documentació de pastures al territori periurbà d'Ullastret (Buxó i Capdevila, 1992, 2010; Plana Mallart & Martín Ortega, 2012). Les concentracions de camps de sitges a l'àrea més propera de l'assentament suggereix que les zones productives estarien per les proximitats, malgrat que no hi ha cap estudi que hagi aportat més informació al respecte (Plana Mallart & Martín Ortega, 2012; Sanmartí, 2003). És possible que en períodes posteriors de l'ocupació d'Ullastret les zones agrícoles estiguessin localitzades entorn dels jaciments de Garriga

Grossa i Creu de l'Estany, a on s'han identificat estructures d'hàbitat disperses, molt probablement lligades a la producció agrícola (Asensio-Vilaró, 2019; Plana Mallart & Martín Ortega, 2012). Aquests assentaments es troben a una distància d'uns 1,5 km del Puig de Sant Andreu, per la qual cosa han entrat dins de l'àrea mostrejada.

Donat el gran territori que, es creu, controlava Ullastret (Martín i Ortega & Plana i Mallart, 2001; Plana Mallart & Martín Ortega, 2003, 2012), els resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ apunten a un escenari molt diferent al de Puig Castellar. La poca diferència de valors observada en la fauna (exceptuant ULL_SU1 i ULL_CP3) i que sigui coherent amb els resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans (es veu perfectament a la 3era gràfica dels dendrogrames a la Figura 5.27) fa pensar en un control ampli de territori que permet una explotació de recursos relativament propera, malgrat que a diverses àrees geològicament diferents. En el cas de ULL_SU1 i ULL_CP3 es podria pensar que son individus amb una mobilitat o un origen diferents, tot i que la coherència d'aquests individus amb les tendències per espècie dels valors de $\delta^{18}O$ (Figura 5.25) fa pensar que potser la seva mobilitat no sigui tan diferent.

Igual que en el cas de Puig Castellar, si s'agafen les agrupacions de valors d'estronci del dendrograma de Ullastret (Figura 5.27) es poden proposar 3 àrees d'activitat (AC). La primera gran concentració de individus (AC 1) està conformada pels humans ULL_HU1 i ULL_HU3, el boví ULL_CA1, els caprins ULL_CP1 i ULL_CP2 i els suids ULL_SU2 i ULL_SU3 amb uns valors mitjans de 0,7094. L'AC2 estaria format pel darrer humà (ULL_HU2), pel suid ULL_SU4 i els dos bovins ULL_CA2 i ULL_CA3, amb uns valors al voltant de 0,7109. Finalment, la darrera agrupació (AC 3) la formarien el ULL_SU1 i el ULL_CP3 i els seus valors mitjans son 0,7129.

AC	Període geològic
AC 1	Paleogen, Quaternari
AC 2	Triàsic, Paleogen
AC 3	Cambroordovicià, Carbonífer-Permià, Paleogen

Taula 6.6. Estimacions de les possibles àrees d'activitat en tant als rangs proposats al apartat 6.1.

A la Figura 6.15 es poden consultar els períodes de les unitats geològiques properes al jaciment d'Ullastret. Allà es pot veure una gran homogeneïtat geològica en torn al jaciment, que es troba a la Plana de l'Empordà, formada majoritàriament per materials Quaternaris, del Paleogen i del Neogen, amb algunes formacions del Cretaci, del Cambroordovicià i de l'Ordovicià. Com es pot veure a la Taula 6.6, tots els AC proposats en tant als valors dels humans i de la fauna son consistents amb els rangs dels períodes que envolten al jaciment.

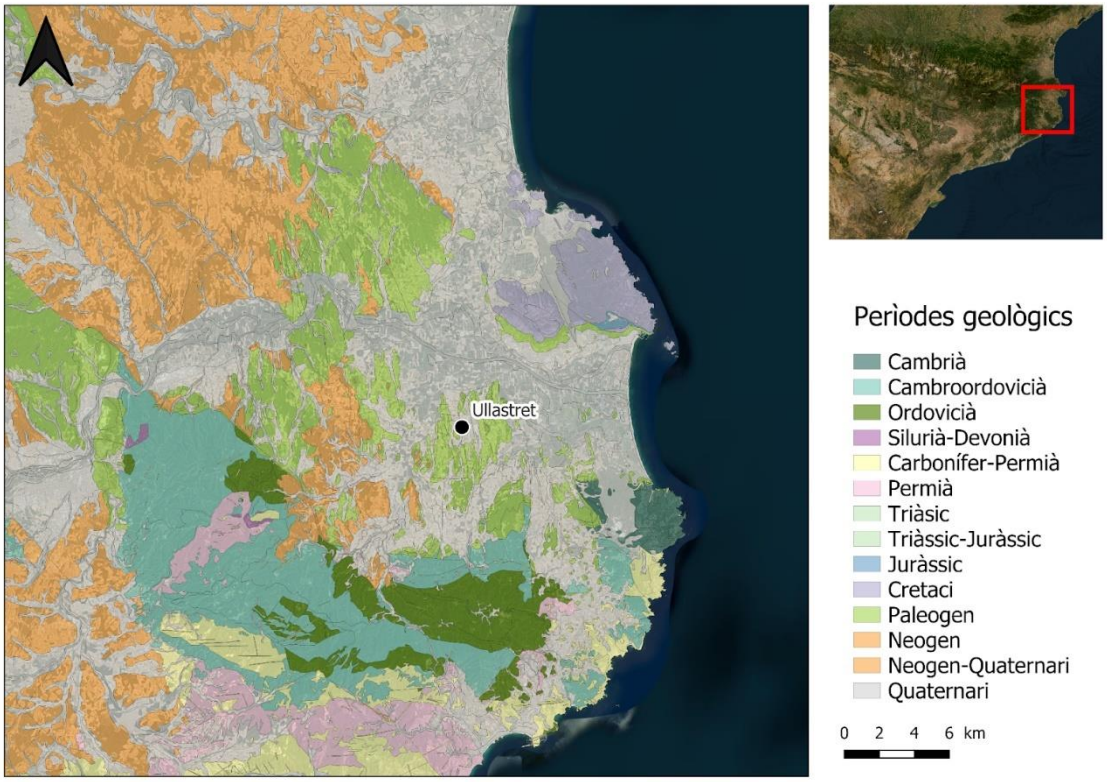


Figura 6.15. Localització de Ullastret amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa.

En el cas dels tres individus d'Ullastret, és important ressaltar que segons les dades isotòpiques analitzades en aquest treball, tots els individus d'Ullastret son coincidents amb l'estimació del referencial de la zona. Això no vol dir que necessàriament fossin habitants del mateix nucli urbà, però la coincidència dels valors dels humans amb els de la fauna convida a pensar que la procedència d'ambdós grups (o procedència dels aliments) devia ser similar, sobretot tenint en compte el que es pot veure a les figures Figura 5.25 i Figura 5.27, a on veiem coincidència de valors de ULL_HU2 amb alguns individus de fauna arqueològica (ULL_SU4, ULL_CA2 i ULL_CA3) que no tenen valors gaire allunyats dels del

sediment i la vegetació (Figura 6.14). És per això que seria interessant ampliar els mostrejos de vegetació i sediment moderns per poder tenir millor representat el rang referencial local de l'àrea de captació de recursos al jaciment, donat que, en general, es pot observar que els valors que l'estronci separa en grups diferents, l'oxigen els ajunta (Figura 5.25). De totes maneres, el procés de la variació isotòpica del $\delta^{18}O$ és molt complex i factors socials, com el procés de cuinar els aliments, poden alterar aquests resultats, a causa de l'evaporació, que fa que es perdin, preferentment, les molècules més lleugeres de $\delta^{16}O$, i per això no es pot descartar que aquesta variació obeeixi a aquests factors que, ara per ara, no podem discriminar (Brettell et al., 2012; Emery et al., 2018; Pederzani & Britton, 2019)

Territorialització i mobilitat humana durant el període Iber

Resulta evident que la diferència de rols entre els assentaments de Puig Castellar i d'Ullastret és clau per entendre les diferències observades. A Puig Castellar només hi ha un individu (PC_HU1) que podria haver estat habitant del poblat, donada la coincidència dels valors d'aquest amb els d'alguns individus de fauna, a diferència dels altres humans (PC_HU2. PC_HU3 i PC_HU4). Com s'ha anat mencionant, els resultats d'estronci biodisponible analitzats en aquest treball, juntament amb els de la base de dades SrIsoMed, mostren que els valors procedents de zones amb formacions geològiques de períodes més recents (com el Paleogen o el Quaternari) tendeixen a tenir valors menys radiogènics que els del Cambroordovicià o que els del Carbonífer-Permià (la geologia de Puig Castellar). En aquest sentit, la major part de la fauna trobada en el jaciment (caprins i suids) ha proporcionat valors concordants amb el pasturatge en zones baixes de la Serralada Litoral Catalana, conformada principalment per formacions geològiques d'aquests períodes més recents. En conseqüència, donada la coincidència dels valors de PC_HU1 amb aquests animals, es pot defensar la seva localitat. Pel contrari, la resta d'humans procedirien d'un altre àrea, amb valors isotòpics més baixos i, probablement, geològicament similars al boví PC_CA2.

Pel que fa a Ullastret, dos humans (ULL_HU3 i ULL_HU1) tenen valors consistents amb el referencial d'estronci biodisponible. Al respecte de la fauna,

s'observa una forta relació entre els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ y $\delta^{18}O$ i la gestió dels bovins i dels suids, fortament relacionada amb la mobilitat humana a on també es veu la coincidència de valors entre l'altre humà (ULL_HU2) amb alguns animals (ULL_SU4, ULL_CA2 i ULL_CA3) i la proximitat dels valors d'aquests als del BASr. L'àrea que envolta Ullastret està envoltada de formacions geològiques del Quaternari, Paleogen i del Neogen, el que podria explicar els valors d'estronci més baixos de Ullastret que de Puig Castellar, malgrat que la presència d'algunes capes del Cambroordovicià i del Cretàcic poden explicar alguns valors més elevats (ULL_SU1 i ULL_CP3).

Els valors d'ambdós jaciments també son coherents amb estudis previs que indiquen que en aquest període els ramats d'ovelles i cabres tenien una mobilitat estacional molt local (Jiménez-Manchón et al., 2023; Messana et al., 2023; Nieto-Espinet et al., 2020, 2021; Valenzuela-Lamas et al., 2016, 2018). Espècies com el bòvid o l'equí tindrien xarxes d'intercanvi de major oferta territorial, el que podria estar relacionat amb l'explotació vital d'aquests animals (com la tracció animal o l'explotació lletera) i el rol de prestigi que aquestes espècies tindrien a les comunitats ibèriques (Nieto-Espinet et al., 2020; Valenzuela-Lamas et al., 2023). Aquests resultats s'alineen amb el context ibèric d'una marcada jerarquia social, una intensificació de l'agricultura i l'augment dels intercanvis amb la resta del Mediterrani. Aquest escenari probablement va necessitar d'animals per la realització de tasques de càrrega i de tir. Simultàniament, la intensificació dels processos de territorialització i l'emergent pressió per l'accés a la terra hauria obligat als ramats caprins a pasturar per àrees properes als jaciments (Nieto-Espinet et al., 2020, 2021), el que també influiria en com les societats humanes es mouen, com suggereixen els resultats d'ambdós jaciments.

Interpretacions dels Caps Tallats: veneració, trofeu o càstig?

Amb la informació isotòpica presentada en aquest treball es fa molt complicat determinar si els cranis eren trofeus de guerra, subjectes de repressió interna o ancestres venerats. En el cas d'Ullastret, el fet que, els individus amb els valors més coincidents amb els referencials locals (ULL_HU1 i ULL_HU3) hagin estat els únics dels analitzats trobats dins de la trama urbana d'Ullastret (zones 13 i 14, respectivament, Figura 4.25) pot donar suport a les hipòtesis que

suggereixen que podien ser habitants del jaciment que eren venerats o reivindicats d'alguna forma per la societat, lligats potser a grups familiars, donat que es van trobar en contextos que apunten a una exposició a la façana d'algunes estructures interpretades com a unitats domèstiques (Agustí et al., 2016; Agustí & Díaz-Carvajal, 2015; Agustí & Martín, 2006; Oliver Foix, 1995). La zona 14 la composen dues estructures d'hàbitat que probablement pertanyien a la classe dominant d'Ullastret, els quals controlarien la producció de l'assentament. Aquesta interpretació es basa en l'estructura interna dels espais , que destaquen en mida i complexitat en la configuració respecte ala resta d'estructures del poblat (Belarte, 2008). En aquesta zona es van trobar múltiples fragments de cranis i maxil·lars distribuïts tant a l'interior d'alguns dels espais, com a les entrades. En total hi havia 150 fragments que correspondrien a un nombre mínim de 17 individus i algunes restes d'armes amortitzades, que també estarien penjades (De Prado & Rovira Hortalà, 2015).

En el cas de l'individu ULL_HU2 es desconeix exactament el lloc de trobada del crani, si a la sitja 146, 106 o a una de les rases properes a la muralla nord del jaciment (Figura 4.25) donada l'antiguitat de l'excavació a la qual es va trobar (Campillo, 1976; Pujol Puigvehí, 1980). Malgrat tot, el fet d'haver estat trobat a una sitja podria apuntar al fet que fos un trofeu de, donades les informacions que tenim de cròniques (Ciesielski et al., 2011; Horn, 2003) en les que es diu que els gals del sud de l'actual França guardaven caps d'enemics importants a caixes o sitges com a trofeu. De totes maneres, segons aquestes mateixes cròniques, sembla que (els gals) també penjaven els cranis d'edificis públics (segons Estrabó, vist a Agustí et al., 2015; i a Ciesielski et al., 2011) o de les mateixes cases dels guerrers (segons Diodor de Sicília, vist a Agustí et al., 2015; i a Ciesielski et al., 2011). S'ha de tenir en compte però, que, aquestes cròniques es basen en els relats escrits pel grec Posidoni d'Apamea, que va recórrer el sud de la Gàl·lia a finals del s. II ane, i que els texts de Diodor i d'Estrabó van ser escrits molt posteriorment (Agustí et al., 2015). A més a més, segons les cròniques antigues, no es pot tenir la seguretat que els criteris seguits a Ullastret o a Puig Castellar per aquesta pràctica fos el mateix que els observats al sud de la Gàl·lia. No s'especifica res sobre els ibers del NE de la península Ibèrica, només es tenen petits fragments que parlen que els mercenaris ibers es duen

caps d'enemics clavats en les seves piques (Ciesielski et al., 2011) i que els Lusitans practicaven sacrificis de membres tallats d'enemics, com les mans o els caps, malgrat que no queda clar si, en aquests dos casos, es refereixen a poblacions iberes o a "bàrbars", degut a confusions amb la traducció de l'original (Agustí et al., 2015).

Mentre que a Ullastret tots els humans semblen tenir valors coherents amb els de la fauna i els del voltant del jaciment, a Puig Castellar es troba una situació radicalment diferent, donat que només hi ha un individu (PC_HU1) que tingui uns valors consistents amb els de la fauna i els de l'estronci biodisponible. Majoritàriament, els autors han tendit a proposar una al·loctonia majoritària dels cranis tallats (Agustí & Martín, 2006; Ciesielski et al., 2011; De la Pinta Rodríguez & Río-Miranda Alcón, 1981) al defensar la hipòtesi que els cranis pertanyien a enemics derrotats en combat i exposats com a trofeu. De totes maneres, tot que els individus dels quals es van recollir i exposar els cranis podrien ser forans, això no implica necessàriament que pertanyessin a grups rivals; més aviat, podrien indicar patrons de mobilitat que encara no coneixem avui dia. La mobilitat en aquesta època i zona està àmpliament documentada, com es pot veure a Fischer et al. (2022), on es discuteix la mobilitat interregional i les similituds genètiques entre els grups del sud de l'actual França i els de la península Ibèrica. A més a més, en aquest treball també es suggereix que un dels individus d'Ullastret analitzat per Olalde et al (2019) tindria una herència genètica compatible amb les Illes Britàniques (Fischer et al., 2022).

Un altra de les possibilitats és que la pràctica dels caps tallats pugui respondre a diversos criteris, com ara les diferències culturals entre regions (Ullastret -Costa Nord- Indigets i Puig Castellar -Costa Central- Laietans apliquen aquesta pràctica de forma diferent), o bé depenent de la localització de la troballa, que podrien respondre a motivacions diverses (exposades a les muralles, dipositades a sitges, preservades dins de les unitats domèstiques, etc.). En aquest sentit, diversos autors ja han proposat que en alguns casos es pot parlar d'enemics i en d'altres d'ancestres venerats (Agustí et al., 2016; Agustí & Díaz-Carvajal, 2015; Agustí & Martín, 2006; De Prado & Rovira Hortalà, 2015; Oliver Foix, 1995).

Estudis antropològics recents (Subirà & Rovira Hortalà, 2019) demostren que alguns d'aquests cranis pertanyien a individus femenins, alguns dels quals s'han trobat a Puig Castellar. Els cranis analitzats en aquest estudi son majoritàriament masculins i, per tant, no es pot fer cap assumpció de mobilitat en aquest respecte, però futurs estudis tenint en compte això poden aportar informació molt interessant de com vivien aquestes poblacions i com es manifestava aquesta pràctica.

Finalment, el període temporal en el qual es desenvolupen aquestes pràctiques pot ser rellevant per a caracteritzar-les. Segons De Prado i Rovira (2015) els cranis de Puig Castellar serien del s. II-III ane i els trobats al Puig de Sant Andreu (Ullastret) del s. IV-III ane. De totes maneres, els cranis analitzats de Puig Castellar i Ullastret no estan datats i no s'han pogut realitzar datacions radiocarbòniques en el marc d'aquesta tesi.

En conjunt, els resultats aquí presentats mostren que la pràctica dels caps enclavats no és ni monolítica ni uniforme a tots els jaciments ibèrics. Almenys en els dos casos aquí estudiats, sembla que responen a motivacions diferents. Aquesta diversitat ja es suggereix des del registre arqueològic, ja que la localització dels cranis és radicalment diferent a Puig Castellar i a Ullastret. Les anàlisis d'isòtops d'estronci i d'oxigen presentades aquí ho confirmen i indiquen que, en el cas d'Ullastret, la procedència dels individus podria ser un factor significatiu a l'hora d'explicar l'aplicació d'aquesta pràctica als individus. A Puig Castellar, per contra, podria no ser un factor rellevant.

6.2.3. El Pogrom de Tàrrega de 1348. Mobilitat entre comunitats a l'època medieval

El pogrom de Tàrrega de 1348 es situa temporalment durant la propagació de la Pesta Negra, que va provocar una sèrie de reaccions violentes i antisemites arreu del continent europeu, donada la responsabilitat que es va adjudicar per la dispersió de la malaltia, des de certes figures de poder, a les poblacions jueves (Muntané i Santiveri, 2013). Malgrat que la correlació entre la por a la Pesta Negra i els brots de violència contra les poblacions jueves no pot ser dissociat, aquests atacs també coincideixen amb temporades de males collites i fams, guerres i crisis polítiques molt importants (Muntané i Santiveri, 2013; Saula Briansó et al., 2014). El monarca de l'època, Pere III, es trobava immers en un conflicte polític amb les nobleses valencianes i aragoneses, per raons relacionades a la successió de la Corona (Saula Briansó et al., 2014) i els creditors jueus eren una de les fonts de finançament més importants de la Corona. De fet, la totalitat dels individus acusats, com a responsables de l'assalt, eren individus de elevat rang social a les seves respectives ciutats, el que sembla suggerir un possible motiu polític darrere dels atacs (Saula Briansó et al., 2014). Degut a la proximitat d'ambdues poblacions (~12km en línia recta) i a que es sap que moltes de les víctimes del pogrom de 1348 a Cervera van abandonar la ciutat (Colet Marcé et al., 2009), en aquest apartat s'intentarà, per un costat, determinar diferències entre els referencials biodisponibles de Tàrrega i Cervera per a poder discernir si alguns individus de les fosses de la Necròpolis de Roquetes provenien de Cervera. A més a més, s'intentarà definir possibles patrons de mobilitat i de gestió del territori d'ambdues poblacions a partir dels resultats isotòpics.

Patrons de mobilitat entre comunitats a la Plana Medieval

Els resultats de les anàlisis realitzades a les restes humanes indiquen que la majoria dels individus (47,37%) tenen valors que no coincideixen amb les àrees mostrejades ni amb els individus utilitzats com a referencials d'ambdós nuclis (Taula 5.17). L'altre gran grup seria el dels individus (42,11%) per als quals no és possible determinar si venien d'un nucli o de l'altre (o d'una zona geològica similar) degut a la gran similitud entre els valors d'estronci dels referencials de

les dues poblacions. A més a més, no hi ha diferències significatives entre els grups de valors obtinguts per a les mostres recollides a Tàrrega (sediment, vegetació i cortical dels individus del cementiri jueu) i a Cervera (sediment, vegetació i cortical d'individus del Cementiri de Sant Antoni). Tampoc hi ha diferències significatives entre els valors referencials de Tàrrega (sediment i vegetació) ni els de Cervera (sediment i vegetació). No obstant això, hi ha dos individus (10,53%), FS005 i RO017, els valors dels quals coincideixen amb els del referencial local d'estronci de Cervera, però no amb el de Tàrrega (Figura 5.29).

Al desglossar els resultats per estructures (Figura 5.32), s'ha observat que no hi ha diferències significatives entre cap fossa. Aquest fet no és sorprenent, tenint en compte la naturalesa de l'enterrament dels individus. Les diferències que es veuen per sexe (Figura 5.33) és possible que es deguin a diferències en l'alimentació entre individus masculins i femenins o bé a la seva procedència social (Mira Ruiz, 2019), essent possible que hi hagi una representació major d'individus masculins o femenins d'un grup social que d'un altre. És interessant que els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels individus de les fosses i dels enterraments individuals de Roquetes son pràcticament idèntics (mitjana fosses: 0,7090, mitjana individuals: 0,7088) mentre que els valors dels individus del cementiri de Sant Antoni de Cervera tenen uns valors més elevats (mitjana: 0,7098). Veient que no hi ha diferències significatives entre els valors referencials de Cervera i de Tàrrega (Figura 5.28) i que si s'afegeixen els humans a aquests rang, els valors s'igualen encara més (Figura 5.29) es descarta que l'origen de cada grup d'humans sigui la raó principal d'aquesta diferència. Els humans de les fosses i dels enterraments individuals son jueus i els del Cementiri de Sant Antoni son cristians, per tant és possible que aquestes diferències obeeixin a una raó de patrons d'alimentació. El judaisme té lleis d'alimentació molt estrictes que dictaminen quines espècies es poden consumir i com s'han de processar i de cuinar per a que puguin ser *kosher*, el que fa que sigui possible detectar arqueològicament la seva gestió dels aliments i diferenciar-la d'altres poblacions amb costums diferents, com s'ha vist en altres estudis realitzats a la regió (Nieto-Espinet et al., 2024; Valenzuela-Lamas et al., 2014).

Degut a que la ràtio isotòpica $^{87}Sr/^{86}Sr$ d'una zona ve determinada per fenòmens de geològics i geogràfics ja explicats i que els dos nuclis es troben a molt poca distància entre d'ells, no resulta sorprenent que les diferències entre els referencials d'estronci de Tàrrega i Cervera siguin pràcticament nul·les. A la Depressió Central, l'àrea en la que es troben aquestes dues poblacions es caracteritza, geològicament, per presentar dipòsits sedimentaris del Quaternari formats per planes d'inundació ordinàries i col·luvials amb argiles i còdols dispersos i, majoritàriament, roques sedimentaries del Paleogen, formades per calcàries micrítiques i argiles i margues. Deguda a aquesta poca varietat de formacions geològiques, la zona de Tàrrega i Cervera és un àrea molt homogènia (Figura 6.16). Això limita la visibilitat de possibles diferències de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ entre àrees diferents i afavoreix que els rangs referencials per Tàrrega i Cervera siguin tan similars.

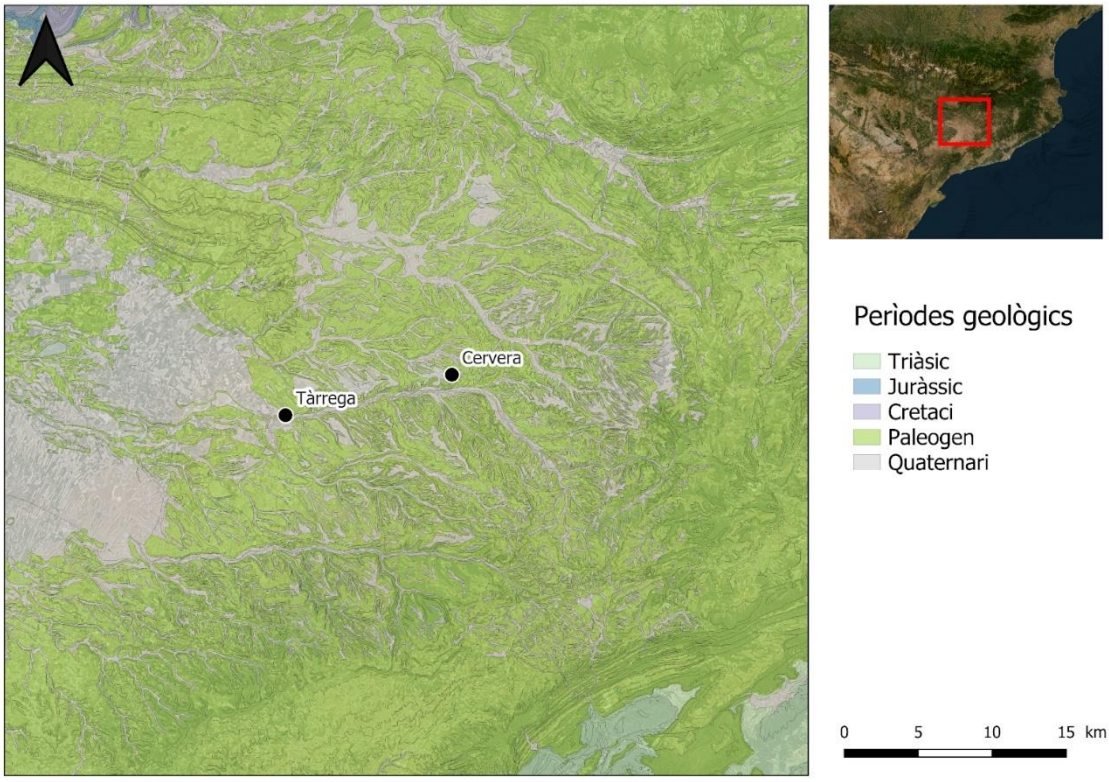


Figura 6.16. Localització de les poblacions de Tàrrega i Cervera amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa.

Com es pot veure, la homogeneïtat geològica de la Plana dificulta enormement el poder diferenciar tendències en les ràtios isotòpiques. Si s'observa la litologia (Figura 6.17) es poden veure algunes diferències entre unitats geològiques, però mínimes en comparació a les vistes per períodes.

En el cas dels humans que es veuen a la Figura 6.17 es pot veure, per un costat, la coincidència pràcticament idèntica entre els jueus, tant de les fosses com del enterraments individuals del cementiri jueu, i les diferències amb els cristians de Cervera. Es veu com sembla haver-hi més correspondència dels jueus amb els valors del Quaternari i dels cristians amb els valors del Paleogen, malgrat que les diferències son mínimes. El que podria posar de manifest un accés diferenciat als camps de conreu o a les pastures del ramat amb els cristians accedint a territoris amb valors, principalment, del Paleogen i els jueus a zones més properes al Quaternari, tot i que no s'ha trobat cap referència a una situació d'aquestes característiques a Tàrrega o Cervera.

De totes maneres, el fet que hi hagi dos individus (FS005 i RO017) que son clarament coincidents amb els valors de Cervera i no amb els de Tàrrega, permet suggerir que hi ha individus de Cervera que podrien haver fugit dels atacs a Cervera, anteriors al pogrom de Tàrrega. Tot i que s'han de tenir en compte dues coses: per un costat, les limitacions del mètode, donat que si provenien de zones amb una composició geològica similar a la de Cervera (presumiblement, tota la Plana), es pot estar assumint una coincidència quan no ho és (el mateix succeeix amb els individus als que no s'ha pogut discriminar l'origen). Per un altre costat, no es pot descartar que aquests individus fossin criats a Cervera i es moguessin a Tàrrega molt abans del pogrom (FS005 és juvenil i RO017 adult), donat que els resultats provenen d'analitzar el segon molar d'ambdós individus, que mineralitza entre els 2,5 i els 8.5 anys de vida d'un individu (AlQahtani et al., 2010).

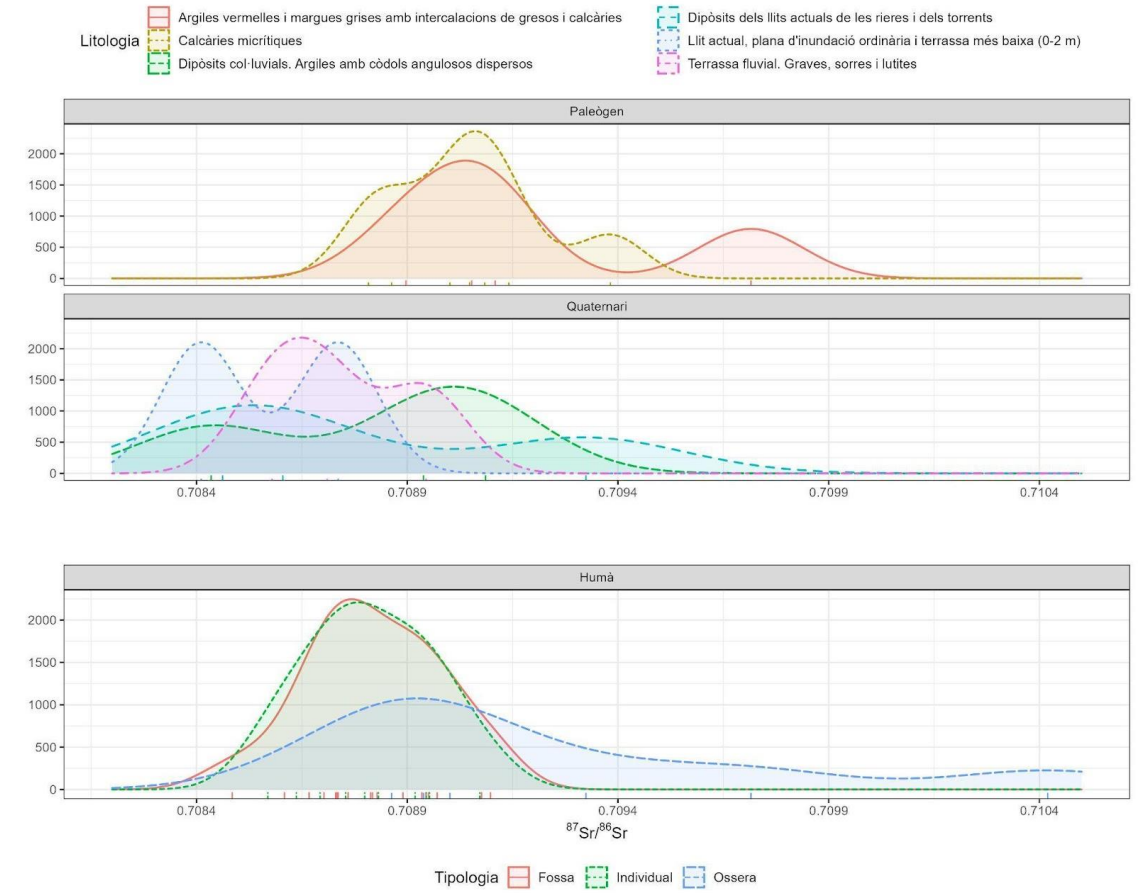


Figura 6.17. Gràfics de densitat amb els resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres de sediment i vegetació, classificades per litologia i període geològic de cada mostra, i dels humans la Necròpolis de Roquetes i del Cementiri de Sant Antoni.

En el cas de la majoria dels individus no coincidents amb el referencial de Tàrrega ni de Cervera (exceptuant RO003) hi cap la possibilitat que fossin de zones properes a les dues poblacions, tot i que, encara que segons la t de Student no coincideixen amb els valors de l'interval del 95% de confiança, els seus valors son molt similars als de l'àrea mostrejada, pel que no sembla improbable assumir que poguessin provenir de Tàrrega o Cervera.

L'individu RO003 (0,7128) és, sense dubte, originari d'alguna zona geològica diferent a Tàrrega i Cervera, amb valors molt superiors als vistos en aquesta zona. Tot i que, vistos els rangs per períodes geològics proposats a l'apartat 6.1, els valors de RO003 podrien ser consistents amb els de la Plana en tant a que coincideixen amb els rangs del Paleogen, malgrat que amb valors molt més elevats que als vistos al Paleogen de Tàrrega i Cervera, pel que podria provenir d'alguna zona amb materials del Cambroordovicià o del Carbonífer-Permià.

Malgrat la homogeneïtat geològica de la zona de la Plana, gràcies a la distinció entre els rangs dels valors referencials i l'interval de confiança del 95%, s'obre la possibilitat a discernir entre un origen de Cervera o de Tàrrega en, com a mínim, alguns dels individus, mitjançant els anàlisis isotòpics d'estronci i d'oxigen. Tenint en compte que s'han analitzat un total de 19 individus de les fosses comunes i que les diverses campanyes arqueològiques han descobert un total de 69 individus associats al pogrom de 1348 (Ruiz & Subirà, 2009), es considera essencial poder analitzar la resta dels individus inhumats a les fosses, per a poder esbrinar si altres individus es poden associar amb els valors referencials de Cervera o si, pel contrari, la homogeneïtat geològica només permet poder discernir més diferències entre les àrees de mobilitat i d'activitat dels habitants jueus i cristians de la població de Tàrrega.

6.3. La mobilitat al NE de la Península Ibèrica des d'una perspectiva diacrònica i sociocultural

Síntesi dels diversos períodes analitzats

A través dels diferents períodes prehistòrics i històrics s'observen diferents patrons d'assentament, estructura i organització social en els que la mobilitat s'emmiralla. Per exemple, al Neolític Mitjà del NE de la Península Ibèrica es produeix un canvi de patró d'assentament al respecte del Neolític Antic on, progressivament, disminueixen els assentaments en cova en favor dels de l'assentament en plana. Igual que al Neolític Antic, hi ha molt poques evidències dels espais d'hàbitat en aquest període, degut probablement, a que estaven construïdes amb materials peribles, essent la immensa majoria del registre acumulacions d'estructures negatives d'àmbit funerari i sitges amb una tendència a ocupar zones de planes d'elevada productivitat agrícola (Bosch & Santacana, 2009; Bravo et al., 2015; Gibaja et al., 2004; Morell et al., 2016).

Els valors isotòpics vistos als humans del Neolític Mitjà son consistents amb les unitats geològiques properes als jaciments de Mas d'en Boixos i de la Bòbila Madurell/Can Gambús i amb els models proposats des de l'arqueologia d'una explotació del territori propera a l'assentament, principalment per la procedència de molts de les matèries primeres utilitzades per la fabricació d'elements ceràmics i lítics i pel model agrícola, amb una agricultura més intensiva de camps permanents combinada amb una explotació de recursos vegetals pels voltants del jaciment i amb una ramaderia de bovins i caprins (Albizuri et al., 2021; Antolín et al., 2015, 2017; Fontanals-Coll et al., 2015; Gibaja et al., 2004; P. Martín et al., 2019; Masclans, 2017). Els individus no semblen desplaçar-se distàncies gaire llunyanes, vist que no hi ha cap individu amb valors atípics, més enllà d'un infantil a la Bòbila Madurell (BM0015) amb uns valors molt baixos de $\delta^{18}O$. Aquesta absència de valors atípics fa pensar en xarxes de distribució regional pels materials i objectes exògens, que no requeririen gran mobilitat.

En base a les dades que es presenten en aquest treball, a la Bòbila Madurell es pot plantejar l'existència d'un poblament més o menys concentrat en el que la Necròpolis podria jugar un paper central o cohesionador de la societat, com

testimonia la presència d'activitats col·lectives com festins durant els rituals d'enterraments (P. Martín et al., 2019). Aquests festins es suggereix que es practicaven amb la producció d'excedent, el que fa pensar en individus amb capacitat per "sacrificar" aquesta riquesa. Això, sumat a les incipients diferenciacions socials detectades per altres estudis per sectors d'enterrament, podria donar sentit a les diferències vistes per sectors en els valors isotòpics. En l'estat actual de la recerca, es desconeix si el model de poblament a Mas d'en Boixos es traduiria en un gran nucli continu, o bé en petites ocupacions/aldees disperses per la zona (Bosch & Santacana, 2009). Sigui com sigui, es practicava una explotació del territori proper a l'assentament amb diferències de mobilitat per sexe que es poden traduir en diferències en l'alimentació derivades de pràctiques diferents o bé d'una mobilitat més variada dels individus masculins. A Mas d'en Boixos, en aquest període, hi ha molta menys informació que a la Bòbila Madurell, però malgrat això, en els pocs aspectes estudiats es veu un patró molt similar al del jaciment del Vallès, amb una diferent mobilitat per sexes i uns rangs isotòpics consistents amb l'entorn directe del jaciment.

Per un altre costat, al període del Bronze Inicial es manté un model de mobilitat regional amb àrees de recaptació de recursos i matèries primeres properes, pel que no es veuen canvis pel que fa a la mobilitat, al respecte del Neolític Mitjà, tot i que es detecta una menor mobilitat al Bronze. Aquests resultats son coherents amb els estudis que apunten a que el poblament al Bronze del NE està representat per petits assentaments dispersos, descentralitzats, formats per petites comunitats interrelacionades, probablement amb certa autonomia (Francés, 2005; Marín Castro, 2018; Nieto-Espinet et al., 2021). Al respecte de la distribució per sexes, es veuen les mateixes diferències entre individus femenins i masculins que al Neolític Mitjà, malgrat no poder constatar la divisió sexual del treball mitjançant l'estudi d'artefactes per la manca d'aixovars a Mas d'en Boixos. L'explotació ramadera i agrícola no aporta molta informació donats els pocs estudis realitzats, però aquests també, malgrat escassos, apunten a un model similar al del període anterior (Albizuri et al., 2021; Bouso et al., 2004; Farré et al., 2002; Feliu Roca, 2013; Mestres et al., 1998).

En l'únic jaciment analitzat del Bronze Inicial, Mas d'en Boixos, no es veuen pràcticament diferències amb la seva contrapart del Neolític Mitjà. El patró de

poblament i explotació del territori obeeix a les mateixes tendències vistes en els tres assentaments. Diversos autors (Bosch & Santacana, 2009; Marín Castro, 2018; Yubero-Gómez et al., 2016) ja assenyalen que la principal diferencia entre aquests períodes és la intensificació de les pràctiques vistes al neolític i l'aparició, de forma desigual per territoris, de la metal·lúrgia al Bronze. En aquest treball s'ha pogut constatar que els patrons de mobilitat entre el Neolític Mitjà i el Bronze Inicial son molt similars, arribant fins al punt que, a Mas d'en Boixos, es veuen valors isotòpics idèntics als valors d'oxigen i molt similars en l'estronci (Figura 6.11) pel que s'infereix que aquestes poblacions es seguien movent per les mateixes zones geològiques i, presumiblement, explotant les mateixes zones.

Durant l'Edat del Ferro es produeixen canvis importants en els models de poblament caracteritzats per l'aparició de l'urbanisme i els poblats fortificats situats en zones elevades i així com per incipients processos de concentració de la població en assentaments de tipologies diverses i amb un elevat grau d'especialització i interdependència. Aquest procés s'ha interpretat com un procés de territorialització derivat de la perpetuació d'elits locals degut a l'acumulació d'excedent a partir de canvis en les estratègies agrícoles (Albizuri et al., 2011; Asensio-Vilaró, 2019; Francés, 2005; Nieto-Espinet et al., 2021; Sanmartí & Santacana, 2005). Amb el desenvolupament de les societats iberes a partir del s. VI ane s'instaura un model de cabdills i grups aristocràtics amb un model jeràrquic del poblament, amb petits assentaments productors, places fortificades per control del territori i assentaments centrals que també estaven molt fortificats (Asensio-Vilaró, 2019; Belarte, 2008; Bosch & Santacana, 2009; Junyent et al., 2017).

En el cas dels jaciments de l'Edat del Ferro analitzats en aquest treball, Puig Castellar s'ha interpretat com un assentament de 3er ordre ibèric, és a dir, un nucli fortificat destinat al control territorial sense activitats productives assignades, malgrat que hi hagués un cert grau de processat d'aliments (Asensio Vilaró et al., 1998; Asensio-Vilaró, 2019; Ferrer & Rigo, 2003; Sanmartí, 1992). Ullastret és un assentament de primer ordre, amb un ventall d'assentaments productors propers, coneguts arqueològicament (Buxó i Capdevila, 1992, 2010; Plana Mallart & Martín Ortega, 2012). Entre ambdós jaciments hi ha diferències, sobretot, en els valors isotòpics referencials locals, donades les diferències

geològiques entre ells, però els valors que abasten ambdós jaciments son similars (0,7083 – 0,7132 a Puig Castellar; 0,7087 – 0,7132 a Ullastret) el que suggereix que els recursos podrien estar venint de zones molt variades en ambdós casos, el que apunta a la interdependència que s'ha comentat abans. Tant a Puig Castellar com a Ullastret es veu que els valors dels individus (tant humans com de fauna) son coherents amb la variabilitat de la geologia circumdant, probablement perquè ambdós jaciments es suplien a partir d'assentaments productors propers. Només en el cas de Puig Castellar es veuen 3 individus (coincidents amb un boví) que potser apunten a una cosa diferent, donant suport a les teories que suggereixen que els cranis tallats son trofeus de guerra de poblacions veïnes (Agustí & Martín, 2006; Ciesielski et al., 2011; De la Pinta Rodríguez & Río-Miranda Alcón, 1981; Sanmartí, 2014) i que els bovins en qüestió seria un bé d'intercanvi més preuat pel seu ús com a força de treball en un context d'incipient intensificació econòmica, poden justificar d'aquesta manera xarxes d'intercanvi a una major escala territorial (sembla que prové d'una zona més llunyana). Els resultats d'aquests dos jaciments apunten a un patró de mobilitat més ampli que en els períodes anteriors (la variabilitat de la Bòbila Madurell/Can Gambús i de Mas d'en Boixos era molt menor que la vista aquí, malgrat que les zones geològiques eren similars, sobretot en el cas de Puig Castellar i la Bòbila Madurell/Can Gambús) i a una distribució dels valors isotòpics més variada, el que apunta a intercanvis o una xarxa de subministraments de productes de consum que és coherent amb la proposta de la jerarquia de poblament típica d'aquest període al NE de la Península Ibèrica.

A l'Edat Mitjana el panorama general al NE de la Península és radicalment diferent. En el cas de Tàrrega no tenim registres en tant a com es desenvolupaven les activitats econòmiques bàsiques de la població, però en el cas de Cervera hi ha documentació que acrediten un conreu proper a la població, tot i que és previsible una mobilitat bastant ample en aquest període, vistes les relacions comercials existents entre els diversos mercats de les ciutats medievals (Furió, 2017; Verdés Pijuan, 1998, 2015).

A partir d'estudis previs, s'ha pogut veure la diferència en l'alimentació entre poblacions cristianes i jueves (Nieto-Espinet et al., 2024; Valenzuela-Lamas et al., 2014), tot i que anàlisis futurs en poblacions cristianes de Tàrrega podran

ratificar que no es tracta de diferències degudes a una alimentació específica de les poblacions de Cervera o de Tàrrega. En aquest sentit, també es veu una tendència que mostra una alineació dels valors dels jueus amb els valors de geologies del Quaternari, mentre que els cristians coincideixen amb els valors del Paleogen, que podria estar evidenciant un accés diferenciat als camps de conreu o a les pastures del ramat de les dues poblacions. De totes maneres, i malgrat que la presència d'un valor atípic en un individu humà (RO003) a Tàrrega apunta a això, la homogeneïtat geològica d'aquesta zona no permet inferir en patrons específics de mobilitat per l'Edat Mitjana.

Patrons de mobilitat i models socioeconòmics al NE de la Península Ibèrica

S'observa una vinculació molt evident amb entre els models socioeconòmics propis de cada període amb la mobilitat realitzada pels individus analitzats. Com es pot veure a la Figura 6.18 el model de mobilitat observat a la prehistòria recent és consistent amb l'evidència arqueològica que situen la mobilitat al Neolític Mitjà de la zona de la costa central de Catalunya (Vallès-Penedès) com a principalment regional, amb una àrea de captació de recursos propera, caracteritzada per una agricultura intensiva de camps permanents (Antolín et al., 2015) combinada amb l'explotació dels recursos vegetals dels voltants dels jaciments (Antolín & Jacomet, 2015). No s'observen valors atípics, que apunta la mobilitat de llargues distàncies no seria recurrent, el que ens suggereix l'establiment de xarxes de distribució regionals d'aquests materials, sense individus desplaçant-se grans distàncies per aconseguir-los, donada la proximitat als valors referencials locals de tots els individus d'ambdós jaciments, malgrat la dissimetria observada en altres treballs (Gibaja et al., 2018; Masclans, 2017, 2019) en el repartiment d'aquests materials entre les comarques del Vallès i del Penedès durant el Neolític Mitjà.

Les observacions del Bronze Inicial son consistents amb aquest mateix model, malgrat que es pot veure (Figura 6.18) que hi ha una diferència important al respecte de l'observat al Neolític Mitjà, i és que els individus de Mas d'en Boixos semblen bastant més locals en aquest període. El model de poblament d'aquesta època segueix el mateix patró que el del Neolític, però s'observa una possible especialització en les activitats desenvolupades (Marín Castro, 2018) que podria

donar explicació a aquest fenomen observat, al apuntar a un model d'explotació descentralitzada amb altres comunitats i, per tant, una reducció del territori explotat pel jaciment. Caldria veure també, el com es manifesta aquesta diferència observada entre Bronze i Neolític en els animals, donat que potser, amb aquests resultats, s'està evidenciant un patró de mobilitat animal molt diferent en ambdós períodes.

Al Ferro el panorama és radicalment diferent a l'observat al Neolític Mitjà i al Bronze Inicial. Els resultats presentats son consistents amb un context ibèric protagonitzat per una marcada jerarquia social, una intensificació de l'agricultura i l'augment dels intercanvis amb la resta del Mediterrani. La intensificació dels processos de territorialització i l'emergent pressió per l'accés a la terra hauria obligat als ramats caprins a pasturar per àrees properes als jaciments (Nieto-Espinet et al., 2020, 2021), el que també influiria en com les societats humanes es mouen, com suggereixen els resultats d'ambdós jaciments. En el cas dels bòvids, sembla probable que serien bens d'intercanvi o de prestigi, el que explicaria la seva mobilitat diferent, sobretot a Puig Castellar (Nieto-Espinet et al., 2020; Valenzuela-Lamas et al., 2023). Els cranis tallats de Puig Castellar i Ullastret mostren dinàmiques molt diferents, el que mostra, per un costat, el com s'evidencia la diferent gestió del territori a cada jaciment i, per l'altre, el com la pràctica dels caps tallats sembla obeir a raons diferents en ambdós jaciments. La jerarquia d'assentaments existent durant aquest període és coherent amb la distribució més variada de recursos i de subministrament de productes de consum que evidencien els resultats, mostrant Ullastret i Puig Castellar, dinàmiques molt diferents degut a la posició de cada assentament en aquesta jerarquia.

Finalment, en els casos analitzats a l'Edat Mitjana, es poden veure moltes diferències amb els models anteriors (Figura 6.18). En general, els individus de la Necròpolis de Roquetes (tant els de les fosses com els dels enterraments individuals) mostren molt poca mobilitat, amb menys variació inclús que al Bronze Inicial. Els individus de Cervera (cristians) mostren una mobilitat molt més variada que els jueus, el que podria estar posant de manifest un accés diferenciat als camps de conreu o a les pastures del ramat bé per raons de política entre comunitats religioses o degut als territoris que explotava cada Vila. De totes

maneres, no es pot obviar que els patrons de l'alimentació d'aquestes dues comunitats (*kosher* en el cas dels jueus) podria ser la raó d'aquestes diferències. El control de l'explotació del territori existent en aquest període (feudalisme, lleis i concessions d'explotació reials, etc.) és consistent amb l'observat en els nostres resultats. La majoria dels individus semblen moure's molt poc i per tant dependre de productes produïts en les àrees més adjacents de l'assentament, el que és coherent amb el que sabem dels camps de cultiu per aquesta zona i període (Giralt i Raventós et al., 2004; Verdés Pijuan, 1998). L'evidencia de valors atípics (1 jueu i 3 cristians) mostra uns rangs molt diferents als de la resta de la comunitat que podrien indicar l'existència de diferents mobilitats recurrents, tot i que l'homogeneïtat geològica de la Plana no permet inferir en cap proposta d'àrees d'activitat específica.

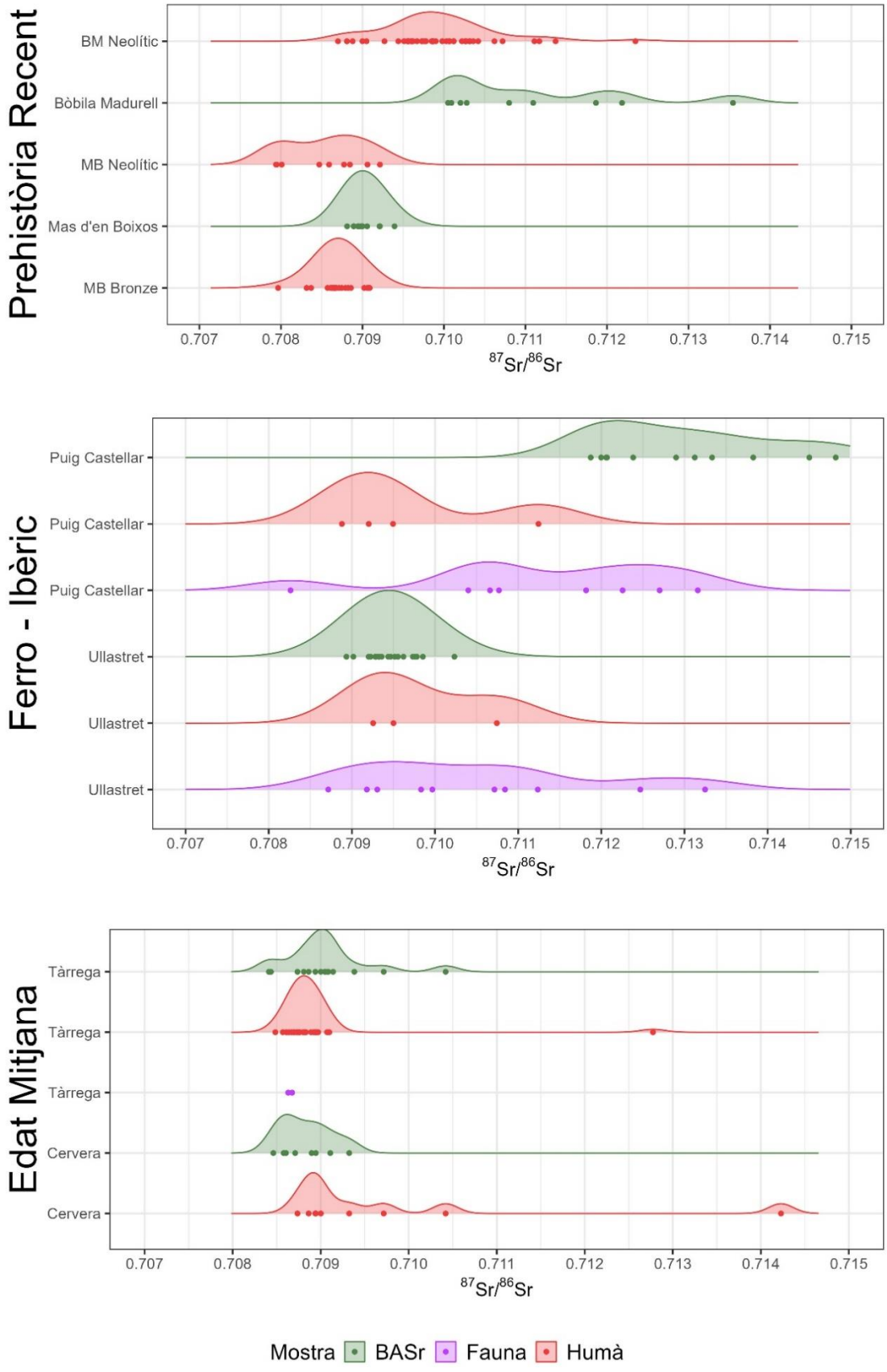


Figura 6.18. Valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels diferents períodes analitzats

Anàlisi multiproxy combinant ràtios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i el $\delta^{18}O$

Com s'ha introduït a l'apartat 2.3.2 d'aquest treball, en els casos d'estudi d'aquesta tesi no s'han realitzat anàlisis de $\delta^{18}O$ referencial. En lloc d'això, s'han fet directament anàlisis, conjuntament amb les de $^{87}Sr/^{86}Sr$, de les dents dels individus analitzats, amb la intenció d'ampliar la variabilitat estadística afegint un altre proxy als anàlisis isotòpics d'estronci.

S'han realitzat anàlisis d'oxigen a tots els individus estudiats i, en la majoria dels casos, els resultats han estat coherents amb les distribucions i variabilitats observades en els resultats d'estronci. Tot i això, en algunes situacions, l'oxigen ha estat clau per descobrir diferències en el patró de mobilitat. Aquestes diferències s'han vist en les variabilitats de mobilitat entre homes i dones al Neolític Mitjà a Mas d'en Boixos (Figura 5.8) i a la Bòbila Madurell (Figura 5.16 i Figura 5.17), així com al Bronze Inicial de Mas d'en Boixos. En aquests casos, l'anàlisi d'oxigen ha permès inferir un patró de mobilitat diferent entre homes i dones que hauria passat desapercebut sense aquesta anàlisi.

A Ullastret, al període del Ferro, s'han caracteritzat les diferències en la mobilitat de les diferents espècies d'animals i s'ha comparat amb la mobilitat de dos dels tres humans analitzats (Figura 5.25 i Figura 5.27). Això ha demostrat la forta relació existent entre els animals i els humans d'aquest jaciment i la seva connexió amb el referencial local.

Un cas diferent ha estat la Necròpolis de Roquetes, on es va intentar ampliar la capacitat de diferenciar els individus de Tàrrega i Cervera combinant valors de $\delta^{18}O$ d'individus "assumits" locals amb valors de $\delta^{18}O$ dels individus de les fosses (Figura 5.28 i Figura 5.29). No obstant això, la proximitat entre ambdues poblacions no ha mostrat prou diferències per observar dinàmiques de mobilitat diferenciades.

Tot i que aquests casos han permès establir hipòtesis de mobilitat gràcies als resultats d'oxigen, en la majoria dels casos els resultats d'oxigen han servit per referendar el que s'ha observat amb l'estronci. Un exemple és el jaciment de la Prehistòria Recent, on s'ha confirmat la similitud en la mobilitat entre els dos períodes (Neolític Mitjà i Bronze Inicial) de Mas d'en Boixos (Figura 6.11).

En conclusió, l'anàlisi dels isòtops de $\delta^{18}O$ a les dents dels humans i animals ha estat una eina valuosa en aquesta tesi per complementar els anàlisis isotòpics d'$^{87}Sr/^{86}Sr$. Aquesta metodologia ha permès identificar patrons de mobilitat que haurien passat desapercebuts, especialment en casos com les diferències de mobilitat entre sexes o la relació entre humans i animals en diferents jaciments. Tot i que en alguns casos els resultats d'oxigen han revelat noves perspectives, en la majoria han servit per corroborar les conclusions obtingudes a través de l'estronci. Així, s'ha demostrat que l'ús combinat d'ambdós proxies aporta una visió més completa i precisa dels patrons de mobilitat de les poblacions estudiades.

Bloc 7. Conclusions i perspectives de futur

7.1. Conclusions

Objectius i marc de recerca

Aquesta tesi ha tingut com a objectiu entendre i definir com es movien les poblacions del NE de la Península Ibèrica des del Neolític Mitjà fins l'Edat Mitjana, inferint les implicacions socioeconòmiques dels patrons de mobilitat analitzats de forma diacrònica. La consecució d'aquest objectiu ha passat per la realització d'un mostreig sistemàtic de les diverses àrees geològiques que envolten els jaciments estudiats, per a poder obtenir els rangs referencials de les unitats geològiques. Això ha permès establir primer mapeig isotòpic de diferents zones de Catalunya que encara no disposaven de dades sobre l'estronci biodisponible. Aquests objectius s'han complert i s'han aportat diversos resultats que impliquen tant aspectes metodològics com arqueològics que es desataquen a continuació.

Aplicació dels anàlisis d'isòtops per la caracterització dels patrons de mobilitat

L'estratègia de mostreig implementada en aquest treball, ha permès definir la geologia local a partir dels resultats isotòpics de la ràtio 87Sr/86Sr. Això ha estat possible gràcies a l'adaptació de les estratègies de mostreig en funció de les característiques topogràfiques i geològiques de cada zona gràcies a la integració del programari GIS al laboratori i a camp. A més, això també ha permès dur a terme una primera assignació (per primera vegada al NE de la Peninsular) de valors 87Sr/86Sr a diferents períodes i unitats geològiques de les zones analitzades, que han demostrat la seva robustesa al ésser coincidents amb els aportats per treballs precedents sobre l'estronci biodisponible (BASr) en la zona d'estudi (Albizuri et al., 2019; Bataille et al., 2020; Hoogewerff et al., 2019; Nikita et al., 2022; Valenzuela-Lamas et al., 2016, 2018; Voerkelius et al., 2010).

En el cas específic dels mostrejos al NE de la Peninsular sembla que les ràtios de BASr són més representatives de la geologia local que del tipus de mostra analitzada (arrel curta, arrel llarga o sediment). En aquest factor també s'ha de tenir en compte l'impacte humà sobre el paisatge, donat que s'ha observat una major variabilitat en els resultats a les zones més antropitzades analitzades, com son la Bòbila Madurell/Can Gambús i, en menor mesura, Puig Castellar. No

obstant això, gràcies a la possibilitat d'adaptar els mostrejos a l'àrea analitzada, s'ha trobat poca contaminació en les mostres recollides, d'acord amb el que s'havia observat en altres estudis previs també duts a terme en zones molt antropitzades (p.e: Cavazzuti et al. 2019). Gràcies a l'estratègia de mostreig i a la metodologia aplicada, es va poder constatar la baixa taxa de contaminació (Puig Castellar, L-PC06). Apart d'aquesta mostra, s'han observat alguns valors atípics en algunes mostres del Cambroordovicià i del Triàsic a la Bòbila Madurell/Can Gambús, que podrien estar indicant contaminació degut a la diferència de valors que tenen respecte a altres mostres dels mateixos períodes. Aquestes mostres es van recollir en un treball previ a aquesta treball de tesi, motiu pel qual no es disposa de dades relatives a les condicions de la seva recollida. Pel que fa a les mostres que amb valors atípics que es van recollir durant el desenvolupament d'aquest treball pertanyien al període Quaternari. Aquest fet podria deure's al fet que provenien de sòls de ventalls i planes al·luvials del Plistocè, que podrien haver depositat sediments d'altres períodes que haurien afectat als valors d'estronci.

Finalment, l'aplicació d'anàlisis d'isòtops d'estronci i d'oxigen ha servit per a identificar patrons de mobilitat diferents en els diversos períodes i contextos analitzats a Catalunya. La utilització d'un enfocament multiproxy, que combina els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i el $\delta^{18}O$, ha permès inferir diferències entre els patrons de mobilitat d'homes i dones durant el períodes que conformen la prehistòria recent. A més, ha permès confirmar les similituds dels patrons de mobilitat entre els dos períodes (Neolític Mitjà i Bronze Inicial) de Mas d'en Boixos, així com identificar les diferències en el tipus mobilitat de les diferents espècies ramaderes d'època ibèrica Ullastret. Gràcies a aquest enfocament, s'ha pogut iniciar una discussió sobre com els patrons de mobilitat d'aquestes comunitats permetien establir relacions coherents amb les informacions que havien aportat prèviament els estudis centrats en la resta d'objectes de la cultura material i el context arqueològic en cada jaciment. En aquest sentit, tot i que l'abast de la zona mostrejada (<2km) és menor que el que s'havia aplicat en altres estudis precedents (p.eg: Cavazzuti et al., 2019; Snoeck et al., 2016), la metodologia aplicada i a l'assignació de valors a la geologia local, ha permès superar la

dicotomia metodològica entre els conceptes local/no local, i inferir possibles àrees d'activitat per a cada jaciment analitzat.

- L'adaptació de l'estratègia de mostrejos a cada zona i la seva vinculació amb l'aplicació del programari GIS ha estat clau per a poder inferir relacions geològiques amb els valors isotòpics d'estronci.
- Gràcies a la metodologia aplicada, s'ha realitzat una primera assignació de valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per algunes de les unitats i dels períodes geològics del NE peninsular, coherents amb els resultats d'altres resultats d'estronci biodisponible al NE de la Península Ibèrica.
- S'ha evidenciat que, al NE peninsular, les ràtios de BASr son més representatives de la geologia local que del tipus de mostra analitzada (havent recollit sediment, vegetació d'arrel curta i vegetació d'arrel llarga).
- Tot i l'antropització de les àrees mostrejades, gràcies a la possibilitat d'adaptar els mostrejos a l'àrea analitzada, s'ha trobat poca contaminació en les mostres recollides per l'autor d'aquest treball.
- El plantejament multiproxy resultat de combinar les ràtios de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i el $\delta^{18}O$ (malgrat no haver fet mostrejos de $\delta^{18}O$ referencial) ha demostrat la seva efectivitat en inferir diferències de patrons de mobilitat entre poblacions.
- Malgrat el poc rang dels mostrejos realitzats (<2km) gràcies a la metodologia aplicada i a l'assignació de valors a la geologia local, s'ha pogut superar la dicotomia metodològica entre individu local/no local i inferir possibles àrees d'activitat per a cada jaciment analitzat que hauran de ser ratificades en futurs treballs.

Focalitzant les conclusions en les poblacions estudiades, en aquest treball s'ha pogut observar una clara vinculació entre els patrons de mobilitat (d'humans i ramats) i els models socioeconòmics, el grau d'integració econòmica i la tipologia dels jaciments en els diferents períodes. Aquests resultats reforcen el potencial de les anàlisis isotòpiques viabilitat en l'estudi de la mobilitat en contextos arqueològics.

Al Neolític Mitjà, els resultats aportats per les comunitats humanes de la zona Vallès i Penedès, suggereix un tipus mobilitat principalment local. Aquesta

estaria restringida al territori de l'entorn dels jaciments, amb una àrea de captació de recursos propera, coherent amb les dades aportades pels estudis sobre l'agricultura (Antolín et al., 2015), la recol·lecció (Antolín & Jacomet, 2015) i els objectes i eines elaborats amb matèries primeres locals (Borrell & Bosch, 2012; Gibaja et al., 2018; Masclans, 2017; Quevedo et al., 2020). Tampoc s'han observat diferències significatives en els patrons de mobilitat respecte a la presència de materials exògens a la Bòbila Madurell/Can Gambús ni amb la pràctica absència d'ells a Mas d'en Boixos. Això suggereix l'existència de xarxes de distribució regionals, donada l'absència, en ambdós jaciments, d'individus amb valors atípics que indiquin la presencia d'individus forans en aquestes comunitats.

La mobilitat dels individus al Bronze Inicial, igual que al Neolític Mitjà, és coherent amb uns patrons regionals amb àrees de recaptació de recursos relativament propers, en la línia del que ja havien apuntat estudis precedents sobre la procedència del sílex a Mas d'en Boixos (Marín Castro, 2018) i en general pel període en aquesta zona (Albizuri et al., 2011; Bosch & Santacana, 2009; Bouso et al., 2004), tot i que s'observen diferències entre la mobilitat dels individus de Mas d'en Boixos al Neolític Mitjà i al Bronze Inicial, donat que en aquest període els humans semblen ser menys mòbils. De totes maneres, els valors d'ambdós períodes a Mas d'en Boixos son coherents amb les mateixes àrees geològiques, el que suggereix que no hi ha pràcticament diferències en les zones per les que es movia la població d'ambdós períodes.

A les poblacions d'Època Ibèrica- Edat del Ferro (els jaciments de Puig Castellar i Ullastret) s'han observat uns models de mobilitat coherents amb el sistema de jerarquia d'assentaments i de l'articulació de xarxes de distribució pròpies d'aquest període. Els resultats aportats per aquests dos jaciments apunten a un patró de mobilitat més ampli que en els períodes anteriors.

La variabilitat observada a la Bòbila Madurell/Can Gambús i de Mas d'en Boixos és considerablement menor respecte a les comunitats de l'època ibèrica, tot i les similituds en les zones geològiques. Això suggereix intercanvis o una xarxa de subministraments de productes coherent amb la proposta de models d'ocupació

del territori basada en un model territorialitzat i amb una jerarquia entre jaciments típica d'aquest període a Catalunya.

Pel que fa a la pràctica dels caps tallats, s'han vist diferències en l'origen geogràfic dels individu, que sumat a les diferències en el tractament i context de les restes, indica que aquesta pràctica no és ni monolítica ni homogènia a totes les ètnies Ibèriques. A Puig Castellar només un individu (PC_HU1) té valors similars als de la fauna i als del rang referencial local. En canvi, a Ullastret tots els humans presenten valors coherents amb els de la fauna i els de la geologia del territori que envolta el jaciment (> 5 km).

A les fosses de la Necròpolis de Roquetes, d'època baix medieval, no s'han observat diferències significatives entre els valors obtinguts a Tàrrega (mostres de sediment, vegetació i cortical dels individus del cementiri jueu) i a Cervera (sediment, vegetació i cortical dels individus del Cementiri de Sant Antoni), degut a la homogeneïtat geològica de la Plana Occidental Catalana Malgrat això, la coincidència de dos individus (FS005 i RO017) amb els valors de Cervera, i no amb els de Tàrrega, suggereix que podrien ser individus de Cervera que haurien fugit a Tàrrega arran dels atacs durant el pogrom de Cervera. D'altra banda, un individu (RO003) mostra valors que indiquen un origen geològic diferent al de la zona de Tàrrega i Cervera, amb valors molt superiors als observats en aquest territori de la Plana Occidental. Tot i que, els valors de RO003 coincideixen amb els rangs del Paleogen presents a la Plana, aquests valors són molt més elevats que els observats al Paleogen de Tàrrega i Cervera. Això suggereix que podria provenir d'alguna zona amb litologies del Cambroordovicià o del Carbonífer-Permià. S'han observat diferències entre les poblacions jueves (cementiri i fosses) i les cristianes (Cervera), i després d'excloure l'origen com a principal causa d'aquesta diferència (considerant l'homogeneïtat de valors entre Tàrrega i Cervera), s'ha establer la hipòtesis de que aquestes diferències responguin a diferents patrons alimentaris. Aquesta hipòtesis sorgeix dels preceptes estrictes que tenen les poblacions jueves en termes dietètics i que ja ha estat arqueològicament acreditat en aquesta zona a partir de diferents estudis sobre l'alimentació càrnia al barri jueu de Tàrrega (Valenzuela-Lamas et al., 2014) i a la Cuirassa de Lleida (Nieto-Espinet et al., 2024). A més a més, sembla haver-hi una major relació entre els jueus i els valors del Quaternari, entre els cristians i

els valors del Paleogen. Això podria indicar un accés diferencial a les terres de conreu i/o a les de pastura , amb els cristians amb un acces a territoris amb valors, principalment, del Paleogen i els jueus a zones més properes al Quaternari.

- S'ha evidenciat una clara vinculació entre els models socioeconòmics dels diferents períodes i la seva mobilitat i la viabilitat del mètode per a esbrinar aquestes diferències.
- S'ha dut a terme una anàlisis diacrònica de la mobilitat humana per períodes amb sistemes sociopolítics molt diversos. Aquest enfocament ha aportat una comprensió més completa de la mobilitat des d'una perspectiva holística, tenint en compte els canvis en els sistemes de governança i les dinàmiques socials al llarg del temps. La **Prehistòria Recent** del NE peninsular és caracteritza per una mobilitat reduïda, explotant les àrees més properes al assentament. Entre el **Neolític Mitjà i el Bronze Inicial** s'han vist diferències en el patró de mobilitat, amb individus menys mòbils en aquest darrer període. Durant l'**època Ibèrica** s'han observat uns models de mobilitat consistents amb la jerarquia d'assentaments i xarxes més àmplies de distribució de productes, típica d'aquest període. S'han vist diferències en relació a la pràctica dels caps tallats entre Ullastret i Puig Castellar, el que apunta a que és una pràctica monolítica ni metodològicament homogènia a totes les poblacions Iberes. A l'**Edat Mitjana** s'han vist diferències entre les poblacions cristianes de Cervera i les jueves de Tàrrega, probablement motivades pels diferents patrons d'alimentació entre comunitats. S'han evidenciat possibles dissimetries en l'accés al territori entre jueus i cristians en aquesta zona, al mostrar les poblacions cristianes una major variabilitat en els resultats vs la coincidència dels valors dels jueus amb el referencial biodisponible de la població de Tàrrega.

7.2. Perspectives de futur

La potencialitat dels estudis isotòpics aplicats a l'arqueologia per inferir pràctiques de mobilitat relacionades amb els models de gestió del territori al llarg

del temps aquest treball ha obert altres noves línies de recerca per al futur de cara a ampliar i verificar algunes de les tendències i hipòtesis que ha plantejat el present treballa.

Des d'una **perspectiva metodològica**, es fa necessària l'ampliació dels mostrejos referencials a fi de ratificar les tendències observades i els rangs proposats en aquest estudi per a la geologia del NE per a, a la llarga, poder acabant generant una isoscape pel NE. Amb aquest fi, el desenvolupament d'anàlisis multi-isotòpics, combinant altres isòtops com el sofre o el plom per la mobilitat o el carboni o el nitrogen per la dieta, permetrà ampliar el coneixement que tenim dels patrons de mobilitat i de l'ús del territori per part de les poblacions antigues.

A nivell de **problemàtiques històriques específiques:**

- La realització d'anàlisis isotòpiques a restes arqueozoològiques del **Neolític Mitjà i del Bronze Inicial** permetria a definir els patrons de mobilitat animal durant aquests períodes, podent complementar les dades aportades sobre la mobilitat humà, i oferint d'aquesta manera una imatge més precisa sobre la gestió territorial i les àrees de captació de les comunitats d'aquest període. L'anàlisi de restes antropològiques i arqueozoològiques del Bronze Inicial de la Bòbila també seria molt interessant, donat que permetria confirmar si el fenomen de reducció de la mobilitat, detectat en aquest treball, correspon a una lògica territorial (dinàmiques pròpies del Penedès) o bé cronològica (anàlisis de restes corresponents a un període que abasta 300 anys). La integració de les dades isotòpiques amb les proporcionades per estudis d'altres elements de cultura material, anàlisis d'ADN antic, i estudi dels patrons funeraris de l'Edat del Bronze a la zona del Vallès, ajudaria a explicar millor aquest fenomen de progressiva especialització en les activitats per part de les petites comunitats que semblen poblar aquesta zona al Bronze.

- Respecte a l'**època ibèrica** ampliar l'anàlisi sobre els cranis enclavats pot aportar més informació sobre la dinàmica d'aplicació d'aquesta pràctica. Aquestes anàlisis, combinades amb restes arqueozoològiques ,

permetrà consolidar el nostre coneixement sobre l'articulació de les xarxes d'intercanvi i distribució de bens, i el grau de connectivitat entre territoris en un moment de màxima territorialització i jerarquització social. Especialment interessant seria aprofundir en el coneixement sobre com les xarxes d'intercanvi evolucionen al llarg de l'Edat del Ferro, en relació a la l'impacte del factor colonial mediterrani en les comunitats locals, i de les conseqüències de la conquesta al territori.

- Pel que fa a les problemàtiques **d'època medieval**, la integració de les dades aportades per els isòtops d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i $\delta^{18}O$, amb noves analítiques per a l'estudi de la paleodieta serien molt interessants per a poder inferir diferències entre la població jueva de Tàrrega i la cristiana de Cervera per veure si, efectivament, les diferències observades obeeixen a la raó suggerida en aquest treball: l'alimentació i un accés diferencial a les zones productives de les diferents comunitats. En aquest sentit, la realització d'anàlisis de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ a poblacions cristianes de Tàrrega serà clau per a poder esbrinar si la major variabilitat en els rangs d'estronci observat en els cristians de Cervera obeeix a diferents dinàmiques d'accés a la terra per comunitat religiosa o bé és una dinàmica més lligada al territori explotat per cada Vila. L'ampliació d'aquests estudis a altres poblacions de la zona (com, per exemple, Lleida) obriria noves vies de recerca comparativa molt prometedores. Així mateix, un anàlisi d'una societat medieval plenament feudal seria molt interesant a fi de poder determinar si els patrons de mobilitat observats aquí segueixen estant condicionats pel lligam dels pagesos a la terra o bé ja s'observen dinàmiques socials més lligades amb l'esperable a l'Època Moderna, amb una societat més propietària i amb més, presumiblement, llibertat de moviment.

A nivell de problemàtica més global, és crucial **abordar els canvis diacrònics a través de la mobilitat en cada territori**. Serà interessant analitzar l'evolució en els models de gestió del territori i els canvis en el grau d'integració econòmica i connectivitat al llarg del temps mitjançant l'estudi de la mobilitat humana. Això requereix seleccionar contextos en cada zona on es pugui partir d'un mateix

isoscape local, fet que permetrà visualitzar de manera més clara la variació diacrònica (o la manca d'aquesta) en la mobilitat humana i les implicacions socioeconòmiques i/o ecològiques que poden inferir-se.

Llistat de figures i taules

Figura 3.1. Cicle que segueix l'estronci biodisponible des de que es filtra cap al sediment des del subsol geològic fins arribar a la vegetació i animals d'una zona (elaboració pròpia). 14
Figura 3.2. Figura que representa la variació de la baseline de l'oxigen a partir de la modificació del $\delta^{18}O$ pels processos de precipitació i evaporació (fig. 1 a Pederzani and Britton, 2019) 20
Figura 3.3. Mapa geològic del NE de la Península Ibèrica amb els períodes geològics i els jaciments arqueològics estudiats. Les àrees geogràfiques ressaltades son les mencionades al text (fons: mapa geològic comarcal del ICGC 1:50000). 27
Figura 3.4. Períodes geològics del NE de la Península Ibèrica amb la localització dels mostrejos de BASr realitzats fins l'actualitat trets de la base de dades SrIsoMed (fons: mapa geològic comarcal del ICGC 1:50000) 31
Figura 4.1. Mapes on s'indica el grau de complexitat geogràfica i d'antropització de les zones on es troben els jaciments i conjunts arqueològics analitzats en relació al mapa geològic de Catalunya (Font: mapa geològic comarcal del ICGC i Mapa 1.4 (p.11) Atles del mon rural 2022) 36
Figura 4.2. Figura on es mostren les profunditats de les arrels il·lustrades com a dibuixos esquemàtics de plantes individuals utilitzant valors mitjos geomètrics aproximats per a sis categories de formes de creixement (de l'esquerra a la dreta): suculentes, herbes anuals, herbes perennes, arbusts i arbres. Els valors mitjos de les profunditats de les arrels es van obtenir de Schenk i Jackson (2002a) (figura 2 de Constantini et al. 2016: 400). 37
Figura 4.3. Mapa geològic de Catalunya on s'indiquen els diferents punts i la tipologia de mostra duta a terme (Mapa elaborat en QGis a partir del mapa geològic comarcal del ICG 1:50000). 38
Figura 4.4. Mapa on s'indiquen els buffers de 2km realitzats per planificar les campanyes de mostreig de cada àrea arqueològica elaborats en QGis a partir del mapa geològic comarcal del ICG 1:50000. 39
Figura 4.5. Esquema del procés de treball de la metodologia utilitzada per recollir les mostres de vegetació i sediment modern per a l'establiment del referencial d'estronci local biodisponible. Cada color representa una fase del procés: En verd les tasques executades amb el QGis d'escriptori, en blau les del QField, en vermell els processos duts a terme en camp i en taronja aquells posteriors al mostreig. 42
Figura 4.6. Fotografia de mostres vegetals i de sediment de Mas d'en Boixos. Esteses per assecar al laboratori de Química de l'Os de la Universitat Autònoma de Barcelona. 48
Figura 4.7. Figura x. Fotografia de mostres vegetals de Tàrrega abans (a dalt) i després (a baix) de passar pel forn (Hobersal XB Series de 30cm x 30cm) al Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA-UAB). 49
Figura 4.8. Fotografia de dents humanes de Mas d'en Boixos durant el procés de neteja amb el bany d'ultrasons Bransonic® (model 5510EDTH). La primera fotografia (a dalt) és durant un dels banys i la segona (a baix) just acabat el darrer bany (l'aigua miliQ ja surt transparent). 51
Figura 4.9. Fotografia de mostres de sediment de Puig Castellar, Ullastret i de la Bòbila Madurell/Can Gambús després de haver passat per l'agitador orbital a les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). 53
Figura 4.10. Figura x. Fotografia del final del procés de cromatografia, es pot veure les columnes decantant (en haver afegit dos volums de 1ml de HNO3 0,05N a cada columna) l'estronci cap als pots de mostra (ja per enviar al

espectròmetre) a les Instal·lacions de Recerca Avançada del SGIker de la Universitat del País Basc/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). 54
Figura 5.1. Localització de la Bòbila Madurell/Can Gambús (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental). 66
Figura 5.2. Fotografia de l'estructura UF2, classificada per Dubosc com a estructura simple (1.1.1) (Bravo et al. 2015). 69
Figura 5.3. Fotografia de les inhumacions de l'E-497 i de l'E-580, estructures classificades per Duboscq com a estructura de tipus complex (1.1.2) (Allièse, 2016). 70
Figura 5.4. Fotografia de les estructures E-70 i E-247, classificades per Duboscq com a estructures indeterminades (1.1.3) (Allièse, 2016). 70
Figura 5.5. Planta del jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús amb les estructures analitzades en aquest treball etiquetades (mapa realitzat i cedit pel Gerard Remolins) 72
Figura 5.6. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús. 76
Figura 5.7. Localització de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès). 80
Figura 5.8. Fotografia del procés final de l'àrea excavada durant les campanyes de 2008 (Pedro, 2012). 81
Figura 5.9. Planta del jaciment de Mas d'en Boixos, dividit per sectors. Els punts blaus son les estructures del Neolític Mitjà i els vermells les del Bronze Inicial (mapa realitzat i cedit pel Xavier Esteve). 83
Figura 5.10. Fotografia de les sitges neolítiques E383, E381, E423 i E382 (d'esquerra a dreta i de dalt a baix), excavades durant les campanyes del 2008 (Pedro, 2012) 85
Figura 5.11. Fotografia estructura 88 de Mas d'en Boixos (Bouso et al. 2019). 87
Figura 5.12. Fotografia del procés d'excavació de l'estructura 201 de Mas d'en Boixos (Bouso et al., 2019). 88
Figura 5.13. Fotografia del procés d'excavació de l'estructura 355 de Mas d'en Boixos (Bouso et al., 2019). 89
Figura 5.14. Fotografies de l'estructura 423 i de l'enterrament E431 del Bronze Inicial (Pedro, 2012) 93
Figura 5.15. Fotografia durant l'excavació de l'E-35, un dels hipogeus del Bronce Inicial a Mas d'en Boixos (Alfonso et al., 2002). 95
Figura 5.16. Fotografia del procés d'excavació de l'E-431 (Pedro, 2012). 97
Figura 5.17. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de Mas d'en Boixos. 98
Figura 5.18. Localització de Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelona). 104
Figura 5.19. Foto aèria del jaciment de Puig Castellar. Autor: Museu Torre Balldovina (Santa Coloma de Gramenet) 107
Figura 5.20. Planta del jaciment arqueològic de Puig Castellar (creada i cedida per la Conxita Ferrer Álvarez). 108
Figura 5.21. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de Puig Castellar. 110
Figura 5.22. Localització de Ullastret (Ullastret, Baix Empordà). 113
Figura 5.23. Mapa conceptual de la localització d'Ullastret amb els seus dos assentaments principals, el Puig de Sant Andreu i l'Illa d'en Reixac (Garcia-Garcia et al. 2016). 115
Figura 5.24. Fotografia i TAC d'un dels cranis enclavats trobats al Puig de Sant Andreu (autora: Eulàlia Subirà) 117
Figura 5.25. Planta de l'assentament del Puig de Sant Andreu a Ullastret (modificat a partir de la fig.5 i la fig.11 del capítol 3 de Garcia-Garcia et al., 2016). 118
Figura 5.26. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de Ullastret. 120
Figura 5.27. Localització de la Necròpolis de Roquetes (Tàrrega, Urgell) i de la ciutat de Cervera (Cervera, Segarra). 126

Figura 5.28. Planta de l'excavació de les fosses a la Necròpolis de Roquetes (autora: Anna Colet) 127
Figura 5.29. Fotografia de la fossa 161 de la necròpolis de Roquetes (Tàrrega). Anna Colet (Museu Tàrrega, Urgell). 128
Figura 5.30. Mapa de l'àrea mostrejada al jaciment de la Necròpolis de Roquetes. 131
Figura 5.31. Mapa de l'àrea mostrejada a Cervera. 132
Figura 6.1. Boxplot que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres referencials locals analitzades en aquest treball, dividides per jaciment de procedència i tipus de mostra. 136
Figura 6.2. Gràfic de dispersió de punts que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les unitats geològiques analitzades en aquest treball, classificades pel tipus de mostra d'on provenen els valors. 136
Figura 6.3. Boxplot que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres referencials locals analitzades en aquest treball, dividides per període geològic i tipus de mostra. Els períodes geològics estan ordenats de més antic (esquerra) a més recent (dreta). 137
Figura 6.4. Boxplot que representa els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres referencials locals analitzades en aquest treball, dividides per període geològic i litologia. Els períodes geològics estan ordenats de més antic (esquerra) a més recent (dreta). 138
Figura 6.5. Conjunt de gràfics de dispersió de punts que representen els valors de la ràtio $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les diferents espècies de vegetació analitzades en aquest treball, dividides per tipus de mostra (vegetació d'arrel llarga o curta) i per període geològic 139
Figura 6.6. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ pels resultats dels humans neolítics i l'estronci local de Mas d'en Boixos. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. L'etiqueta del nom de l'individu està marcada en tant a la coincidència del valor isotòpic humà amb el rang mínim i màxim de l'estronci local. 142
Figura 6.7. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans neolítics tenint en compte l'edat de cada individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. L'etiqueta del nom de l'individu està marcada en funció de la coincidència del valor isotòpic humà amb el rang mínim i màxim de l'estronci local. 143
Figura 6.8. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans neolítics tenint en compte el sexe assignat de l'individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 144
Figura 6.9. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans del bronze inicial i del sediment i vegetació moderna de Mas d'en Boixos. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 146
Figura 6.10. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte el sexe de l'individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. Els polígons de colors marquen la distribució dels individus en tant a la variable sexe. El color del punt, la determinació sexual de cada individu. 147
Figura 6.11. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte la determinació d'edat de l'individu analitzat. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. Els colors dels punts marquen la determinació de grup d'edat de cada individu. 147

Figura 6.12. Gràfic QQ per diagnosticar la distribució anormal dels resultats d'estronci local a la Bòbila Madurell/Can Gambús. Es pot veure com les mostres 3 i 13 (i també 2 i 5) es desvien significativament de la tendència general. En el cas dels resultats dels individus, es pot observar el mateix efecte amb una mostra exageradament separada de la resta (IPLBM-0010). 150
Figura 6.13. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans i referencial local de la Bòbila Madurell/Can Gambús. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci referencial. Les tres mostres de sediment que no estan dins de l'àrea grisa son outliers que no s'han tingut en compte per marcar el referencial. 151
Figura 6.14. Gràfic ensenyant els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ per humans de la Bòbila Madurell/Can Gambús. Les formes i el color representen el tipus de dent analitzada, mentre que la línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. Els individus etiquetats amb el seu codi son aquells que son locals segons els rangs marcats pels valors d'estronci de les mostres de vegetació i sediment. 152
Figura 6.15. Gràfic de densitat del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ del jaciment de la Bòbila Madurell/Can Gambús, dividit per origen de la mostra. 153
Figura 6.16. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats de l'esmalt dentari humà de la Bòbila Madurell, Can Gambús I i Can Gambús II tenint en compte el sexe. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 154
Figura 6.17. Gràfic que mostra els valors d'$^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats de l'esmalt dentari humà de la Bòbila Madurell/Can Gambús tenint en compte el sexe. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 155
Figura 6.18. Gràfic QQ per diagnosticar la distribució anormal dels resultats d'estronci del sediment i la vegetació de Puig Castellar. Es pot veure com clarament la mostra 6 es desvia significativament de la tendència general de la resta de mostres. 157
Figura 6.19. Gràfic ensenyant els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Puig Castellar. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 159
Figura 6.20. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Puig Castellar. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local combinat amb els valors de la fauna arqueològica. 161
Figura 6.21. Gràfic de densitat del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ del jaciment de Puig Castellar, dividit per espècies i origen de la mostra. 162
Figura 6.22. Conjunt de dendrogrames que representen diferents configuracions de les mostres. El primer gràfic mostra l'agrupació de les mostres de fauna arqueològica (els humans no tenen oxigen) en tant als resultats del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$. El segon, agrupa en tant al ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ en humans i fauna. El tercer té en compte els valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ de totes les mostres analitzades: humans, fauna arqueològica, sediment i vegetació. . 164
Figura 6.23. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Ullastret. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 167

Figura 6.24. Valors d' $^{87}Sr/^{86}Sr$ per humans, fauna i estronci local de Ullastret. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local combinat amb els valors de la fauna arqueològica. 168
Figura 6.25. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ per humans i fauna de Ullastret. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci del sediment i la vegetació. 169
Figura 6.26. Gràfic de densitat del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ del jaciment de Ullastret, dividit per espècies i procedència de la mostra. 170
Figura 6.27. Conjunt de dendrogrames que representen diferents configuracions de les mostres. El primer gràfic (dalt esquerra) mostra l'agrupació de les mostres de fauna arqueològica en tant als resultats del ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$. El segon (dalt dreta), agrupa en tant al ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ en humans i fauna. El tercer gràfic (baix esquerra) només mostra el ràtio isotòpic $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres humanes i de fauna arqueològica. El quart (baix dreta), té en compte els valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ de totes les mostres analitzades: humans, fauna arqueològica, sediment i vegetació. 172
Figura 6.28. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ de les restes humanes de les fosses col·lectives de la necròpolis de Tàrrega. Les formes i el color representen la fossa de la que procedeixen. La línia discontinua (horitzontal) marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim dels valors d'estronci del sediment i la vegetació moderna recollida en torn a Tàrrega (esquerra) i Cervera (dreta). La línia de punts (vertical) marca el 95% de l'interval de confiança dels valors de $\delta^{18}O$ de les restes humanes que no son les fosses: Els enterraments individuals i la fauna a Tàrrega (esquerra) i les restes trobades a la necròpolis de Sant Antoni a Cervera (dreta) i que s'assumeix com a representant de la localitat. 176
Figura 6.29. Valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ de les restes humanes de les fosses col·lectives de la necròpolis de Tàrrega. Les formes i el color representen la fossa de la que procedeixen. La línia discontinua (horitzontal) marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim dels valors d'estronci dels enterraments individuals i la fauna a Tàrrega (esquerra) i les restes trobades a la necròpolis de Sant Antoni a Cervera (dreta), així com del sediment i la vegetació moderna recollida en torn a Tàrrega (esquerra) i Cervera (dreta). La línia de punts (vertical) marca el 95% de l'interval de confiança dels valors de $\delta^{18}O$ de les restes humanes que no son les fosses: Els enterraments individuals i la fauna a Tàrrega (esquerra) i les restes trobades a la necròpolis de Sant Antoni a Cervera (dreta). 177
Figura 6.30. Gràfic de barres que mostra els percentatges i el nombre de individus corresponents al resultat dels bucles realitzats amb la prova de la T de Student, realitzat a partir del recompte dels resultats exposats a la Taula 5.17. 179
Figura 6.31. Gràfic de caixes i bigotis dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de la totalitat de mostres analitzades a Tàrrega, Roquetes i Cervera. El color representa el tipus de mostra i el gràfic divideix els resultats entre si provenen de Tàrrega (esquerra), de la necròpolis de Roquetes (centre) o de Cervera (dreta). Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos. 181
Figura 6.32. Gràfic de caixes i bigotis dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de la totalitat de mostres analitzades a Tàrrega, Cervera i Roquetes, desglossat per fosses. El color representa la procedència de la mostra i el gràfic divideix els resultats entre si provenen de Tàrrega (a dalt esquerra), Cervera (a baix esquerra) o de la necròpolis de Roquetes (a

dalt i a baix dreta). Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos. 182
Figura 6.33. Gràfic de caixes i bigotis dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels individus de les fosses analitzats. A l'esquerra classificats per sexe i a la dreta per grups d'edat. Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos. Les línies superposades horitzontalment és el interval del 95% de confiança dels resultats referencials locals de Tàrrega (línia de punts) i de Cervera (línia discontinua). 183
Figura 7.1. Mapa geològic del NE de la Península Ibèrica amb els valors BASr per a cada tipus de mostra analitzada en aquesta tesi (en vermell) i les dades provinents de la base de dades de SrIsoMed (en negre). A l'esquerra hi ha un mapa general del NE i a la dreta un detall de la Costa Central Catalana, on hi ha més acumulació de mostres. 189
Figura 7.2. Mapa geològic general amb tots els jaciments arqueològics estudiats en aquest treball, amb els períodes geològics que els envolten de fons. 191
Figura 7.3. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ dels humans del Neolític Mitjà de la Bòbila Madurell/Can Gambús i de Mas d'en Boixos expressats en un gràfic de dispersió de punts i dos gràfics de densitat amb els resultats de $\delta^{18}O$ (a dalt) i de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (dreta). 196
Figura 7.4. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans neolítics tenint en compte les variables de presència absència de materials exògens com aixovar associat al individu inhumat (Allièse, 2016; Duboscq, 2017; Masclans, 2017; Morell Rovira, 2019). La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. L'etiqueta del nom de l'individu està marcada en tant a la coincidència del valor isotòpic humà amb el rang mínim i màxim de l'estronci local. 197
Figura 7.5. Boxplots que mostren la distribució de les mostres en tant als seus resultats de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (esquerra) i de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ (dreta) tenint en compte les variables de presència absència de materials exògens com aixovar associat al individu inhumat (Duboscq, 2017; Masclans Latorre, 2017; Morell Rovira, 2019). La línia de punts marca el límit inferior dels valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres de vegetació i de sediment. Els punts negres son la representació aleatòria de la dispersió de la mostra en torn als valors dels eixos x i y. 200
Figura 7.6. Localització Mas d'en Boixos i la Bòbila Madurell/Can Gambús amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa. 206
Figura 7.7. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ dels humans del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos, expressats en un gràfic de dispersió de punts i dos gràfics de densitat amb els resultats de $\delta^{18}O$ (a dalt) i de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (dreta). 209
Figura 7.8. Figures que mostren (a dalt) un gràfic de densitat amb la distribució dels valors de $\delta^{18}O$ en tant a la tipologia d'enterrament dels humans de Mas d'en Boixos al Bronze Inicial i (a baix) els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte la determinació d'edat de l'individu analitzat. 211
Figura 7.9. Gràfic que mostra els valors de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ pels resultats dels humans del bronze inicial tenint en compte l'estructura a on es va trobar cada individu. La línia de punts marca el 95% de l'interval de confiança i l'àrea grisa el rang entre el valor mínim i el valor màxim d'estronci local. 212
Figura 7.10. Localització de Mas d'en Boixos i Valldeperes amb els amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa. 214
Figura 7.11. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ i de $\delta^{18}O$ dels humans del Neolític Mitjà i del Bronze Inicial a Mas d'en Boixos, expressats en un gràfic de dispersió de punts i dos gràfics de densitat amb els resultats de $\delta^{18}O$ (a dalt) i de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ (dreta). 216

Figura 7.12. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans i de la fauna de Puig Castellar, expressats en un gràfic de dispersió de punts (esquerra) i un gràfic de densitat amb els resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per espècie (dreta).. 220
Figura 7.13. Localització de Puig Castellar amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa. 223
Figura 7.14. Resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels humans i de la fauna de Ullastret, expressats en un gràfic de dispersió de punts (esquerra) i un gràfic de densitat amb els resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ per espècie (dreta).. 225
Figura 7.15. Localització de Ullastret amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa. 227
Figura 7.16. Localització de les poblacions de Tàrrega i Cervera amb el mapa geològic comarcal 1:50000 de fons, visualitzant els períodes formatius de cada capa. 235
Figura 7.17. Gràfics de densitat amb els resultats de la ràtio de $^{87}Sr/^{86}Sr$ de les mostres de sediment i vegetació, classificades per litologia i període geològic de cada mostra, i dels humans la Necròpolis de Roquetes i del Cementiri de Sant Antoni. 237
Figura 7.18. Valors $^{87}Sr/^{86}Sr$ dels diferents períodes analitzats 246

Bibliografia

Adams, S., Grün, R., McGahan, D., Zhao, J., Feng, Y., Nguyen, A., Willmes, M., Quaresimin, M., Lobsey, B., Collard, M., & Westaway, M. C. (2019). A strontium isoscape of north-east Australia for human provenance and repatriation. *Geoarchaeology*, *34*(3), 231-251. https://doi.org/10.1002/gea.21728

Agustí, B. (2001). El foc, un recurs funerari específic de la prehistòria. *Cypsela*, *13*, 73-88.

Agustí, B., Codina, F., Díaz-Carvajal, A., Lara, L., Prado, G. de, Rovira, M. C., & Subirà, M. E. (2016). La pratique des têtes coupées attestée à Ullastret (Catalogne). Nouvelles données, nouvelles lectures. En *Vie quotidienne, tombes et symboles des sociétés protohistoriques de Méditerranée nord-occidentale* (Vol. 2, p. 599-611). https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8317962

Agustí, B., & Díaz-Carvajal, A. (2015). Estudi antropològic. En *Els caps tallats d'Ullastret: Violència i ritual al món iber* (p. 25-29).

Agustí, B., Díaz-Carvajal, A., De Prado, G., Lara, L., Rovira, M. C., & Subirà, M. E. (2015). Exposition publique de têtes et d'armes chez les Ibères du Nord. *Dossiers d'Archéologie*, *367*, 32-37.

Agustí, B., & Martín, A. (2006). Actes de violència en el període iber. El cas d'Ullastret i altres poblats catalans. *Cypsela*, *16*, 51-64.

Ahlström, T., & Price, T. D. (2021). Mobile or stationary? An analysis of strontium and carbon isotopes from Västerbjers, Gotland, Sweden. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *36*, 2352-2409. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.102902

Albizuri, S., Alonso, N., & López Cachero, F. J. (2011). Economia i canvi social a Catalunya durant l'edat del bronze i la primera edat del ferro. *Arqueomediterrània*, *12*, 11-36.

Albizuri, S., Grandal-D'anglade, A., Francisco, |, & L Opez-Cachero, J. (2021). *Pastures and fodder for feeding equids 3000 years ago: The Can Roqueta site (Barcelona, Spain) as a model of equine herd management*. https://doi.org/10.1002/oa.3068

Albizuri, S., Nadal, J., Martín, P., Gibaja, J. F., Cólliga, A. M., Esteve, X., Oms, X., Martí, M., López-Onaindia, D., & Subirà, M. E. (2019). Dogs in funerary contexts during the Middle Neolithic in the northeastern Iberian Peninsula (5th-early 4th millennium BCE). *Journal of Archaeological Science: Reports*. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.01.004

Albizuri, S., Valenzuela-Lamas, S., Bosch, D., Fernandez, M., & López-Cachero, F. J. (2019a). Equid use and provision during the Early Iron Age in Can Roqueta (NE Iberian Peninsula). Zooarchaeological study and first strontium isotope result (87Sr/86Sr). *Journal of Archaeological Science: Reports*, *26*. Scopus. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101907

Albizuri, S., Valenzuela-Lamas, S., Bosch, D., Fernandez, M., & López-Cachero, F. J. (2019b). Equid use and provision during the Early Iron Age in Can Roqueta (NE Iberian Peninsula). Zooarchaeological study and first strontium isotope result (87Sr/86Sr). *Journal of Archaeological Science: Reports*, *26*, 101907. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101907

Alfonso, J., Subirà, M. E., & Malgosa, A. (2000). *Estudi antropològic de les inhumacions neolítiques del jaciment de Mas d'en Boixos (Pacs, Alt Penedès)*. Universitat Autònoma de Barcelona.

Alfonso, J., Subirà, M. E., & Malgosa, A. (2002). *Informe antropològic de les inhumacions de l'Edat del Bronze del jaciment de Mas d'en Boixos (Pacs, Alt Penedès). Campanyes 1997-2000*.

Alfonso, J., Subira, M. E., & Malgosa, A. (2004). *Estudi de les restes humanes del mas d'en boixos (pacs del penedès, alt penedès)*. 82-90. http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=20240744

Alfonso, J., Subirà, M. E., & Malgosa Morera, A. (2001). Estudi preliminar de les restes antropològiques del Mas d'en Boixos (Pacs, Alt Penedès). *Tribuna d'arqueologia*, 0033-0048.

Allièse, F. (2016). *Les sépultures de la Bòbila Madurell-Can Gambús (Vallès occidental) Éclairages sur les pratiques funéraires du nord-est de la péninsule Ibérique à la fin du Ve et au début du IVe millénaire*. L'Université de Paris/Universitat Autònoma de Barcelona.

AlQahtani, S. j., Hector, M. p., & Liversidge, H. m. (2010). Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American Journal of Physical Anthropology*, *142*(3), 481-490. https://doi.org/10.1002/ajpa.21258

Antolín, F. (2014). *Of cereals, poppy, acorns and hazelnuts: Plant economy among early farmers (5500-2300 cal BC) in the NE of the Iberian Peninsula: an archaeobotanical approach*. Universitat Autònoma de Barcelona,. https://ddd.uab.cat/record/117865

Antolín, F., Berihuete, M., Blanco, A., Buxó, R., & Garcia, L. (2017). El rebost domèstic i el rebost salvatge. En *La Revolució neolítica: La Draga, el poblat dels prodigis* (p. 45-50).

Antolín, F., Buxó, R., Jacomet, S., Navarrete, V., & Saña, M. (2014). An integrated perspective on farming in the early Neolithic lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain). *Environmental Archaeology*, *19*(3), 241-255. https://doi.org/10.1179/1749631414Y.0000000027

Antolín, F., & Jacomet, S. (2015). Wild fruit use among early farmers in the Neolithic (5400–2300 cal bc) in the north-east of the Iberian Peninsula: An intensive practice? *Vegetation History and Archaeobotany*, *24*(1), 19-33. https://doi.org/10.1007/s00334-014-0483-x

Antolín, F., Jacomet, S., & Buxó, R. (2015). The hard knock life. Archaeobotanical data on farming practices during the Neolithic (5400–2300 cal BC) in the NE of the Iberian

Peninsula. *Journal of Archaeological Science*, *61*, 90-104. https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.05.007

Antolín, F., & Saña, M. (2022). Les activitats de subsistència en el neolític antic del nord-est peninsular: Les pràctiques agrícoles i ramaderes, la cacera, la pesca i la recol· lecció. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, 125-146.

Araguás-Araguás, L., Froehlich, K., & Rozanski, K. (2000). Deuterium and oxygen-18 isotope composition of precipitation and atmospheric moisture. *Hydrological Processes*, *14*(8), 1341-1355. https://doi.org/10.1002/1099-1085(20000615)14:8<1341::AID-HYP983>3.0.CO;2-Z

Aranegui Gascó, C. (2015). Cuerpos sin rostro. Ostentación, violencia y representación social entre los iberos (siglos V-IV a.C.). En *Les estructures socials protohistòriques a la Gàl·lia i a Ibèria. Homenatge a Aurora Martín i Enriqueta Pons. Actes de VII Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell* (p. 23-38). Àrea d'Arqueologia (Universitat de Barcelona) i Institut Català d'Arqueologia Clàssica.

Asensio Vilaró, D., Belarte Franco, C., Sanmartí Grego, J., & Santacana Mestre, J. (1998). Paisatges ibèrics: Tipus d'assentaments i formes d'ocupació del territori a la costa central de Catalunya durant el període ibèric ple. *Congreso Internacional Los Iberos, Príncipes de Occidente (Barcelona, 12, 13 i 14 de març de 1998).*, *Centro Cultural de la Fundación "la Caixa". Saguntum-PLAV, Extra-1*, 373-385.

Asensio Vilaró, D., Cardona, R., Ferrer Álvarez, C., Morer, J., & Pou, J. (2001). Tipus d'assentaments i evoluciô del poblament ibèric a la Catalunya central (eix Llobregat-Cardener). *Territori polític i territori rural durant l'edat del Ferro a la Mediterrània Occidental. Actes de la Taula Rodona celebrada a Ullastret (Ullastret, 25 al 27 de maig de 2000)*, *2*, 183-201.

Asensio Vilaró, D., Francés, J., Ferrer Álvarez, C., Guàrdia, M., & Sala, O. (2001). Formes d'ocupació del territori i estructuració econòmica al sud de la Laietània. En A. Martín i Ortega & R. Plana i Mallart (Ed.), *Territori polític i territori rural durant l'edat del Ferro a la Mediterrània Occidental. Actes de la Taula Rodona celebrada a Ullastret (Ullastret, 25 al 27 de maig de 2000)* (p. 227-251). https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=14665602

Asensio Vilaró, D., Frances, J., & Pons, E. (2002). Les implicacions econòmiques i socials de la concentració de reserves de cereals a la Catalunya costanera en època ibérica. *Cypsela*, *14*, 125-140.

Asensio-Vilaró, D. (2019). *Economia i societat dels pobles ibèrics de l'àrea catalana a través de l'estudi dels conjunts ceràmics (segles VI-II aC)*. Universitat de Barcelona.

Balasse, M., Boury, L., Ughetto-Monfrin, J., & Tresset, A. (2012). Stable isotope insights (δ 18O, δ 13C) into cattle and sheep husbandry at Bercy (Paris, France, 4 th millennium BC): Birth seasonality and winter leaf foddering. *Environmental Archaeology*, *17*(1), 29-44. https://doi.org/10.1179/1461410312Z.0000000003

Balasse, M., Obein, G., Ughetto-Monfrin, J., Mainland, I., Ughetto, J., Balasse, M., Obein, G., Ughetto-Monfrin, J., & Mainland, I. (2012). *Investigating seasonality and*

season of birth in past herds: A reference set of sheep enamel stable oxygen isotope ratios. *54*(2). https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00624.xï

Balasse, M., Smith, A. B., Ambrose, S. H., & Leigh, S. R. (2003). Determining sheep birth seasonality by analysis of tooth enamel oxygen isotope ratios: The late stone age site of Kasteelberg (South Africa). *Journal of Archaeological Science*, *30*(2), 205-215. https://doi.org/10.1006/jasc.2002.0833

Balcaen, L., De Schrijver, I., Moens, L., & Vanhaecke, F. (2005). Determination of the 87Sr/86Sr isotope ratio in USGS silicate reference materials by multi-collector ICP-mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*, *242*(2-3), 251-255. https://doi.org/10.1016/J.IJMS.2004.10.025

Barberena, R., Cardillo, M., Lucero, G., le Roux, P. J., Tessone, A., Llano, C., Gasco, A., Marsh, E. J., Nuevo-Delaunay, A., Novellino, P., Frigolé, C., Winocur, D., Benítez, A., Cornejo, L., Falabella, F., Sanhueza, L., Santana Sagredo, F., Troncoso, A., Cortegoso, V., … Méndez, C. (2021). Bioavailable Strontium, Human Paleogeography, and Migrations in the Southern Andes: A Machine Learning and GIS Approach. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.584325

Bataille, C. P., & Bowen, G. J. (2012). Mapping 87Sr/ 86Sr variations in bedrock and water for large scale provenance studies. *Chemical Geology*, *304-305*, 39-52. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2012.01.028

Bataille, C. P., Crowley, B. E., Wooller, M. J., & Bowen, G. J. (2020). Advances in global bioavailable strontium isoscapes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *555*(June), 109849. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109849

Bataille, C. P., von Holstein, I. C. C., Laffoon, J. E., Willmes, M., Liu, X.-M., & Davies, G. R. (2018). A bioavailable strontium isoscape for Western Europe: A machine learning approach. *Plos One*, *13*(5). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197386

Beaudry, M. C., & Parno, T. G. (Ed.). (2013). *Archaeologies of Mobility and Movement* (Vol. 35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6211-8

Belarte, M. C. (2008). Domestic architecture and social differences in North-Eastern Iberia during the Ironage (c.525-200 BC). *Oxford Journal of Archaeology*, *27*(2), 175-199. https://doi.org/10.1111/j.1468-0092.2008.00303.x

Belarte, M. C. (2013). El espacio doméstico y su lectura social en la protohistoria de Cataluña (s. VII - II/I A.C.). En S. Gutiérrez & I. Grau-Mira (Ed.), *De la estructura doméstica al espacio social. Lecturas arqueológicas del uso social del espacio* (p. 77-94). Universitat d'Alacant.

Bentley, R. A. (2006). Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: A review. *Journal of Archaeological Method and Theory*, *13*(3), 135-187. https://doi.org/10.1007/s10816-006-9009-x

Bentley, R. A., Bickle, P., Fibiger, L., Nowell, G. M., Dale, C. W., Hedges, R. E. M., Hamilton, J., Wahl, J., Francken, M., Grupe, G., Lenneis, E., Teschler-Nicola, M., Arbogast, R.-M., Hofmann, D., & Whittle, A. (2012). Community differentiation and

kinship among Europe's first farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(24), 9326-9330. https://doi.org/10.1073/pnas.1113710109

Bentley, R. A., & Knipper, C. (2005). Geographical Patterns in Biologically Available Strontium, Carbon and Oxygen Isotope Signatures in Prehistoric Sw Germany*. *Archaeometry*, *47*(3), 629-644. https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2005.00223.x

Bentley, R. A., Pradier, B., Kyaw, A. A., & Pryce, T. O. (2021). Kinship and migration in prehistoric mainland Southeast Asia: An overview of isotopic evidence. *Archaeological Research in Asia*, *25*, 100260. https://doi.org/10.1016/j.ara.2021.100260

Bentley, R. A., Price, T. D., & Stephan, E. (2004). Determining the «local» 87Sr/86Sr range for archaeological skeletons: A case study from Neolithic Europe. *Journal of Archaeological Science*, *31*(4), 365-375. https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.09.003

Bocherens, H., & Drucker, D. (2003). Trophic level isotopic enrichment of carbon and nitrogen in bone collagen: Case studies from recent and ancient terrestrial ecosystems. *International Journal of Osteoarchaeology*, *13*(1-2), 46-53. https://doi.org/10.1002/oa.662

Bocherens, H., Koch, P. L., Mariotti, A., Geraads, D., & Jaeger, J. J. (1996). Isotopic biogeochemistry (13C, 18O) of mammalian enamel from african pleistocene hominid sites. *Palaios*, *11*(4), 306-318. https://doi.org/10.2307/3515241

Böhlke, J. K., & Horan, M. (2000). Strontium isotope geochemistry of groundwaters and streams affected by agriculture, Locust Grove, MD. *Applied Geochemistry*, *15*(5), 599-609. https://doi.org/10.1016/S0883-2927(99)00075-X

Borrell, F., & Bosch, J. (2012). Las minas de Variscita de Gavà (Barcelona) y las redes de circulación en el Neolítico. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 315-322.

Bosch, J., & Santacana, J. (2009). *Blat, metalls i cabdills: Catalunya del neolític a la iberització*. Rafael Dalmau.

Bouso García, M., & Esteve Gràcia, X. (2003). *Memòria de l'excavació d'urgència a Mas d'en Boixos—1 (Campanya 1999-2000)* (p. 1-68).

Bouso, M., Esteve i Gràcia, X., Farré, J., Feliu, J. M., Mestres Mercadé, J., Pedro, M., Senabre, M. R., & Vidal, A. (2019). Los enterramientos Neolíticos de Mas d'En Boixos-1 (Pacs del Penedès, Barcelona). En J. F. Gibaja, M. Mozota, M. E. Subirà de Galdàcano, & A. Martín (Ed.), *Mirando a la muerte. Las prácticas funerarias durante el Neolítico en el noreste peninsular. Vol. 3* (p. 114-127). E-DITARX.

Bouso, M., Esteve, X., Farré, J., Feliu, J. M., Mestres, J., Palomo, A., Rodríguez, A., & Senabre, M. R. (2004). Anàlisi comparatiu de dos assentaments del Bronze Inicial a la Depressió prelitoral catalana: Can Roqueta II (Sabadell, Vallès Occidental) i Mas d'en Boixos-1 (Pacs del penedès, Alt Penedès). *Cypsela*, *15*, 73-101.

Bowen, G. J. (2010a). Isoscapes: Spatial Pattern in Isotopic Biogeochemistry. *Annual Review ofEarth and Planetary Sciences*, *38*, 161-187. https://doi.org/10.1146/ANNUREV-EARTH-040809-152429

Bowen, G. J. (2010b). Statistical and geostatistical mapping of precipitations water isotope ratios. En *Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping* (p. 139-160). Springer.

Bowen, G. J., & Revenaugh, J. (2003). Interpolating the isotopic composition of modern meteoric precipitation. *Water Resources Research*, *39*(10). https://doi.org/10.1029/2003WR002086

Bowen, G. J., West, J. B., Vaughn, B. H., Dawson, T. E., Ehleringer, J. R., Fogel, M. L., Hobson, K., Hoogewerff, J., Kendall, C., Lai, C. T., Miller, C. C., Noone, D., Schwarcz, H., & Still, C. J. (2009). Isoscapes to address large-scale earth science challenges. *Eos*, *90*(13), 109-110. https://doi.org/10.1029/2009EO130001

Bravo, P., Hinojo, E., Subirà, M. E., Allièse, F., Masclans, A., Santana Cabrera, J., Santos, F. J., Agulló, L., Gómez-Martínez, I., Remolins, G., & Gibaja, J. F. (2015). The Neolithic graves of Can Gambús-2 (Sabadell, Spain): New data on the burial practices of the Sepulcros de fosa culture. *Anthropologie (France)[ISSN 0003-5521],v. 119, p. 38-57*. https://doi.org/10.1016/j.anthro.2015.02.003

Brettell, R., Montgomery, J., & Evans, J. (2012). Brewing and stewing: The effect of culturally mediated behaviour on the oxygen isotope composition of ingested fluids and the implications for human provenance studies. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, *27*(5), 778-785. https://doi.org/10.1039/C2JA10335D

Britton, K., Crowley, B. E., Bataille, C. P., Miller, J. H., & Wooller, M. J. (2022). Editorial: A Golden Age for Strontium Isotope Research? Current Advances in Paleoecological and Archaeological Research. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.820295

Britton, K., Grimes, V., Dau, J., & Richards, M. P. (2009). Reconstructing faunal migrations using intra-tooth sampling and strontium and oxygen isotope analyses: A case study of modern caribou (Rangifer tarandus granti). *Journal of Archaeological Science*, *36*(5), 1163-1172. https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.01.003

Britton, K., Le Corre, M., Willmes, M., Moffat, I., Grün, R., Mannino, M. A., Woodward, S., & Jaouen, K. (2020). Sampling Plants and Malacofauna in 87Sr/86Sr Bioavailability Studies: Implications for Isoscape Mapping and Reconstructing of Past Mobility Patterns. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *8*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2020.579473

Bryant, J. D., & Froelich, P. N. (1995). A model of oxygen isotope fractionation in body water of large mammals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *59*(21), 4523-4537.

Bryant, J. D., Froelich, P. N., Fricke, H. C., O'Neil, J. R., & Lynnerup, N. (1996). Oxygen isotope composition of human tooth enamel from medieval Greenland: Linking climate and society: Comment and Reply. *Geology*, *24*(5), 477-479. https://doi.org/10.1130/0091-7613(1996)024<0477:OICOHT>2.3.CO;2

Budd, C., Lillie, M., Alpaslan-Roodenberg, S., Karul, N., & Pinhasi, R. (2013). Stable isotope analysis of Neolithic and Chalcolithic populations from Aktopraklık, northern Anatolia. *Journal of Archaeological Science*, *40*(2), 860-867. https://doi.org/10.1016/j.jas.2012.09.011

Burjachs, F., Bach, J., Buxó, R., Llàcer, P., McGlade, J., Picazo, M., Piquè, R., & Ros, M. T. (2005). El territori d'Emporion i les seves dades paleoambientals. *Empúries*, 25-32.

Burjachs, F., & Schulte, L. (2003). El paisatge vegetal del Penedès entre la Prehistoria i el Món Antic. *Territoris antics a la Mediterrània ia la Cossetània oriental*, *Actes del Simposi Internacional d'Arqueologia del Baix Penedès*. https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=20109244

Buxó i Capdevila, R. (1992). Plant remains from Iron Age Ullastret, Girona (NE Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, *73*(1), 35-47. https://doi.org/10.1016/0034-6667(92)90043-G

Buxó i Capdevila, R. (2010). *L'origen i l'expansió de l'agricultura a l'Empordà: Del neolític a la romanització*. Documenta Universitaria.

Buxó, R. (1997). *Arqueología de las plantas*. Crítica.

Campillo, D. (1976). Abrasiones dentarias y cráneos enclavados del poblado de Ullastret (Baix Empordà, Gerona). *Empúries*, *38*, 317-326.

Campillo, D., & Agustí, B. (2005). Aspectes paleoantropológics del període ibéric. *XIII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà (Puigcerdà 2003)*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2289984

Campillo, D., & Subirà, M. E. (2004). *Antropología física para arqueólogos* (1st ed.). Ariel.

Carames-Pasaron, I., Angel Rodríguez-Castrillon, J., Moldovan, M., & Ignacio García Alonso, J. (2012). Development of a Dual-Isotope Procedure for the Tagging and Identification of Manufactured Products: Application to Explosives. *Analytical Chemistry*, *84*(1), 121-126. https://doi.org/10.1021/ac201945g

Carlús, X., Lara, C., López, J., Oliva, M., Palomo, A., Rodríguez, A., Terrats, N., & Villena, N. (2003). El paraje arqueológico de Can Roqueta (Sabadell, Vallés Occidental). Diacronia y tipología de las ocupaciones. *Actas XXVI Congreso Nacional de Arqueología*. http://revistas.iea.es/index.php/BLK/article/view/494

Cavazzuti, C., Skeates, R., Millard, A. R., Nowell, G., Peterkin, J., Brea, M. B., Cardarelli, A., & Salzani, L. (2019). Flows of people in villages and large centres in Bronze Age Italy through strontium and oxygen isotopes. *PLOS ONE*, *14*(1), e0209693. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209693

Cebrián Martínez, D. J. (2018). Dynamics of Power: An Architectural Reading of the Concentration of Power (Ullastret, 4th-3rd Century BC). *Panta Rei*, *12*(1), 51-71. https://doi.org/10.6018/pantarei/2018/3

Chenery, C., Müldner, G., Evans, J. A., Eckardt, H., & Lewis, M. (2010). Strontium and stable isotope evidence for diet and mobility in Roman Gloucester, UK. *Journal of Archaeological Science*, *37*, 150-163.

Childe, V. G. (1963). *The bronze age* (Vol. 3). Biblo & Tannen Publishers. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=T8oIysjq0TQC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Th

e+Bronze+Age+(Childe,+1930).&ots=9x2klwLPUF&sig=NZCMelDg2-mXGxJdWoPBxLAtyOc

Ciesielski, E., Duday, H., Girard, B., Roure, R., Martin, A., & Agusti, B. (2011). La pratique des têtes coupées et les dépôts d'armes en Gaule méditerranéenne et dans le nord-est de la Péninsule Ibérique. En *Réjane Roure, Lionel Pernet. Des rites et des hommes, errance* (p. 113-142). Collection Archéologie de Montpellier Agglomération. https://hal.science/halshs-00748211/

Clavell, M., Manzano, A., Marín, S., Muñoz, J. L., & Rico, M. (2008). *Puig Castellar: Santa Coloma de Gramenet*. Museu d'Arqueologia de Catalunya. http://www.mac.cat/Rutes/Ruta-dels-Ibers/Els-laietans/Puig-Castellar

Clemente, I., & Gibaja, J. F. (1995). *Análisis funcional del material lítico en las sepulturas de la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona)*. *I*. https://digital.csic.es/handle/10261/45965

Clua Mercadal, M. (2009). Les fosses comunes del fossar dels jueus de Tàrrega, testimoni de la realitat monetària de mitjan segle XIV. *Urtx: revista cultural de l'Urgell*, *23*, 140-155.

Codina, F., De Prado, G., Ruiz, I., & Sierra, A. (2017). The Iberian town of ullastret (Catalonia). An iron age urban agglomeration reconstructed virtually. *Archeologia E Calcolatori*, *28.2*, 311-320.

Codina, F., Martín, A., & De Prado, G. (2012). La recerca arqueològica al conjunt ibèric d'Ullastret en els darrers anys (1995-2010). *Tribuna d'Arqueologia*, 63-99.

Codina, F., Martin i Ortega, A., Plana i Mallart, R., & De Prado, G. (2014). *Memòria de les intervencions arqueològiques 2012: Oppidum del Puig de Sant Andreu*.

Codina, F., Martín i Ortega, A., & Prado, G. de. (2019). *Els Ibers indigets* (Primera edició). Diputació de Girona/ Obra Social «la Caixa».

Colet, A., Ruiz, J., & Saula, O. (2009). La necròpolis medieval jueva de les Roquetes (Tàrrega, l'Urgell). *Cicle de Conferències: Patrimoni arqueològic I arquitectònic a les terres de Lleida*, 49-61.

Colet Marcé, A., Ruiz Ventura, J., Saula Briansó, O., & Subirà, M. E. (2009). Les fosses comunes de la necròpolis medieval jueva de Les Roquetes,Tàrrega. *Urtx: revista cultural de l'Urgell*, *23*, 103-123.

Comar, C. L., Russell, R. S., & Wasserman, R. H. (1957). Strontium-Calcium Movement from Soil to Man. *Science*, *126*(3272), 485-492. https://doi.org/10.1126/science.126.3272.485

Costantini, E. A. C., Branquinho, C., Nunes, A., Schwilch, G., Stavi, I., Valdecantos, A., & Zucca, C. (2016). Soil indicators to assess the effectiveness of restoration strategies in dryland ecosystems. *Solid Earth*, *7*(2), 397-414. https://doi.org/10.5194/se-7-397-2016

Craig, H. (1961). Isotopic Variations in Meteoric Waters. *Science*, *133*(3465), 1702-1703. https://doi.org/10.1126/science.133.3465.1702

Craig, H., & Craig, V. (1972). Greek Marbles: Determination of Provenance by Isotopic Analysis. *Science*, *176*(4033), 401-403. https://doi.org/10.1126/science.176.4033.401

Crowley, B. E., Miller, J. H., & Bataille, C. P. (2017). Strontium isotopes (87Sr/86Sr) in terrestrial ecological and palaeoecological research: Empirical efforts and recent advances in continental-scale models. *Biological Reviews*, *92*(1), 43-59. https://doi.org/10.1111/brv.12217

Cubas, M., Sánchez Carro, M. Á., Roig, J., Coll Riera, J. M., & Gibaja Bao, J. F. (2017). Pottery for the Dead: Exploring raw material exploitation in the Pottery of Can Gambús-1 (Sabadell, Catalonia). En *The Exploitation of Raw Materials in Prehistory: Sourcing, Processing and Distribution* (p. 449-462). Cambridge Scholars Publishing.

Dalle, S., Snoeck, C., Sengeløv, A., Salesse, K., Hlad, M., Annaert, R., Boonants, T., Boudin, M., Capuzzo, G., Gerritzen, C. T., Goderis, S., Sabaux, C., Stamataki, E., Vercauteren, M., Veselka, B., Warmenbol, E., & De Mulder, G. (2022). Strontium isotopes and concentrations in cremated bones suggest an increased salt consumption in Gallo-Roman diet. *Scientific Reports*, *12*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41598-022-12880-4

Dansgaard, W. (1964). Stable isotopes in precipitation. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, *16*(4), 436. https://doi.org/10.3402/tellusa.v16i4.8993

Darling, W. G., Bath, A. H., & Talbot, J. C. (2003). The O and H stable isotope composition of freshwaters in the British Isles. 2. Surface waters and groundwater. *Hydrology and Earth System Sciences*, *7*(2), 183-195. https://doi.org/10.5194/hess-7-183-2003

Daux, V., Lécuyer, C., Héran, M.-A., Amiot, R., Simon, L., Fourel, F., Martineau, F., Lynnerup, N., Reychler, H., & Escarguel, G. (2008). Oxygen isotope fractionation between human phosphate and water revisited. *Journal of human evolution*, *55*(6), 1138-1147.

De la Pinta Rodríguez, J. L., & Río-Miranda Alcón, J. (1981). *El poblado layetano del Puig Castellar, Santa Coloma de Gramenet (Barcelona)*. Santa Coloma de Gramanet : Museo Municipal «Puig Castellar».

De Prado, G., & Rovira Hortalà, M. C. (Ed.). (2015). *Els caps tallats d'Ullastret: Violència i ritual al món iber*. Ajuntament d'Ullastret.

Dedet, B., & Schwaller, M. (1990). Pratiques cultuelles et funéraires en milieu domestique sur les oppidums languedociens. *Documents d'Archéologie Méridionale*, *13*(1), 137-161. https://doi.org/10.3406/dam.1990.1010

Díaz-del-Río, P., Uriarte, A., Becerra, P., Pérez-Villa, A., Vicent, J. M., & Díaz-Zorita, M. (2022). Paleomobility in Iberia: 12 years of strontium isotope research. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *46*, 103653. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103653

Díaz-Zorita Bonilla, M., Subirà, M. E., Fontanals-Coll, M., Knudson, K. J., Alonzi, E., Bolhofner, K., Morell, B., Remolins, G., Roig, J., Martín, A., González Marcén, P., Plasencia, J., Coll, J. M., & Gibaja, J. F. (2021). Neolithic networking and mobility

during the 5th and 4th millennia BC in north-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science*, *125*, 105272. https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105272

Dickin, A. P. (1995). Radiogenic isotope geology. En *Radiogenic isotope geology*. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1063/1.2807660

Diez-Fernández, S. (2019). Origen y migración: El papel de los isótopos de estroncio. *Moleqla, Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, *33*, 1689-1699.

Domínguez-Bella, S., & Bóveda, M. J. (2011). Variscita y ámbar en el Neolítico gallego. Análisis arqueométrico del collar del túmulo 1 de Chousa Nova, Silleda (Pontevedra, España). *Trabajos de Prehistoria*, *68*(2), 369-380.

Draper, P. (1975). !Kung women: Contrasts in sexual egalitarianism in foraging and sedentary contexts. *AnthropologyFacultyPublications*, *45*. https://digitalcommons.unl.edu/anthropologyfacpub/45/

Duboscq, S. (2017). *Caracterización de las relaciones sociales de las comunidades del Nord-este de la Península Ibérica entre la segunda mitad del V y la segunda mitad del IV milenio cal BC a partir del estudio de las prácticas funerarias /*.

Eckardt, H., Chenery, C., Booth, P., Evans, J. A., Lamb, A. L., & Müldner, G. (2009). Oxygen and strontium isotope evidence for mobility in Roman Winchester. *Journal of Archaeological Science*, *36*(12), 2816-2825. https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.09.010

Edo, M., Bach, A. G., Mestres, J., Martínez-Grau, H., Molist, M., & Oms, F. X. (2022). Jaciments, ritmes i dinàmiques d'implantació i explotació del territori: El litoral mediterrani i les serralades prelitorals. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, 81-104.

Ehleringer, J. R., Thompson, A. H., Podlesak, D. W., Bowen, G. J., Chesson, L. A., Cerling, T. E., Park, T., Dostie, P., & Schwarcz, H. (2010). A Framework for the Incorporation of Isotopes and Isoscapes in Geospatial Forensic Investigations. En J. B. West, G. J. Bowen, T. E. Dawson, & P. T. Kevin (Ed.), *Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping* (p. 357-387). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3354-3_17

Emery, M. V., Stark, R. J., Murchie, T. J., Elford, S., Schwarcz, H. P., & Prowse, T. L. (2018). Mapping the origins of Imperial Roman workers (1st–4th century CE) at Vagnari, Southern Italy, using 87Sr/86Sr and δ18O variability. *American Journal of Physical Anthropology*, *166*(4), 837-850. https://doi.org/10.1002/ajpa.23473

Epstein, S., & Mayeda, T. (1953). Variation of O18 content of waters from natural sources. *Geochimica et cosmochimica acta*, *4*(5), 213-224.

Ericson, J. E. (1985). Strontium isotope characterization in the study of prehistoric human ecology. *Journal of Human Evolution*, *14, núm. 5*, 503-514.

Esteve Gràcia, X. (2003). Memòria de l'excavació d'urgència de Mas d'en Boixos—1 (Campanya 1999). En *2* (p. 1-21).

Esteve i Gràcia, X. (2005). Mas d'en Boixos—1. Memòria de la intervenció preventiva (Campanya 2005). En *Memòries d'Intervenció Arqueològica* (p. 1-37). http://calaix.gencat.cat/handle/10687/24038#page=2

Evans, J. A., Montgomery, J., & Wildman, G. (2009). Isotope domain mapping of 87Sr/86Sr biosphere variation on the Isle of Skye, Scotland. *Journal of the Geological Society*, *166 núm. 4*, 617-631.

Evans, J. A., Montgomery, J., Wildman, G., & Boulton, N. (2010). Spatial variations in biosphere 87Sr/86Sr in Britain. *Journal of the Geological Society*, *167*(1), 1-4. https://doi.org/10.1144/0016-76492009-090

Evans, J. A., Pashley, V., Mee, K., Wagner, D., Parker Pearson, M., Fremondeau, D., Albarella, U., & Madgwick, R. (2022). Applying lead (Pb) isotopes to explore mobility in humans and animals. *PLOS ONE*, *17*(10), e0274831. https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0274831

Evans, J., Parker Pearson, M., Madgwick, R., Sloane, H., & Albarella, U. (2019). Strontium and oxygen isotope evidence for the origin and movement of cattle at Late Neolithic Durrington Walls, UK. *Archaeological and Anthropological Sciences*, *11*(10), 5181-5197. https://doi.org/10.1007/s12520-019-00849-w

Farré, J. (2001). *Mas d'en Boixos—1 (campanya 2001) Informe preliminar. Resum dels treballs arqueològics de camp* (p. 1-11).

Farré, J., Mestres, J., Senabre, M. R., & Feliu, J. M. (2002). El jaciment de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès). Un espai utilitzat des del Neolític fins a l'època ibèrica. *Tribuna d'Arqueologia*, *1998/9*, 113-134.

Farré, J., Mestres, J., Senabre, M. R., & Feliu Roca, J. M. (1999). El jaciment de Mas d'en Boixos Un espai utilitzat des del Neolític fins a l'època ibèrica. *Tribuna d'Arqueologia*, *16*, 114-134.

Faure, G. (1977). *Principles of isotope geology*. John Wiley and Sons Ltd. https://www.osti.gov/biblio/7100564

Feliu Roca, J. M. (2013). *Memòria de la intervenció arqueològica preventiva a Mas d'en Boixos—1 (Campanyes 2000—2002)* (p. 1-55).

Ferrer Álvarez, C. (2013). *Memòria dels treballs d'excavació, consolidació i adequació al Poblat ibèric de Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelonès). 2012-2013.* (p. 156). Servei d'Arqueologia i Paleontologia. Direcció General del Patrimoni Cultural. Generalitat de Catalunya.

Ferrer Álvarez, C. (2015). *Memòria de la intervenció arqueològica integrada en un projecte de recerca al poblat ibèric Puig Castellar.* http://calaix.gencat.cat/handle/10687/428555

Ferrer, C., & Rigo, A. (2003). *Puig Castellar. Els ibers a Santa Coloma de Gramenet. 5 anys d'intervenció arqueològica (1998-2002)* (Monografies locals, Vol. 2). Museu Torre Balldovina.

Fischer, C.-E., Pemonge, M.-H., Ducoussau, I., Arzelier, A., Rivollat, M., Santos, F., Emam, H. B., Bertaud, A., Beylier, A., Ciesielski, E., Dedet, B., Desenne, S., Duday, H., Chenal, F., Gailledrat, E., Goepfert, S., Gorgé, O., Gorgues, A., Kuhnle, G., … Pruvost, M. (2022). Origin and mobility of Iron Age Gaulish groups in present-day France revealed through archaeogenomics. *iScience*, *25*(4). https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104094

Fontanals, M. (2015). *Estudi dels modes de subsistència de les comunitats neolítiques del nord-est de la Península Ibèrica: Reconstrucció paleodietètica a partir dels isòtops estables*. http://www.tdx.cat/handle/10803/317961

Fontanals-Coll, M., Subirà, M. E., Díaz-Zorita Bonilla, M., Duboscq, S., & Gibaja, J. F. (2015). *Investigating palaeodietary and social differences between two differentiated sectors of a Neolithic community, La Bòbila Madurell-Can Gambús (north-east Iberian Peninsula)*. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.06.013

Francés, J. (2005). Evolució de les formes d'hàbitat a la franja central de la costa catalana durant el primer mil. Lenni ane. *Revista d'arqueologia de Ponent*, 59-78.

Frank, A. B., Frei, R., Moutafi, I., Voutsaki, S., Orgeolet, R., Kristiansen, K., & Frei, K. M. (2021). The geographic distribution of bioavailable strontium isotopes in Greece – A base for provenance studies in archaeology. *Science of the Total Environment*, *791*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148156

Frei, K. M. (2012). Exploring the potential of the strontium isotope tracing system in Denmark. *Danish Journal of Archaeology*, *1*(2), 113-122. https://doi.org/10.1080/21662282.2012.760889

Frei, R., & Frei, K. M. (2013). The geographic distribution of Sr isotopes from surface waters and soil extracts over the island of Bornholm (Denmark)—A base for provenance studies in archaeology and agriculture. *Applied Geochemistry*, *38*, 147-160. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.09.007

Furió, A. (2017). La gran depressió baixmedieval. Una mirada des dels Països Catalans. *Recerques: història, economia, cultura*, 45-103.

Garcia Casas, D., & Gassiot Ballbè, E. (2023). The mobility of shepherds in the Upper Pyrenees: A spatial analysis of pathways and site-location differences from medieval times to the 20th century. *Quaternary international*. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2023.07.007

Garcia-Garcia, E., de Prado, G., Principal, J., & Codina, F. (2016). *Working with Buried Remains at Ullastret (Catalonia): Proceedings of the 1st MAC International Workshop of Archaeological Geophysics*. Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Gat, J. R. (1995). Stable Isotopes of Fresh and Saline Lakes. En A. Lerman, D. M. Imboden, & J. R. Gat (Ed.), *Physics and Chemistry of Lakes* (p. 139-165). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-85132-2_5

Gibaja Bao, J. F. (2003). *Comunidades Neolíticas del Noreste de la Península Ibérica: Una aproximación socio-económica a partir del estudio de la función de los útiles líticos*. BAR Publishing. https://doi.org/10.30861/9781841715124

Gibaja, J. F. (2004). Prácticas funerarias durante el neolítico en Cataluña. *Mainake2*, *XXVI*, 9-27.

Gibaja, J. F., Clemente-Conte, I., & Vila-Mitjà, A. (1997). *Una aproximación a través del análisis funcional a sociedades neolíticas del noreste peninsular: Las necrópolis de la Bòbila Madurell y el Camí de Can Grau*. https://digital.csic.es/handle/10261/31319

Gibaja, J. F., Duboscq, S., Esteve, X., Coll, J. M., Martí, M., Martín, A., Mestres, J., Oms, X., Pou, R., & Roig, J. (2016). Restes humains dans des structures néolithiques du nord-est de la péninsule Ibérique: Dépôts ou sépultures. *Qu'est-ce qu'une sépulture*, 179-195.

Gibaja, J. F., Duboscq, S., Morell, B., Masclans, A., Subirà, M. E., Martín, A., Roig, J., Coll, J. M., Mozota Holgueras, M., Remolins, G., Oms, F. X., Cubas, M., Palomo, A., Plasencia, X., González Marcén, P., Bravo, P., & Hinojo, E. (2018). *Symbolism, Exchange and Differential Grave Building Efforts during the Neolithic of the North-eastern Iberian Peninsula. The Necropolis of Bòbila Madurell-Can Gambús 1-2: An Example of Unequal Objects and Grave Goods Distribution*. https://digital.csic.es/handle/10261/165054

Gibaja, J. F., González Marcén, P., Martín, A., Palomo, A., Petit, M. À., Plasencia, X., Remolins, G., & Terradas-Batlle, X. (2014). *New finds of obsidian blades at Neolithic sites in north-eastern Iberia*. https://digital.csic.es/handle/10261/140467

Gibaja, J. F., Majó, T., Chambon, P., Ruíz, J., Subirà, M. E., & Ruiz, J. (2010). Prácticas funerarias durante el neolítico. Los enterramientos infantiles en el noreste de la Península Ibérica. *Complutum*, *21 (2)*, 47-68.

Gibaja, J. F., Morell, B., Álvarez, J. A. B., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Roig, J., Martín, A., González, P., Plasencia, J., Coll, J. M., & Subirà, M. E. (2017). The Chronology of the Neolithic Necropolis Bòbila Maduell-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. https://doi.org/10.1017/RDC.2017.131

Gibaja, J. F., Morell, B., López Onaindia, D., Zemour, A., Bosch, À., Tarrús, J., & Subirà, M. (2018). *Nuevos datos cronológicos sobre la cueva sepulcral neolítica de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles, Girona)*. https://digital.csic.es/handle/10261/174191

Gibaja, J. F., Palomo, A., Terrades, X., & Clop, X. (2004). Útiles de siega en contextos funerarios del 3500-1500 cal. ANE en el noroeste de la Península Ibérica: El caso de las grandes láminas de sílex. *Cypsela*, *15*, 187-195.

Gibaja, J. F., & Terradas, X. (2012). Tools for production, goods for reproduction. The function of knapped stone tools at the Neolithic necropolis of Can Gambus-1 (Sabadell, Spain). *Comptes Rendus Palevol*, *11*(6), 463-472. https://doi.org/10.1016/j.crpv.2012.05.002

Gibson, J. J., & Edwards, T. W. D. (2002). Regional water balance trends and evaporation-transpiration partitioning from a stable isotope survey of lakes in northern Canada. *Global Biogeochemical Cycles*, *16*(2), 10-1-10-14. https://doi.org/10.1029/2001GB001839

Gillings, M., Hacigüzeller, P., & Lock, G. R. (Ed.). (2020). *Archaeological spatial analysis: A methodological guide*. Routledge.

Gimbutas, M. A., & Hencken, H. (1956). *The prehistory of Eastern Europe. Part 1, Mesolithic, neolithic and copper age cultures in Russia and the Baltic area*. Peabody Museum.

Giralt i Raventós, E., Salrach, J. M., Garrabou, R., Serra i Puig, E., & Fundació Catalana per a la Recerca. (2004). *Història agrària dels Països Catalans / director: Emili Giralt i Raventós ; coordinador: Josep M. Salrach* (Vol. 2-Edat Mitjana). Fundació Catalana per a la Recerca etc.

Giró i Romeu, P. (1954). Nuevos sepulcros de fosa en Villafranca. *Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana*.

Giró i Romeu, P. (1957). Un sepulcro almeriense en el término de Pachs. *Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana*, 260-263.

Gonfiantini, R., Roche, M.-A., Olivry, J.-C., Fontes, J.-C., & Zuppi, G. M. (2001). The altitude effect on the isotopic composition of tropical rains. *Chemical Geology*, *181*(1), 147-167. https://doi.org/10.1016/S0009-2541(01)00279-0

Gregg, S. A. (1991). Between bands and states. *(No Title)*. https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282270459159424

Grimstead, D. N., Nugent, S., & Whipple, J. (2017). Why a Standardization of Strontium Isotope Baseline Environmental Data Is Needed and Recommendations for Methodology. *Advances in Archaeological Practice*, *5*(2), 184-195. https://doi.org/10.1017/aap.2017.6

Guede, I., Ortega, L. A., Zuluaga, M. C., Alonso-Olazabal, A., Murelaga, X., Pina, M., Gutierrez, F. J., & Iacumin, P. (2017). Isotope analyses to explore diet and mobility in a medieval Muslim population at Tauste (NE Spain). *Plos One*, *12*(5), e0176572. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176572

Guiry, E. J. (2012). Dogs as Analogs in Stable Isotope-Based Human Paleodietary Reconstructions: A Review and Considerations for Future Use. *Journal of Archaeological Method and Theory*, *19*(3), 351-376. https://doi.org/10.1007/s10816-011-9118-z

Guzmán, J. O., Camprubí, J. M., Vila, O. O., & Fernàndez, O. M. (2018). Los ceretanos y la iberización del Pirineo oriental (s. IV-III a. N. E.). Una nueva aproximación histórica y arqueológica. *Archivo Español de Arqueología*, *91*, 183-204. https://doi.org/10.3989/AESPA.091.018.009

Hamilton, M., Nelson, S. V., Fernandez, D. P., & Hunt, K. D. (2019). Detecting riparian habitat preferences in “savanna” chimpanzees and associated Fauna with strontium isotope ratios: Implications for reconstructing habitat use by the chimpanzee-human last common ancestor. *American Journal of Physical Anthropology*, *170*(4), 551-564. https://doi.org/10.1002/ajpa.23932

Hartman, G., & Richards, M. (2014). Mapping and defining sources of variability in bioavailable strontium isotope ratios in the Eastern Mediterranean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *126*, 250-264. https://doi.org/10.1016/j.gca.2013.11.015

Hayden, B. (1990). Nimrods, piscators, pluckers, and planters: The emergence of food production. *Journal of anthropological archaeology*, *9*(1), 31-69.

Hayden, B., Bowdler, S., Butzer, K. W., Cohen, M. N., Druss, M., Dunnell, R. C., Goodyear, A. C., Hardesty, D. L., Hassan, F. A., Kamminga, J., Lourandos, H., Matson, R. G., Miller, P., Mohapatra, G. C., Persson, P., Pittioni, R., Valoch, K., Wymer, J. J., & Yesner, D. R. (1981). Research and Development in the Stone Age: Technological Transitions among Hunter-Gatherers [and Comments and Reply]. *Current Anthropology*, *22*(5), 519-548. https://doi.org/10.1086/202725

Hedman, K. M., Slater, P. A., Fort, M. A., Emerson, T. E., & Lambert, J. M. (2018). Expanding the strontium isoscape for the American midcontinent: Identifying potential places of origin for Cahokian and Pre-Columbian migrants. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *22*(October), 202-213. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.09.027

Henton, E., Meier-Augenstein, W., & Kemp, H. F. (2010). The Use of Oxygen Isotopes in Sheep Molars to Investigate Past Herding Practices at the Neolithic Settlement of Çatalhöyük, Central Anatolia. *Archaeometry*, *52*(3), 429-449. https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2009.00492.x

Herbaut, F., & Querré, G. (2004). La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 497-520.

Herz, N., & Dean, N. E. (1986). Stable isotopes and archaeological geology: The Carrara marble, northern Italy. *Applied Geochemistry*, *1*(1), 139-151.

Hobson, K. A., Barnett-Johnson, R., & Cerling, T. (2010). Using isoscapes to track animal migration. En *Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping* (p. 273-298). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3354-3_13

Hodell, D. A., Quinn, R. L., Brenner, M., & Kamenov, G. (2004). Spatial variation of strontium isotopes (87Sr/86Sr in the Maya region: A tool for tracking ancient human migration. *Journal of Archaeological Science*, *31*(5), 585-601. https://doi.org/10.1016/j.jas.2003.10.009

Holt, E., Evans, J. A., & Madgwick, R. (2021). Strontium (87Sr/86Sr) mapping: A critical review of methods and approaches. *Earth-Science Reviews*, *216*, 103593. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103593

Hoogewerff, J. A., Reimann, C., Ueckermann, H., Frei, R., Frei, K. M., van Aswegen, T., Stirling, C., Reid, M., Clayton, A., & Ladenberger, A. (2019). Bioavailable 87 Sr/ 86 Sr in European soils: A baseline for provenancing studies. *Science of the Total Environment*, *672*(March), 1033-1044. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.387

Hoppe, K. A., & Koch, P. L. (2007). Reconstructing the migration patterns of late Pleistocene mammals from northern Florida, USA. *Quaternary Res.*, *68*(3), 347-352.

Hoppe, K. A., Koch, P. L., & Furutani, T. T. (2003). Assessing the preservation of biogenic strontium in fossil bones and tooth enamel. *International Journal of Osteoarchaeology*, *13*(1-2), 20-28. https://doi.org/10.1002/oa.663

Horn, F. (2003). Les céramiques pré-romaines à décor de têtes plastiques en péninsule Ibérique. Leur lien avec le rituel de la «tête coupée». *Mélanges de la Casa de Velázquez*, *33*, 275-314.

Hortalà, M. C. R. (2007). El bronze inicial a Catalunya des de la perspectiva metal· lúrgica. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, 135-145.

Iacumin, P., Bocherens, H., Mariotti, A., & Longinelli, A. (1996). Oxygen isotope analyses of co-existing carbonate and phosphate in biogenic apatite: A way to monitor diagenetic alteration of bone phosphate? *Earth and Planetary Science Letters*, *142*(1-2), 1-6.

Iáñez, G., & Martínez, A. (1991). *Sitges ibero-romanes a la base oriental del poblat ibèric de Puig Castellar: Santa Coloma de Gramenet, Barcelonès, els anys 1972 al 1979*. Ajuntament de Santa Coloma de Gramenet. https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=I%C3%A1%C3%B1ez%2C+G.%2C+Mart%C3%ADnez%2C+A.+%281991%29.+Sitges+ibero-romanes+a+la+base+oriental+del+poblat+ib%C3%A8ric+de+Puig+Castellar%3A+Santa+Coloma+de+Gramenet%2C+Barcelon%C3%A8s%2C+els+anys+1972+al+1979.+Ajuntament+de+Santa+Coloma+de+Gramenet.+Col%C2%B7lecci%C3%B3+Fites+i+documents%2C+1.&btnG=

Ingold, T. (1993). The temporality of the landscape. *World Archaeology*, *25*(2), 152-174. https://doi.org/10.1080/00438243.1993.9980235

Jiménez-Manchón, S., Rivals, F., Gourichon, L., De Prado, G., Codina, F., Castanyer, P., Tremoleda, J., Santos, M., & Gardeisen, A. (2023). A combined approach to reconstructing livestock management in Iron Age north-eastern Iberia: Estimating the season of death and palaeodiet using cementochronology and dental micro-and mesowear analyses. *Archaeofauna, International Journal of archaeozoology*, *32*(1). https://shs.hal.science/halshs-04302125/

Kalenderian, V., Snoeck, C., Palstra, S. W. L., Nowell, G. M., & Seif, A. (2023). Migration and mobility in Roman Beirut: The isotopic evidence. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *49*, 104044. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104044

Kamenov, G. D., & Krigbaum, J. (2023). Pb Isotopes and Human Mobility: Natural, Cultural, or Diagenetic Signal? En T. D. Price (Ed.), *Isotopic Proveniencing and Mobility* (p. 163-185). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25722-3_7

Kamenov, G. D., Lofaro, E. M., Goad, G., & Krigbaum, J. (2018). Trace elements in modern and archaeological human teeth: Implications for human metal exposure and enamel diagenetic changes. *Journal of Archaeological Science*, *99*, 27-34. https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.09.002

Keeley, L. H. (1988). Hunter-gatherer economic complexity and “population pressure”: A cross-cultural analysis. *Journal of anthropological archaeology*, *7*(4), 373-411.

Kelly, R. L. (1991). *Sedentism, sociopolitical inequality, and resource fluctuations* (Vol. 9). Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois University ….

Kelly, R. L. (1992). Mobility/Sedentism: Concepts, Archaeological Measures, and Effects. *Annual Review of Anthropology*, *21*(1), 43-66. https://doi.org/10.1146/annurev.an.21.100192.000355

Kendall, C., & Coplen, T. B. (2001). Distribution of oxygen-18 and deuteriun in river waters across the United States. *Hydrological Processes*, *15*(7), 1363-1393. Scopus. https://doi.org/10.1002/hyp.217

Kent, S. (1992). Studying variability in the archaeological record: An ethnoarchaeological model for distinguishing mobility patterns. *American Antiquity*, *57*(4), 635-660.

Kerven, C., Alimaev, I. I., Behnke, R., Davidson, G., Franchois, L., Malmakov, N., Mathijs, E., Smailov, A., Temirbekov, S., & Wright, I. (2004). Retraction and expansion of flock mobility in Central Asia: Costs and consequences. *African Journal of Range & Forage Science*, *21*(3), 159-169. https://doi.org/10.2989/10220110409485848

Kintigh, K. W., Altschul, J. H., Beaudry, M. C., Drennan, R. D., Kinzig, A. P., Kohler, T. A., Limp, W. F., Maschner, H. D. G., Michener, W. K., Pauketat, T. R., Peregrine, P., Sabloff, J. A., Wilkinson, T. J., Wright, H. T., & Zeder, M. A. (2014). Grand Challenges for Archaeology. *American Antiquity*, *79*(1), 5-24. https://doi.org/10.7183/0002-7316.79.1.5

Knipper, C., Maurer, A. F., Peters, D., Meyer, C., Brauns, M., Galer, S. J. G., von Freeden, U., Schöne, B., Meller, H., & Alt, K. W. (2012). Mobility in Thuringia or mobile Thuringians: A strontium isotope study from early medieval Central Germany. *Population Dynamics in Prehistory and Early History: New Approaches Using Stable Isotopes and Genetics*, 287-310. https://doi.org/10.1515/9783110266306.287/HTML

Knipper, C., Mittnik, A., Massy, K., Kociumaka, C., Kucukkalipci, I., Maus, M., Wittenborn, F., Metz, S. E., Staskiewicz, A., Krause, J., & Stockhammer, P. W. (2017). Female exogamy and gene pool diversification at the transition from the Final Neolithic to the Early Bronze Age in central Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *114*(38), 10083-10088. https://doi.org/10.1073/pnas.1706355114

Knudson, K. J. (2009). Oxygen isotope analysis in a land of environmental extremes: The complexities of isotopic work in the Andes. *International Journal of Osteoarchaeology*, *19*(2), 171-191. https://doi.org/10.1002/oa.1042

Koch, P. L. (1998). Isotopic reconstruction of past continental environments. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, *26*(1), 573-613. https://doi.org/10.1146/annurev.earth.26.1.573

Kohn, M. J. (1996). Predicting animal δ18O: Accounting for diet and physiological adaptation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *60*(23), 4811-4829. https://doi.org/10.1016/S0016-7037(96)00240-2

Kootker, L. M., van Lanen, R. J., Kars, H., & Davies, G. R. (2016). Strontium isoscapes in The Netherlands. Spatial variations in 87 Sr/ 86 Sr as a proxy for palaeomobility. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *6*, 1-13. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.01.015

Kristiansen, K. (2014). Towards a new paradigm? The third science revolution and its possible consequences in archaeology. *Current Swedish Archaeology*, *22*(1), 11-34.

Kuhn, S. L., Raichlen, D. A., & Clark, A. E. (2016). What moves us? How mobility and movement are at the center of human evolution. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, *25*(3), 86-97. https://doi.org/10.1002/evan.21480

Lacan, M., Keyser, C., Ricaut, F.-X., Brucato, N., Tarrús, J., Bosch, A., Guilaine, J., Crubézy, E., & Ludes, B. (2011). Ancient DNA suggests the leading role played by men in the Neolithic dissemination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(45), 18255-18259. https://doi.org/10.1073/pnas.1113061108

Laffoon, J. E., Valcàrcel Rojas, R., & Hofman, C. L. (2012). Oxygen and carbon isotope analysis of human dental enamel from the caribbean: Implications for investigating individual origins. *Archaeometry*, *55*(4), 742-765. https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2012.00698.x

Leach, B. F., Quinn, C. J., & Lyon, G. L. (1996). A stochastic approach to the reconstruction of prehistoric human diet in the Pacific region from bone isotope signatures. *Tuhinga*, 1-54.

Lee-Thorp, J., & Sponheimer, M. (2003). Three case studies used to reassess the reliability of fossil bone and enamel isotope signals for paleodietary studies. *Journal of Anthropological Archaeology*, *22*(3), 208-216. https://doi.org/10.1016/S0278-4165(03)00035-7

Lightfoot, E., & O'Connell, T. C. (2016). On the Use of Biomineral Oxygen Isotope Data to Identify Human Migrants in the Archaeological Record: Intra-Sample Variation, Statistical Methods and Geographical Considerations. *PLOS ONE*, *11*(4), e0153850. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153850

Longinelli, A. (1984). Oxygen isotopes in mammal bone phosphate: A new tool for paleohydrological and paleoclimatological research? *Geochimica et cosmochimica Acta*, *48*(2), 385-390.

López Cachero, F. J., & Pons, E. (2008). La periodització del bronze final al ferro inicial a Catalunya. *Cypsela*, *17*, 51-64.

Lull, V., Marcén, P. G., & Risch, R. (1992). *Arqueología de Europa 2250-1200 aC: Una introducción a la edad del bronce.* https://portalrecerca.uab.cat/en/publications/arqueolog%C3%ADa-de-europa-2250-1200-ac-una-introducci%C3%B3n-a-la-edad-del-3

Luz, B., Kolodny, Y., & Horowitz, M. (1984). Fractionation of oxygen isotopes between mammalian bone-phosphate and environmental drinking water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *48*(8), 1689-1693.

MacRoberts, R. A., Barrocas Dias, C. M., Matos Fernandes, T., Santos, A. L., Umbelino, C., Gonçalves, A., Santos, J., Ribeiro, S., Schöne, B. R., Barros, F., Correia, F., Vasconcelos Vilar, H., & Maurer, A.-F. (2020). Diet and mobility during the Christian conquest of Iberia: The multi-isotopic investigation of a 12th–13th century military order in Évora, Portugal. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *30*, 102210. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102210

Madgwick, R., Lamb, A. L., Sloane, H., Nederbragt, A. J., Albarella, U., Parker Pearson, M., & Evans, J. A. (2019). Multi-isotope analysis reveals that feasts in the Stonehenge environs and across Wessex drew people and animals from throughout Britain. *Science Advances*, *5*(3). https://doi.org/10.1126/SCIADV.AAU6078/SUPPL_FILE/AAU6078_SM.PDF

Makarewicz, C. A., & Sealy, J. (2015). Dietary reconstruction, mobility, and the analysis of ancient skeletal tissues: Expanding the prospects of stable isotope research in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, *56*, 146-158. https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.02.035

Manso, L. M. (2006). La Reforma eclesiàstica i religiosa de les diòcesis de la Tarraconense al llarg de la baixa edat mitjana (a través dels qüestionaris de visita pastoral). *Butlletí de la Societat Catalana d'Estudis Històrics*, 153-164.

Marín Castro, D. (2018). Origen, tecnología y funcionalidad del utillaje lítico tallado durante la Edad del Bronce en el Nordeste de la Península Ibérica (2000-1300 cal ANE) [Universitat de Lleida]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. http://www.tesisenred.net/handle/10803/462138

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. *XII Col· loqui Internacional d'Arqueologia Puigcerdà. Pirineus i veïns al tercer mil· leni AC (Puigcerdà 2000)*, 77-130.

Martín, A., Miret, J., Blanch, R. M., Aliaga, S., Enrich, R., Colomer, S., Albizuri, S., & Bosch, J. (1988). Campanya d'excavacions arqueològiques 1987-1988 al jaciment de la Bòbila Madurell- Can Feu (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental). *Arraona*, *3*.

Martín, A., Pou, R., Oms, F. X., Mestres, J., Martí, M., Esteve, X., Gibaja, J. F., & Subirà, M. E. (2016). *Las estructuras funerarias en fosa del Neolítico catalán: Reformulando la tipología para una mayor simplicidad*. https://digital.csic.es/handle/10261/146894

Martin i Ortega, A. (1997). *Memòria de intervenció al Puig de Sant Andreu 1995, 1996 i 1997*.

Martín i Ortega, A., & Plana i Mallart, R. (2001). El Nord-Est català en època ibèrica i l'entitat territorial de l'Oppidum d'Ullastret. En A. Martín Ortega & R. Plana Mallart (Ed.), *Territori polític i territori rural durant l'edat del Ferro a la Mediterrània Occidental.*

Actes de la Taula Rodona celebrada a Ullastret (Ullastret, 25 al 27 de maig de 2000) (p. 39-52). Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Martín, P., Albizuri, S., Cólliga, A. M., & Gibaja, J. F. (2019). Offerings, feasting, and psychopomps in the north-east of the Iberian Peninsula: The role of animals in the Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona) funerary ritual (late fifth millennium-early fourth millennium cal BC). *Archaeological and Anthropological Sciences*. https://doi.org/10.1007/s12520-019-00932-2

Martínez i Hualde, A., & Vicente i Castells, J. (1966). *El poblat ibèric de Puig Castellar: Excavacions dels anys 1954-1958*. Institut d'Estudis Catalans. Memòries de la Secció Històrico-Arqueològica. XXIV. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8pIT4F9Yo3IC&oi=fnd&pg=PT1&dq=MART%C3%ADNEZ,+A.+i+VICENTE,+J.+(1966):+El+poblat+ib%C3%A8ric+de+Puig+Castellar.+Excavacions+dels+anys+1954-1958,+Mem%C3%B2ria+XXIV+de+la+Secci%C3%B3+Hist%C3%B2rico-+Arqueol%C3%B2gica+de+l%27Institut+d%27Estudis+Catalans.+Barcelona&ots=IXRBaeaTRl&sig=6L_8nEikJVVLqbrEMYQam-Imr_8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Masclans, A. (2017). *Estudi de les comunitats neolítiques de l'Horitzó dels Sepulcres de Fossa (nord-est de la península Ibèrica, c. 4.000-3.400 cal ANE) a partir de les anàlisis tecno-funcionals dels artefactes polits i bisellats* [Universitat de Girona]. http://www.tesisenred.net/handle/10803/458141

Masclans, A. (2019). *Los artefactos pulidos y biselados en las comunidades del Horizonte de los Sepulcros de Fosa en el nordeste de la península ibérica a través del estudio petrológico, funcional y tecnológico*. https://doi.org/10.3989/tp.2019.12225

Masclans, A., Duboscq, S., Achino, K. F., Morell, B., & Gibaja, J. F. (2019). Looking for sexual differences during the middle Neolithic in the northeast of the Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *26*, 101858. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.05.023

Masclans, A., Hamon, C., Jeunesse, C., & Bickle, P. (2021). A sexual division of labour at the start of agriculture? A multi-proxy comparison through grave good stone tool technological and use-wear analysis. *PLoS ONE*, *16*(4 April). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249130

Masvidal Fernández, C. (2005). El conjunto cerámico de Bóbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona): Bases para su estudio funcional y contextual. *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica: Santander, 5 a 8 de octubre de 2003, 2005, ISBN 84-8102-975-0, págs. 305-316*, 305-316. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1960557

Masvidal Fernández, C., & Mora, R. (1999). El poblamiento neolítico en el Vallès (Barcelona): Problemática y propuesta para su estudio. *SAGVNTVM Extra*, *2*, 299-306.

Maurer, A. F., Galer, S. J. G., Knipper, C., Beierlein, L., Nunn, E. V., Peters, D., Tütken, T., Alt, K. W., & Schöne, B. R. (2012). Bioavailable 87Sr/86Sr in different environmental samples—Effects of anthropogenic contamination and implications for

isoscapes in past migration studies. *Science of The Total Environment*, *433*, 216-229. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2012.06.046

Mercadal, O. (2003). La Costa de can Martorell (Dosrius, el Maresme). Mort i violència en una comunitat del litoral català durant el tercer mil·lenni aC. *Laietània. Museu de Mataró*, *14*, 256.

Messana, C., Tornero, C., Madgwick, R., Lamb, A. L., Evans, J., & Colominas, L. (2023). Between valleys, plateaus, and mountains: Unveiling livestock altitudinal mobility in the Iron Age Iberian Peninsula (3rd c. BC) through a multi-isotope approach. *Frontiers in Environmental Archaeology*, *2*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fearc.2023.1245725

Mestres, J., Farré, J., & Senabre, M. R. (1998). Anàlisi microespacial de les estructures enfonsades del neolític a l'edat del ferro a la plana del Penedès. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, 11-29.

Mestres Mercadé, J., & Esteve i Gràcia, X. (2016). Sitges, cenotafis i sepulcres. 20 anys d'intervencions arqueològiques al Penedès. *Jornades d'Arqueologia del Penedès*, 37-76.

Mira Ruiz, J. (2019). Alimentació i cultura durant la Baixa Edat Mitjana a la Corona d'Aragó. *Paratge*, *32*, 103-118.

Molist, M. (1992). El neolític mitjà a Catalunya: Estat del coneixement, debats i preguntes a inicis dels anys 90. En *Estat de la investigació sobre el Neolitíc a Catalunya, centenari del naixement de P. Bosch Gimpera: 9e Col. Loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà* (p. 157-163). https://portalrecerca.uab.cat/en/publications/el-neol%C3%ADtic-mitj%C3%A0-a-catalunya-estat-del-coneixement-debats-i-preg-2

Montelius, O. (1899). Der Orient und Europa. Stockholm, Konigl. *Akademie der schnen*.

Montgomery, J. (2002). *Lead and strontium isotope compositions of human dental tissues as an indicator of ancient exposure and population dynamics* [PhD Thesis]. The University of Bradford.

Montgomery, J. (2010). Passports from the past: Investigating human dispersals using strontium isotope analysis of tooth enamel. *Annals of Human Biology*, *37*(3), 325-346. https://doi.org/10.3109/03014461003649297

Montgomery, J., Budd, P., Cox, A., Krause, P., & Thomas, R. G. (1999). LA-ICP-MS evidence for the distribution of lead and strontium in Romano-British, medieval and modern human teeth: Implications for life history and exposure reconstruction. *BAR International Series*, *792*, 290-296.

Morell, B., Barceló-Álvarez, J. A., Gibaja, J. F., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Subirà, M. E., Bravo, P., Coll, J. M., González Marcén, P., Hinojo, E., Martí, M., Martín, A., Plasencia, X., & Roig, J. (2016). *La Cronología de las Necrópolis Neolíticas del NE Peninsular "Bòbila Madurell-Can Gambús" y "Camí de Can Grau" (Segunda*

mitad del V milenio cal.ANE- Primera mitad del IV milenio cal.ANE). https://digital.csic.es/handle/10261/147709

Morell Rovira, B. (2019). La cronología como medio de interpretación social: Los contextos funerarios del NE de la Península Ibérica entre finales del V e inicios del IV milenio cal.BC. [Ph.D. Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. https://www.tdx.cat/handle/10803/667384

Morell-Rovira, B., Tvrdý, Z., Díaz-Zorita Bonilla, M., Bickle, P., Tóth, P., Přichystal, M., Bedáňová, A., & Masclans, A. (2024). Patrilocality at the Beginning of Farming? An Isotopic Approach from SE Moravia. *Journal of World Prehistory*. https://doi.org/10.1007/s10963-024-09181-1

Müldner, G., Frémondeau, D., Evans, J., Jordan, A., & Rippon, S. (2022). Putting South-West England on the (strontium isotope) map: A possible origin for highly radiogenic 87Sr/86Sr values from southern Britain. *Journal of Archaeological Science*, *144*, 105628. https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105628

Müller, W., Fricke, H., Halliday, A. N., McCulloch, M. T., & Wartho, J.-A. (2003). Origin and Migration of the Alpine Iceman. *Science*, *302*(5646), 862-866. https://doi.org/10.1126/science.1089837

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

Muntané i Santiveri, J. X. (2013). Aproximació a les causes de l'avalot de Tàrrega de 1348. *TAMID. Revista Catalana Anual d'Estudis Hebraics*, *8*(2012), 103-129. https://doi.org/10.2436/20.1006.01.24

Nadal Lorenzo, J., & Estrada Martín, A. (2003). Estudi de les restes faunístiques. En *Puig Castellar. Els ibers a Santa Coloma de Gramenet. 5 anys d'intervenció arqueològica (1998-2002)* (Museu Torre Balldovina. Ajuntament de Santa Coloma de Gramenet, p. 174-182).

Nadal Lorenzo, J., Senabre Juncosa, M. R., Mestres Mercader, J., & Cebrià Escuer, A. (1999). Evolución del aprovechamiento de los recursos faunísticos durante el Neolítico en al comarca de l'Alt Penedès (Barcelona). *Saguntum-PLAV*, *Extra-2*, 85-93.

Navarrete, V., Bosch, J., & Saña, M. (2020). Prácticas ganaderas y minería neolítica: Nuevos datos de las minas de variscita de Gavà (Barcelona). *Trabajos de Prehistoria*, *77*(2), Article 2. https://doi.org/10.3989/tp.2020.12260

Nehlich, O. (2015). The application of sulphur isotope analyses in archaeological research: A review. *Earth-Science Reviews*, *142*, 1-17.

Nelson, D. R., McCulloch, M. T., & Sun, S.-S. (1986). The origins of ultrapotassic rocks as inferred from Sr, Nd and Pb isotopes. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *50*(2), 231-245. https://doi.org/10.1016/0016-7037(86)90172-9

Nieto-Espinet, A., Huet, T., Trentacoste, A., Guimarães, S., Orengo, H., & Valenzuela-Lamas, S. (2021). Resilience and livestock adaptations to demographic growth and technological change: A diachronic perspective from the Late Bronze Age to Late Antiquity in NE Iberia. *PLoS ONE*, *16*(2). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246201

Nieto-Espinet, A., Trentacoste, A., Guimarães, S., & Valenzuela-Lamas, S. (2020). *Continuïtats i canvis en la ramaderia a Catalunya del primer mil·lenni a. N. E. A l'antiguitat tardana. Adaptació ecològica o canvis sociopolítics?* https://digital.csic.es/handle/10261/238651

Nieto-Espinet, A., Valenzuela-Lamas, S., Moran, M., Payà, X., & Gil, I. (2024). "Death or conversion": From welfare to famine in the Jewish quarter of Lleida, Spain (12th–14th century). *International Journal of Osteoarchaeology*, *e3291*(n/a). https://doi.org/10.1002/oa.3291

Nikita, E., Mardini, M., Mardini, M., & Degryse, P. (2022). SrIsoMed: An open access strontium isotopes database for the Mediterranean. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *45*, 103606. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103606

Nirenberg, D. (1998). *Communities of violence: Persecution of minorities in the Middle Ages*. Princeton University Press.

Olalde, I., Mallick, S., Patterson, N., Rohland, N., Villalba-Mouco, V., Silva, M., Dulias, K., Edwards, C. J., Gandini, F., Pala, M., Soares, P., Ferrando-Bernal, M., Adamski, N., Broomandkhoshbacht, N., Cheronet, O., Culleton, B. J., Fernandes, D., Lawson, A. M., Mah, M., … Reich, D. (2019). The genomic history of the Iberian Peninsula over the past 8000 years. *Science*, *363*(6432), 1230-1234. https://doi.org/10.1126/science.aav4040

Oliva Poveda, M. (2015). *Aprofitament i transformació de matèries primeres per a l'elaboració d'ornaments durant la prehistòria recent (5600-3400 cal. Ane) al nord-est de la península Ibèrica*. Universitat Autònoma de Barcelona,. https://ddd.uab.cat/record/148961

Oliver Foix, A. (1995). Acerca de los restos humanos localizados en los poblados ibéricos. *Arx*, *1*, 35-41.

Olmos Benllonch, P. (2008). Adaptació metrológica grega en l'arquitectura ibèrica de Catalunya: Puig de Sant Andreu d'Ullastret i Mas Castellar de Pontós. *Cypsela*, *17*, 273-285.

Oms, F. X., Martín, A., Esteve, X., Mestres, J., Morell, B., Subirà, M. E., & Gibaja, J. F. (2016). The Neolithic in Northeast Iberia: Chronocultural Phases and 14C. *Radiocarbon*, *58*(2), 291-309. https://doi.org/10.1017/RDC.2015.14

Orri, E. (2007). *Informe de la Fauna recuperada al jaciment de Mas d'en Boixos—1 (Campanya 2004)* (p. 1-14).

Pascual, I., Haro, A., & Subirà, M. E. (2014). *Estudi antropològic de les restes procedents de la campanya d'excavació del 2008 al jaciment de Mas d'en Boixos* (p. 1-18).

Pederzani, S., & Britton, K. (2019). Oxygen isotopes in bioarchaeology: Principles and applications, challenges and opportunities. *Earth-Science Reviews*, *188*, 77-107. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.11.005

Pedro, M. (2012). *Memòria de la intervenció arqueològica Mas d'en Boixos—1 (campanya 2008)* (p. 1-272). www.triadecultural.com

Perry, M. A., Coleman, D., & Delhopital, N. (2008). Mobility and exile at 2nd century A.D. khirbet edh-dharih: Strontium isotope analysis of human migration in western Jordan. *Geoarchaeology*, *23*(4), 528-549. https://doi.org/10.1002/gea.20230

Pin, C., & Bassin, C. (1992). Evaluation of a strontium-specific extraction chromatographic method for isotopic analysis in geological materials. *Analytica Chimica Acta*, *269*(2), 249-255. https://doi.org/10.1016/0003-2670(92)85409-Y

Plana Mallart, R., & Martín Ortega, A. (2001). *L'organització de l'espai rural entorn de l'Oppidum d'Ullastret: Formes i dinàmica de poblament* (A. Martín Ortega & R. Plana Mallart, Ed.; p. 157-176). Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Plana Mallart, R., & Martín Ortega, A. (2003). L'Estudi del territori de l'oppidum d'Ullastret (1997-2003). Ocupació extra muros i paisatge rural. En *XIII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà (Puigcerdà 2003)* (p. 347-360). Institut d'Estudis Ceretans.

Plana Mallart, R., & Martín Ortega, A. (2012). El paisatge periurbà de l'oppidum d'Ullastret: Una nova imatge de la morfologia i del funcionament d'una ciutat ibèrica. En M. C. Belarte & R. Plana Mallart (Ed.), *El paisatge periurbà a la Mediterrània occidental durant la protohistòria i l'antiguitat* (p. 123-148). Institut Català d'Arqueologia Clàssica.

Plasencia Figueroa, F. J. (2016). Bòbila Madurell-Mas Duran: Formas de vida en el Neolítico medio y final del nordeste peninsular [Universitat Autònoma de Barcelona]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. http://www.tesisenred.net/handle/10803/400570

Podlesak, D. W., Torregrossa, A.-M., Ehleringer, J. R., Dearing, M. D., Passey, B. H., & Cerling, T. E. (2008). Turnover of oxygen and hydrogen isotopes in the body water, CO2, hair, and enamel of a small mammal. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *72*(1), 19-35.

Pollard, A. M. (2011). Isotopes and impact: A cautionary tale. *Antiquity*, *85*(328), 631-638. https://doi.org/10.1017/S0003598X00068034

Pons, E. (2003a). Catalunya a la transició de l'Edat del Ferro. Zona de pas, època de trasbalsaments humans i canvi cultural. En *XIII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà (Puigcerdà 2003)* (p. 69-94). Institut d'Estudis Ceretans.

Pons, E. (2003b). De l'edat del bronze a l'edat del ferro a Catalunya: Desplaçaments, estades i canvi cultural. *Cota Zero*, *18*, 106-130.

Pou Calvet, R., & Martí Rosell, M. (1997). Los hipogeos neolíticos del NE peninsular: Las formas hipogeas del grupo «Sepulcros de Fosa». *II Congreso de Arqueología Peninsular: Zamora, del 24 al 27 de septiembre de 1996, Vol. 2, 1997, ISBN 84-89981-01-9, págs. 137-146*, 137-146. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=604770

Pou Calvet, R., Martí Rosell, M., Díaz Ortells, J., & Bordas Tissier, A. (1994). Estudio de la necropolis del grupo de sepulcros de fosa del yacimiento de "Bóbila Madurell "(Sant Quirze del Valles, Barcelona) en el contexto del neolitico medio reciente en Catalunya. *Actas dos Trabalhos de Antropologia e Etnologia*, *XXXIV, fas*, 61-80.

Prats Ferrando, G. (2017). L'emmagatzematge en sitja entre el neolític i l'època ibèrica (del VI al I mil·lenni ANE). Aproximació socioeconòmica a les comunitats del nord-est de la Península Ibèrica [Universitat de Lleida]. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)* (Vol. 1). http://www.tesisenred.net/handle/10803/458560

Price, T. D. (Ed.). (2023). *Isotopic Proveniencing and Mobility: The Current State of Research*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25722-3

Price, T. D., Burton, J. H., & Bentley, R. A. (2002). The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration. *Archaeometry*, *44*(1), 117-135. https://doi.org/10.1111/1475-4754.00047

Prowse, T. L., Schwarcz, H. P., Garnsey, P., Knyf, M., Macchiarelli, R., & Bondioli, L. (2007). Isotopic evidence for age-related immigration to imperial Rome. *American Journal of Physical Anthropology*, *132*(4), 510-519. https://doi.org/10.1002/ajpa.20541

Pryor, A. J., Stevens, R. E., O'Connell, T. C., & Lister, J. R. (2014). Quantification and propagation of errors when converting vertebrate biomineral oxygen isotope data to temperature for palaeoclimate reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *412*, 99-107.

Pujol Puigvehí, A. (1980). Los cráneos de Ullastret y su posible significado. *Pyrenae*, *15-16*, 267-275.

QField Ecosystem Documentation. (2024). *QField Ecosystem Documentation*. https://docs.qfield.org/

Quevedo, I., Martín, A., Gibaja, J. F., & Cubas, M. (2020). *Neolítico medio en Cataluña: El caso de Bòbila Madurell (Sant Quirze del Valles, Barcelona)*. https://digital.csic.es/handle/10261/237718

Ramsey, C. B., Pettitt, P. B., Hedges, R. E. M., Hodgins, G. W. L., & Owen, D. C. (2000). Radiocarbon Dates from the Oxford Ams System: Archaeometry Datelist 30. *Archaeometry*, *42*(2), 459-479. https://doi.org/10.1111/j.1475-4754.2000.tb00893.x

Renfrew, C. (1990). *Archaeology and language: The puzzle of Indo-European origins*. CUP Archive. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=R645AAAAIAAJ&oi=fnd&pg=PR13&dq=Renfrew,+C.+(1988).+Archaeology+and+language:+The+puzzle+of+Indo-European+origins.+Cambridge:+Cambridge+University+Press.&ots=egVYPz468l&sig=lMH_FkYGUIKrLnNdQgCbRDghKpg

Ribas, C., Gotor, G., Alcayde, M. J., & Broto, F. (2014). *Informe de lanàlisi de sols entorn al Crani 6 d'Ullastret*.

Richards, M. P. (2023). Sulphur Isotope Ratios of Archaeological Human Collagen as a Mobility Indicator. En T. D. Price (Ed.), *Isotopic Proveniencing and Mobility: The Current State of Research* (p. 187-197). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25722-3_8

Richards, M. P., Pettitt, P. B., Stiner, M. C., & Trinkaus, E. (2001). Stable isotope evidence for increasing dietary breadth in the European mid-Upper Paleolithic.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, *98*(11), 6528-6532. https://doi.org/10.1073/pnas.111155298

Rigó Jovells, A., & Gili Abad, E. (1991). *Memòria de les excavacions d'urgència a Santa Coloma de Gramenet (Barcelonès) en la zona afectada per la construcció del segón cinturó.1991*. http://calaix.gencat.cat/handle/10687/427457

Rivollat, M. (2016). *Du fonctionnement des sites funéraires aux processus de néolithisation sur le territoire français (néolithique ancien et moyen): Premiers apports de l'approche paléogénétique* [Phdthesis, Université de Bordeaux]. https://theses.hal.science/tel-01325328

Rodríguez Ximenos, J. R. (2010). *Memòria del Seguiment arqueològic de les obres d'urbanització de la plaça del Consell Comarcal i el carrer Manuel Ibarra (Cervera, La Segarra). Octubre 2008—Maig 2009.*

Roig Buxó, J., & Coll Riera, J. M. (2008). *El paratge arqueològic de Can Gambús 1 (Sabadell, Vallès Occidental)*. Arqueologia i Patrimoni Arrago, SL.

Roig Buxó, J., & Coll Riera, J. M. (2010). *Memòria de la intervenció arqueològica a Can Gambús-1 (Sabadell, Vallès Occ. Abril 2003—Desembre 2004/agost 2006)*. Arqueologia i Patrimoni Arrago, SL.

Roig, J., Coll, J. M., Gibaja, J. F., Chambon, P., Villar, V., Ruiz, J., Terradas, X., & Subirà, M. E. (2010). La necrópolis de Can Gambús-1 (Sabadell, Barcelona). Nuevos conocimientos sobre las prácticas funerarias durante el Neolítico medio en el Noreste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, *67*, 59-84. https://doi.org/10.3989/tp.2010.10031

Rovira Hortalà, M. C. (2005). La producció de bronze a l'area d' Ullastret: Aportacions arqueomètriques. *Món ibèric als Països Catalans: XIII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. Homenatge a Josep Barberà i Farràs.*, *2*, 797-808.

Ruiz, J., & Subirà, M. E. (2009). Reconstrucció antropològica del pogrom de 1348 a Tàrrega. *Urtx: Revista cultural de l'Urgell*, *23*, 125-138.

Rundel, P. W. (1995). Stable Isotopes in Ecological Research. *Ecology*, *76*(5), 1683-1684. https://doi.org/10.2307/1938169

Ryan, S. E., Snoeck, C., Crowley, Q. G., & Babechuk, M. G. (2018). 87Sr/86Sr and trace element mapping of geosphere-hydrosphere-biosphere interactions: A case study in Ireland. *Applied Geochemistry*. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2018.01.007

Sagarra i de Siscar, F. de. (1906a). Descubriments arqueologichs de Puig-Castellar, terme de Santa Coloma de Gramanet. *Butlletí de la Reial Acadèmia de Bones Lletres de Barcelona*, *3*(18), 88-91.

Sagarra i de Siscar, F. de. (1906b). Descubriments arqueologichs de Puig-Castellar, terme de Santa Coloma de Gramanet (Continuació). *Butlletí de la Reial Acadèmia de Bones Lletres de Barcelona*, *3*(19), 160-165.

Salazar, N. B., & Smart, A. (2011). Anthropological Takes on (Im)Mobility. *Identities*, *18*(6), i-ix. https://doi.org/10.1080/1070289X.2012.683674

Saña, M., Antolín, F., Alcántara, R., Sierra, A., & Tornero, C. (2020). Integrating domesticates: Earliest farming experiences in the Iberian Peninsula. *Farmers at the Frontier: A Pan-European Perspective on Neolithisation. Oxbow Books, Oxford*, 161-175.

Sánchez Martínez, M. (1995). La evolución de la fiscalidad regia en los países de la Corona de Aragón (c. 1280-1350). En *Europa en los umbrales de la crisis*. Estella. Diputación Foral de Navarra.

Sánchez Moreno, E. (2002). Algunas notas sobre la guerra como estrategia de interacción social en la Hispania prerromana: Viriato, jefe redistributivo (y II*). *Habis*, *33*, 141-174.

Sanmartí, J. (1992). *Els primers pobladors de Santa Coloma de Gramenet: Dels orígens al mon romà*. Museu Torre Balldovina - Ajuntament de Santa COloma de Gramenet.

Sanmartí, J. (2003). Intercanvi, comerç i societat en el mon ibèric. En *Mon ibèric als Països Catalans. XIII Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. Volum 2* (p. 709-735). Institut d'Estudis Ceretans.

Sanmartí, J. (2004). From local groups to early states: The development of complexity in protohistoric Catalonia. *Pyrenae: revista de prehistòria i antiguitat de la Mediterrània Occidental*, *35*, 7-41.

Sanmartí, J. (2009a). Colonial relations and social change in Iberia (seventh to third centuries BC). En M. Dietler & C. López-Ruiz (Ed.), *Colonial encounters in ancient Iberia: Phoenician, greek and indigenous relations* (p. 49-88). https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=SANMART%C3%8D%2C++Joan++%282009b%29%3A++%E2%80%9CColonial++relations++and++social++change++in++Iberia++%28seventh++to+third+centuries+BC%29%E2%80%9D%2C+dins+Dietler%2C+M.+and+L%C3%B3pez-Ruiz%2C+C.+%28eds.%29%2C+Colonial+encounters+in+ancient+Iberia%3A+phoenician%2C+greek+and+indigenous+relations%2C+Chicago%2C+pp.+49-++88&btnG=

Sanmartí, J. (2009b). Dels estats arcaics a la romanització: Una perspectiva històrica i evolutiva sobre els ibers. *Catalan Historical Review. Institut d"Estudis Catalans*, *2*, 145-160.

Sanmartí, J. (2014). Long-Term Social Change in Iron Age Northern Iberia (ca. 700–200 BC). En A. Bernard Knapp & P. Van Dommelen (Ed.), *The Cambridge Prehistory of the Bronze and Iron Age Mediterranean* (p. 455-470). Cambridge University Press. https://www-cambridge-org.are.uab.cat/core/books/cambridge-prehistory-of-the-bronze-and-iron-age-mediterranean/longterm-social-change-in-iron-age-northern-iberia-ca-700200-bc/58C7B5936688CB5E0A51F34C5A0E6E16

Sanmartí, J., & Santacana, J. (2005). *Els ibers del nord* (R. Dalmau, Ed.). Rafael Dalmau. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=270045

Saula Briansó, O. (coord.), Casanovas Miró, J., Colet Marcé, A., Farré Targa, M. À., Garcia Biosca, J. E., Muntané Santiveri, J. X., Ruiz Ventura, J., Subirà de Galdacano, M. E., Valenzuela Lamas, S., & Velasco Gonzàlez, A. (2014). *Tragèdia al call. Tàrrega*

1348. (Catàleg de l'exposició Tragèdia al call. Tàrrega 1348, Ed.). Museu Comarcal de l'Urgell.

Sayle, K. L., Brodie, C. R., Cook, G. T., & Hamilton, W. D. (2019). Sequential measurement of δ15N, δ13C and δ34S values in archaeological bone collagen at the Scottish Universities Environmental Research Centre (SUERC): A new analytical frontier. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, *33*(15), 1258-1266. https://doi.org/10.1002/rcm.8462

Scaffidi, B. K., & Knudson, K. J. (2020). An archaeological strontium isoscape for the prehistoric andes: Understanding population mobility through a geostatistical meta-analysis of archaeological 87Sr/86Sr values from humans, animals, and artifacts. *Journal of Archaeological Science*, *117*. https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105121

Scheeres, M., Knipper, C., Hauschild, M., Schönfelder, M., Siebel, W., Pare, C., & Alt, K. W. (2014). «Celtic migrations»: Fact or fiction? Strontium and oxygen isotope analysis of the Czech cemeteries of Radovesice and Kutná Hora in Bohemia. *American Journal of Physical Anthropology*, *155*(4), 496-512. https://doi.org/10.1002/ajpa.22597

Schoeller, D. A. (1999). Isotope Fractionation: Why Aren't We What We Eat? *Journal of Archaeological Science*, *26*(6), 667-673. https://doi.org/10.1006/JASC.1998.0391

Serna, A., Prates, L., Mange, E., Salazar-García, D. C., & Bataille, C. P. (2020). Implications for paleomobility studies of the effects of quaternary volcanism on bioavailable strontium: A test case in North Patagonia (Argentina). *Journal of Archaeological Science*, *121*, 105198. https://doi.org/10.1016/j.jas.2020.105198

Shaw, B., Buckley, H., Summerhayes, G., Anson, D., Garling, S., Valentin, F., Mandui, H., Stirling, C., & Reid, M. (2010). Migration and mobility at the Late Lapita site of Reber–Rakival (SAC), Watom Island using isotope and trace element analysis: A new insight into Lapita interaction in the Bismarck Archipelago. *Journal of Archaeological Science*, *37*(3), 605-613. https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.10.025

Shaw, B. J., Summerhayes, G. R., Buckley, H. R., & Baker, J. A. (2009). The use of strontium isotopes as an indicator of migration in human and pig Lapita populations in the Bismarck Archipelago, Papua New Guinea. *Journal of Archaeological Science*, *36*(4), 1079-1091. https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.12.010

Sillen, A., Hall, G., Richardson, S., & Armstrong, R. (1998). 87Sr/86Sr ratios in modern and fossil food-webs of the Sterkfontein Valley: Implications for early hominid habitat preference. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *62*(14), 2463-2473. https://doi.org/10.1016/S0016-7037(98)00182-3

Slovak, N. M., & Paytan, A. (2012). Applications of Sr Isotopes in Archaeology. En *Advances in Isotope Geochemistry* (p. 743-768). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-10637-8_35

Slovak, N. M., Paytan, A., & Wiegand, B. A. (2009). Reconstructing Middle Horizon mobility patterns on the coast of Peru through strontium isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*, *36*(1), 157-165. https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.08.004

Snoeck, C., Jones, C., Pouncett, J., Goderis, S., Claeys, P., Mattielli, N., Zazzo, A., Reimer, P. J., Lee-Thorp, J. A., & Schulting, R. J. (2020). Isotopic evidence for changing mobility and landscape use patterns between the Neolithic and Early Bronze Age in western Ireland. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *30*(December 2019), 102214. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102214

Snoeck, C., Lee-Thorp, J., Schulting, R., de Jong, J., Debouge, W., & Mattielli, N. (2015). Calcined bone provides a reliable substrate for strontium isotope ratios as shown by an enrichment experiment. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, *29*(1), 107-114. https://doi.org/10.1002/rcm.7078

Snoeck, C., Pouncett, J., Claeys, P., Goderis, S., Mattielli, N., Parker Pearson, M., Willis, C., Zazzo, A., Lee-Thorp, J. A., & Schulting, R. J. (2018). Strontium isotope analysis on cremated human remains from Stonehenge support links with west Wales. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-8. https://doi.org/10.1038/s41598-018-28969-8

Snoeck, C., Pouncett, J., Ramsey, G., Meighan, I. G., Mattielli, N., Goderis, S., Lee-Thorp, J. A., & Schulting, R. J. (2016). Mobility during the neolithic and bronze age in northern ireland explored using strontium isotope analysis of cremated human bone. *American Journal of Physical Anthropology*, *160*(3), 397-413. https://doi.org/10.1002/ajpa.22977

Snoeck, C., Ryan, S., Pouncett, J., Pellegrini, M., Claeys, P., Wainwright, A. N., Mattielli, N., Lee-Thorp, J. A., & Schulting, R. J. (2020). Towards a biologically available strontium isotope baseline for Ireland. *Science of the Total Environment*, *712*, 136248. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136248

Snoeck, C., Schulting, R. J., Brock, F., Rodler, A. S., Van Ham-Meert, A., Mattielli, N., & Ostapkowicz, J. (2021). Testing Various Pre-treatments on Artificially Waterlogged and Pitch-Contaminated Wood for Strontium Isotope Analyses. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *8*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2020.589154

Soriano, E. (2013). Metalurgia y sociedad en el Nordeste de la Península Ibérica (finales del IV- II milenio cal ANE). En *British Archaeological Reports*.

Spros, R., Pellegrini, M., Ervynck, A., James, H. F., Claeys, P., Lambert, B., & Snoeck, C. (2022). Diet and mobility in early medieval coastal Belgium: Challenges of interpreting multi-isotopic data. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *46*, 103680. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103680

Stein, M., Starinsky, I. A., Katz, I. A., Goldstein, J. S. L., Machlus, M., & Schramm, A. (1997). Strontium isotopic, chemical, and sedimentological evidence for the evolution of Lake Lisan and the Dead Sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, *61*(I8), 3975-3992.

Stewart, B. W., Capo, R. C., & Chadwick, O. A. (1998). Quantitative strontium isotope models for weathering, pedogenesis and biogeochemical cycling. *Geoderma*, *82*(1-3), 173-195. https://doi.org/10.1016/S0016-7061(97)00101-8

Subirà, M. E. (2005). *Informe antropològic de les inhumacions del jaciment de Mas d'en Boixos (Pacs, Alt Penedès. Campanya 2001-2002*.

Subirà, M. E. (2006). *Informe antropològic de l'estructura MB-1-04-355 de la campanya d'excavacions de 2004 a Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès)*.

Subirà, M. E., & Rovira Hortalà, M. C. (2019). Las "cabezas cortadas" del poblado ibérico del Puig Castellar (Santa Coloma de Gramenet, Barcelona). Datos para una reinterpretación. *Trabajos de Prehistoria*, *76*(2), 286. https://doi.org/10.3989/tp.2019.12238

Subirà, M. E., Ruiz, J., & Guardiola-Bufí, marina. (2011). Fire and bones: Bronze Age III in the north-eastern Iberian Peninsula. *Collegium Antropologicum*, *35*, 565-576.

Tejedor-Rodríguez, C., Moreno-García, M., Tornero, C., Hoffmann, A., García-Martínez de Lagrán, Í., Arcusa-Magallón, H., Garrido-Pena, R., Royo-Guillén, J. I., Díaz-Navarro, S., Peña-Chocarro, L., Alt, K. W., & Rojo-Guerra, M. (2021). Investigating Neolithic caprine husbandry in the Central Pyrenees: Insights from a multi-proxy study at Els Trocs cave (Bisaurri, Spain). *Plos*, *16*(1), e0244139. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244139

Toots, H., & Voorhies, M. R. (1965). Strontium in Fossil Bones and the Reconstruction of Food Chains. *Science (New York, N.Y.)*, *149*(3686), 854-855. https://doi.org/10.1126/science.149.3686.854

Tornero, C., Bălăşescu, A., Ughetto-Monfrin, J., Voinea, V., & Balasse, M. (2013). Seasonality and season of birth in early Eneolithic sheep from Cheia (Romania): Methodological advances and implications for animal economy. *Journal of Archaeological Science*, *40*(11), 4039-4055. https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.05.013

Torras i Cortina, M. (2014). « Lectores in itinere»: Viatgers cultes entre ciutats europees a la Baixa Edat Mitjana. *medievalia*, *16*, 0159-0164.

Vaiglova, P., Lazar, N. A., Stroud, E. A., Loftus, E., & Makarewicz, C. A. (2023). Best practices for selecting samples, analyzing data, and publishing results in isotope archaeology. *Quaternary International*, *650*, 86-100. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2022.02.027

Valenzuela-Lamas, S. (2020). Circulación de animales en Iberia durante la Prehistoria reciente y la época clásica: Métodos de análisis, primeros datos y retos de futuro. *Pyrenae*, *51*(1), 7-27.

Valenzuela-Lamas, S., Díaz-Zorita Bonilla, M., Albizuri, S., Pena, L. D., Bosch, D., Subirà, M. E., & López-Cachero, F. J. (2023). Carefully sourced, carefully managed: Multi-isotopic analysis from Bronze and Iron Age equid teeth from Can Roqueta (Barcelona, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, *49*, 104032. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104032

Valenzuela-Lamas, S., Jiménez-Manchón, S., Evans, J. A., López, D., Jornet, R., & Albarella, U. (2016). Analysis of seasonal mobility of sheep in Iron Age Catalonia (north-eastern Spain) based on strontium and oxygen isotope analysis from tooth enamel: First results. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *6*(October), 828-836. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.08.042

Valenzuela-Lamas, S., Orengo, H. A., Bosch, D., Pellegrini, M., Halstead, P., Nieto-Espinet, A., Trentacoste, A., Jiménez-Manchón, S., López-Reyes, D., & Jornet-Niella, R. (2018). Shipping amphorae and shipping sheep? Livestock mobility in the north-east Iberian peninsula during the Iron Age based on strontium isotopic analyses of sheep and goat tooth enamel. *PLOS ONE*, *13*(10), e0205283. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205283

Valenzuela-Lamas, S., Valenzuela-Suau, L., Saula, O., Colet, A., Mercadal, O., Subiranas, C., & Nadal, J. (2014). *Shechita* and *Kashrut*: Identifying Jewish populations through zooarchaeology and taphonomy. Two examples from Medieval Catalonia (North-Eastern Spain). *Quaternary International*, *330*, 109-117. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.035

Valenzuela-Suau, L., Valenzuela-Lamas, S., García-Rosselló, J., Salvador, P., Nadal, J., Bonilla, M. D.-Z., Pena, L. D., Delgado, A., & Calvo, M. (2023). Tracing Mobility Patterns of Buried Species of the Late Iron Age Funerary Staggered Turriform of Son Ferrer (Calvià, Spain). *Open Archaeology*, *9*(1). https://doi.org/10.1515/opar-2022-0302

Valera, A. C., Žalaitė, I., Maurer, A. F., Grimes, V., Silva, A. M., Ribeiro, S., Santos, J. F., & Barrocas Dias, C. (2020). Addressing human mobility in Iberian Neolithic and Chalcolithic ditched enclosures: The case of Perdigões (South Portugal). *Journal of Archaeological Science: Reports*, *30*, 102264. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102264

van Geldern, R., Kuhlemann, J., Schiebel, R., Taubald, H., & Barth, J. A. C. (2014). Stable water isotope patterns in a climate change hotspot: The isotope hydrology framework of Corsica (western Mediterranean). *Isotopes in Environmental and Health Studies*, *50*(2), 184-200. https://doi.org/10.1080/10256016.2013.839559

Vaquer, J., Martín, A., Pétrequin, P., Pétrequin, A.-M., & Errera, M. (2012). Les haches alpines dans les sépultures du Néolithique moyen pyrénéen: Importations et influences. En *Jade, Grandes haches alpines du Néolithique européen Ve au IVe millénaire av. J.-C. Cahier de la MSHE Ledoux, série Dynamiques territoriales* (Vol. 17, p. 872-917). https://www.researchgate.net/profile/Jean-Vaquer/publication/280753904_Les_haches_alpines_dans_les_sepultures_du_Neolithique_moyen_pyreneen/links/58de77cdaca2721d070f7829/Les-haches-alpines-dans-les-sepultures-du-Neolithique-moyen-pyreneen.pdf

Verdés Pijuan, P. (1998). *La carestia de blat de 1374-1376 a Cervera*. https://digital.csic.es/handle/10261/51315

Verdés Pijuan, P. (2015). El cultiu i el comerç de safrà a Catalunya durant l'edat mitjana. *Plecs d'història local*, *158*, Article 158.

Vidal Sanchez, À. (2007). *Memòria científica de la intervenció arqueològica al jaciment de Mas d'en Boixos (Pacs del Penedès, Alt Penedès). Octubre de 2004 –Febrer de 2005* (p. 1-22).

Villalba, M. J. (1986). *Les mines neolitiques de Can Tintorer, Gavá: Excavacions 1978-1980* (Vol. 6). Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

Villalba-Mouco, V., Bea, M., Montes, L., & Salazar-García, D. C. (2020). Mobility across the pre-Pyrenean mountain ranges during the Chalcolithic through strontium isotopes in human enamel: La Cueva de los Cristales (Sarsa de Surta, Huesca, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, *31*, 102343. https://doi.org/10.1016/J.JASREP.2020.102343

Vita-Finzi, C., Higgs, E. S., Sturdy, D., Harriss, J., Legge, A. J., & Tippett, H. (1970). Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine: Site Catchment Analysis. *Proceedings of the Prehistoric Society*, *36*, 1-37. https://doi.org/10.1017/S0079497X00013074

Vitousek, P. M., Kennedy, M. J., Derry, L. A., & Chadwick, O. A. (1999). Weathering versus atmospheric sources of strontium in ecosystems on young volcanic soils. *Oecologia*, *121*(2), 255-259. https://doi.org/10.1007/s004420050927

Voerkelius, S., Lorenz, G. D., Rummel, S., Quétel, C. R., Heiss, G., Baxter, M., Brach-Papa, C., Deters-Itzelsberger, P., Hoelzl, S., Hoogewerff, J., Ponzevera, E., Van Bocxstaele, M., & Ueckermann, H. (2010). Strontium isotopic signatures of natural mineral waters, the reference to a simple geological map and its potential for authentication of food. *Food Chemistry*, *118*(4), 933-940. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.125

Wang, X., Tang, Z., & Dong, X. (2018). Distribution of strontium isotopes in river waters across the Tarim Basin: A map for migration studies. *Journal of the Geological Society*, *175*(6), 967-973. https://doi.org/10.1144/jgs2018-074

Warham, J. O. (2013). *Mapping biosphere strontium isotope ratios across major lithological boundaries. A systematic investigation of the major influences on geographic variation in the 87Sr/86Sr composition of bioavailable strontium above the Cretaceous and Jurassic rocks of England.* https://bradscholars.brad.ac.uk/handle/10454/5500

Webb, E., White, C., & Longstaffe, F. (2013). Dietary shifting in the Nasca Region as inferred from the carbon-and nitrogen-isotope compositions of archaeological hair and bone. *Journal of Archaeological Science*, *40*(1), 129-139.

Weber, M., Tacail, T., Lugli, F., Clauss, M., Weber, K., Leichliter, J., Winkler, D. E., Mertz-Kraus, R., & Tütken, T. (2020). Strontium Uptake and Intra-Population 87Sr/86Sr Variability of Bones and Teeth—Controlled Feeding Experiments With Rodents (Rattus norvegicus, Cavia porcellus). *Frontiers in Ecology and Evolution*, *8*. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2020.569940

West, J. B., Bowen, G. J., Dawson, T. E., & Kevin, P. T. (2010). *Isoscapes: Understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping* (J. B. West, G. J. Bowen, T. E. Dawson, & P. T. Kevin, Ed.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3354-3_3

White, C. D., Spence, M. W., Le Q. Stuart-Williams, H., & Schwarcz, H. P. (1998). Oxygen Isotopes and the Identification of Geographical Origins: The Valley of Oaxaca versus the Valley of Mexico. *Journal of Archaeological Science*, *25*(7), 643-655. https://doi.org/10.1006/jasc.1997.0259

Willmes, M., Bataille, C. P., James, H. F., Moffat, I., McMorrow, L., Kinsley, L., Armstrong, R. A., Eggins, S., & Grün, R. (2018). Mapping of bioavailable strontium isotope ratios in France for archaeological provenance studies. *Applied Geochemistry*, *90*, 75-86. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.12.025

Wright, E., Waterman, A. J., Peate, D. W., Kunst, M., Cardoso, J. L., & Detry, C. (2019). Animal mobility in Chalcolithic Portugal: Isotopic analyses of cattle from the sites of Zambujal and Leceia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, *24*, 804-814. https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.02.005

Wright, L. E. (2005). Identifying immigrants to Tikal, Guatemala: Defining local variability in strontium isotope ratios of human tooth enamel. *Journal of Archaeological Science*, *32*(4), 555-566. https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.11.011

Yang, L., Peter, C., Panne, U., & Sturgeon, R. E. (2008). Use of Zr for mass bias correction in strontium isotope ratio determinations using MC-ICP-MS. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, *23*(9), 1269-1274. https://doi.org/10.1039/B803143F

Yubero-Gómez, M., Rubio-Campillo, X., & López-Cachero, J. (2016). The study of spatiotemporal patterns integrating temporal uncertainty in late prehistoric settlements in northeastern Spain. *Archaeological and Anthropological Sciences*, *8*(3), 477-490. https://doi.org/10.1007/s12520-015-0231-x

Yurtsever, Y. (1975). Worldwide survey of stable isotopes i precipitation. *Rep. Sect. Isotope Hydrol., IAEA*. https://cir.nii.ac.jp/crid/1570572699245820160

Zamora Moreno, D., Pujol del Horno, J., García Roselló, J., & Cela Espin, X. (2001). El poblament a la Laietània central i septentrional durant el període ibèric ple. Una proposta d'organització territorial. En A. Martín i Ortega & R. Plana i Mallart (Ed.), *Actes de la Taula Rodona «Territori polític i territori rural durant l'edat del Ferro a la Mediterrània Occidental»* (Vol. 84-393-5596-3, p. 203-226). Museu d'Arqueologia de Catalunya.

Annexos

Annex A1.1 – Taula d'individus analitzats i resultats isotòpics

Codi	Individu	Jaciment	Període	Espècie	Sexe	Edat	Mostra	Estructura	$^{87}Sr/^{86}Sr$	2se $^{87}Sr/^{86}Sr$	Sr Lab	$\delta^{18}O_{VPDB}$	$\delta^{18}O$ SD	O Lab	Referències
BM0001	IPLBM-0001	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	36	B6	0,7092700		Arizona	-5,20			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0002	IPLBM-0002	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	52	B7	0,7099800		Arizona	-4,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0003	IPLBM-0003	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	16	B15	0,7101200		Arizona	-4,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0005	IPLBM-0005	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	12	E28	0,7101200		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0006	IPLBM-0006	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	46	MF10	0,7107200		Arizona	-4,20			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0007	IPLBM-0007	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	12	MF18	0,7087000		Arizona	-5,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0008	IPLBM-0008	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	26	MF18	0,7088800		Arizona	-4,50			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0009	IPLBM-0009	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	26	MS65	0,7100700		Arizona	-5,30			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0010	IPLBM-0010	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	16	MS5	0,7123500		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0011	IPLBM-0011	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Juvenil	11	MS8	0,7097800		Arizona	-3,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0012	IPLBM-0012	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	51	MS12	0,7100600		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0013	IPLBM-0013	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	61	MS15	0,7103100		Arizona	-4,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0013	IPLBM-0013	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	54	MS15	0,7102700		Arizona	-5,30			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0014	IPLBM-0014	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	36	MS23	0,7098500		Arizona	-4,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0015	IPLBM-0015	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	74	MS23	0,7097300		Arizona	-2,70			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0016	IPLBM-0016	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	35	MS23	0,7096000		Arizona	-4,20			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0017	IPLBM-0017	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Infantil	84	MS28	0,7096700		Arizona	-3,50			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0018	IPLBM-0018	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	11	MS63	0,7095100		Arizona	-4,50			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0018	IPLBM-0018	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	28	MS63	0,7096000		Arizona	-4,20			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0019	IPLBM-0019	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	16	MS69	0,7090000		Arizona	-4,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0020	IPLBM-0020	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	51	MS78	0,7098600		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0021	IPLBM-0021	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	71	MS78	0,7102600		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
BM0022	IPLBM-0022	La Bòbila Madurell	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Infantil	31	MS78	0,7102200		Arizona	-4,10			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CERV001	29	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	26	C/Manuel Ibarra	0,7087360	0,00002	LIRA (UB)	-5,62	0,04	Burgos	

CERV002	20	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	37	C/Manuel Ibarra	0,7142294	0,00002	LIRA (UB)	-6,99	0,04	Burgos	
CERV003	5	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Infantil	38	C/Manuel Ibarra	0,7090014	0,00002	LIRA (UB)	-4,76	0,05	Burgos	
CERV004	27	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	16	C/Manuel Ibarra	0,7089385	0,00002	LIRA (UB)	-5,15	0,03	Burgos	
CERV005	15	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	47	C/Manuel Ibarra	0,7093241	0,00002	LIRA (UB)	-5,29	0,04	Burgos	
CERV006	8	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	47	C/Manuel Ibarra	0,7089446	0,00002	LIRA (UB)	-3,20	0,03	Burgos	
CERV007	22	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà			37	C/Manuel Ibarra	0,7104196	0,00002	LIRA (UB)	-5,44	0,04	Burgos	
CERV008	26	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	47	C/Manuel Ibarra	0,7097157	0,00002	LIRA (UB)	-5,87	0,02	Burgos	
CERV009	28	Ossera Sant Antoni (Cervera)	Edat Mitjana	Humà		Adult	26	C/Manuel Ibarra	0,7088630	0,00002	LIRA (UB)	-5,58	0,04	Burgos	
CGI0001	IPCGI-0001	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	43	208	0,7097600		Arizona	-3,50			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0004	IPCGI-0004	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Senil	22	221	0,7100300		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0005	IPCGI-0005	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	21	665	0,7111100		Arizona	-4,40			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0006	IPCGI-0006	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	43	668	0,7111700		Arizona	-4,60			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0007	IPCGI-0007	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	33	247	0,7098700		Arizona	-5,60			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0008	IPCGI-0008	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	24	180	0,7095500		Arizona	-4,60			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0011	IPCGI-0011	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	13	497	0,7113700		Arizona	-3,90			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0012	IPCGI-0012	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	23	441	0,7096200		Arizona	-3,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0013	IPCGI-0013	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Adult jove	15	127	0,7104200		Arizona	-4,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0014	IPCGI-0014	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	33	515	0,7099000		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0015	IPCGI-0015	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Adult	14	228	0,7090500		Arizona	-5,20			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0016	IPCGI-0016	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	37	223	0,7097300		Arizona	-5,20			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0017	IPCGI-0017	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	35	111	0,7095700		Arizona	0,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0019	IPCGI-0019	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	48	116	0,7106200		Arizona	-4,80			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0020	IPCGI-0020	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Adult	37	45	0,7094400		Arizona	-5,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0021	IPCGI-0021	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	13	497	0,7103200		Arizona	-5,00			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0022	IPCGI-0022	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult	27	175	0,7103600		Arizona	-4,70			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGI0023	IPCGI-0023	Can Gambús I	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	43	161	0,7098700		Arizona	-5,10			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021

CGII001	IPCGII-001	Can Gambús II	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	38	UF2	0,7088100		Arizona	-5,40			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGII002	IPCGII-002	Can Gambús II	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult	11	UF16	0,7095600		Arizona	-3,60			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
CGII003	IPCGII-003	Can Gambús II	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Adult	28	UF13	0,7088100		Arizona	-4,50			Díaz-Zorita Bonilla et al., 2021
FS001	FS-1178-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	14	FS162	0,7087025		SgIker	-3,89	0,05	Burgos	
FS002	FS-1159-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	34	FS162	0,7086673		SgIker	-3,61	0,03	Burgos	
FS003	FS-1171-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Adult jove	15	FS162	0,7089710		SgIker	-5,57	0,02	Burgos	
FS004	FS-1168-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Juvenil	35	FS162	0,7088284		SgIker	-7,32	0,19	Burgos	
FS005	FS-1169-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Juvenil	15	FS162	0,7090764		SgIker	-4,70	0,03	Burgos	
MB001	MB-355-3	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Juvenil	36	E355	0,7080105	0,00001	SgIker	-5,57	0,04	Burgos	
MB002	MB-355-2	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult jove	17	E355	0,7079393	0,00001	SgIker	-6,07	0,04	Burgos	
MB003	MB-355-1	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult jove	17	E355	0,7079481	0,00001	SgIker	-6,24	0,02	Burgos	
MB004	MB-355-4	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Adult jove	17	E355	0,7084703	0,00001	SgIker	-5,76	0,06	Burgos	
MB005	MB-202-1	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	18	E201	0,7085909	0,00001	SgIker	-5,68	0,03	Burgos	
MB006	MB-202-2	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Masculí	Juvenil	17	E201	0,7092150	0,00001	SgIker	-4,85	0,04	Burgos	
MB007	195.3	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Juvenil	47	E195	0,7086258	0,00002	LIRA (UB)	-5,56	0,03	Burgos	
MB008	35.9	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			38	E035	0,7090218	0,00002	SgIker	-5,46	0,05	Burgos	
MB009	35.3	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			38	E035	0,7086607	0,00002	LIRA (UB)	-5,67	0,03	Burgos	
MB010	105.2	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Masculí	Adult	37	E105	0,7086477	0,00002	LIRA (UB)	-5,64	0,02	Burgos	
MB013	35.7	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			18	E035	0,7087919	0,00002	SgIker	-7,46	0,01	Burgos	
MB014	104.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Adult jove	48	E104	0,7086258	0,00002	LIRA (UB)	-5,79	0,02	Burgos	
MB015	35.10	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			46	E035	0,7086076	0,00002	LIRA (UB)	-6,08	0,05	Burgos	
MB016	51.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Masculí	Infantil	17	E051	0,7086558	0,00002	LIRA (UB)	-5,95	0,02	Burgos	
MB017	82.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Masculí	Adult	38	E082	0,7083154	0,00002	LIRA (UB)	-4,50	0,03	Burgos	
MB018	35.16	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			28	E035	0,7087441	0,00002	SgIker	-6,46	0,05	Burgos	
MB019	35.23	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			48	E035	0,7085721	0,00002	LIRA (UB)	-5,30	0,03	Burgos	
MB020	35.21	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà			37	E035	0,7086644	0,00002	LIRA (UB)	-5,80	0,05	Burgos	
MB021	61.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Juvenil	38	E061	0,7086641	0,00002	SgIker	-5,94	0,03	Burgos	
MB023	102.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Adult jove	38	E102	0,7079656	0,00002	LIRA (UB)	-5,82	0,02	Burgos	

MB024	431.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Indeterminat	Indeterminat	47	E431	0,7083702	0,00002	LIRA (UB)	-5,59	0,01	Burgos	
MB025	105.1	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Infantil	16	E105	0,7090735	0,00001	SgIker	-5,50	0,02	Burgos	
MB026	82.2	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Indeterminat	Infantil	46	E082	0,7088237	0,00001	SgIker	-4,50	0,02	Burgos	
MB027	MB-088-1	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	46	E088	0,7090618	0,00001	SgIker	-5,22	0,04	Burgos	
MB028	MB-355-5	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Indeterminat	Infantil	46	E355	0,7088473	0,00001	SgIker	-6,23	0,02	Burgos	
MB029	MB-088-2	Mas d'en Boixos	Neolític Mitjà	Humà	Femení	Adult jove	36	E088	0,7087739	0,00001	SgIker	-5,56	0,03	Burgos	
MB030	35.20 (77)	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Adult jove	14	E035	0,7090614	0,00001	SgIker	-5,67	0,04	Burgos	
MB031	35.12 (468)	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Adult jove	16	E035	0,7090895	0,00001	SgIker	-6,17	0,03	Burgos	
MB032	35.4 (240)	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Masculí	Adult	26	E035	0,7086795	0,00001	SgIker	-6,28	0,05	Burgos	
MB033	35.13 (499)	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Femení	Madur	34	E035	0,7086428	0,00001	SgIker	-5,35	0,03	Burgos	
MB034	35.14 (648)	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Indeterminat	Infantil	27	E035	0,7087131	0,00001	SgIker	-6,79	0,04	Burgos	
MB035	35.11 (285?)	Mas d'en Boixos	Bronze Inicial	Humà	Indeterminat	Adult jove	38	E035	0,7088587	0,00001	SgIker	-5,98	0,03	Burgos	
PC_CA1	PC-17-375b	Puig Castellar	Ibèric	Boví		Adult-Senil	Dent		0,7122560		Manheim	-4.7		Manheim	
PC_CA2	PC-17-375e	Puig Castellar	Ibèric	Boví		Adult-Senil	Dent		0,7082620		Manheim	-6.15		Manheim	
PC_CF1	PC-17-380	Puig Castellar	Ibèric	Cànid		Senil	Dent		0,7106610		Manheim	-5.91		Manheim	
PC_CP1	PC-17-379a	Puig Castellar	Ibèric	Caprí		>2	Dent		0,7104000		Manheim	-2.14		Manheim	
PC_CP2	PC-17-379b	Puig Castellar	Ibèric	Caprí		>2	Dent		0,7118170		Manheim	-0.55		Manheim	
PC_HU1	PC-392/397	Puig Castellar	Ibèric	Humà	Indeterminat	15	37		0,7112440		Manheim			Manheim	
PC_HU2	PC-398	Puig Castellar	Ibèric	Humà	Masculi	18-25	44		0,7094950		Manheim			Manheim	
PC_HU3	PC-399	Puig Castellar	Ibèric	Humà	Masculi	25-35	45		0,7092030		Manheim			Manheim	
PC_HU4	PC 396	Puig Castellar	Ibèric	Humà	Masculi	18-25	48		0,7088800		Manheim			Manheim	
PC_SU1	PC-17-377d	Puig Castellar	Ibèric	Suid		1	Dent		0,7107690		Manheim	-5.11		Manheim	
PC_SU2	PC-17-377p	Puig Castellar	Ibèric	Suid		Adult	Dent		0,7131600		Manheim	-5.34		Manheim	
PC_SU3	PC-17-377a	Puig Castellar	Ibèric	Suid		Adult	Dent		0,7127010		Manheim	-4.89		Manheim	
RO001	RO-169-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Adult jove	18	Ent-169	0,7087599		SgIker	-5,18	0,03	Burgos	
RO002	RO-168-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Adult jove	34	Ent-168	0,7085693		SgIker	-4,59	0,06	Burgos	
RO003	RO-164-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Madur	24	FS164	0,7127754		SgIker	-3,86	0,05	Burgos	
RO004	RO-164-2	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Infantil	55	FS164	0,7087335		SgIker	-3,30	0,04	Burgos	

RO005	RO-164-3	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Infantil	37	FS164	0,7088898		SgIker	-5,30	0,01	Burgos	
RO006	RO-164-6	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Infantil	43	FS164	0,7088134		SgIker	-4,89	0,06	Burgos	
RO007	RO-185-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Juvenil	45	Ent-185	0,7090722		SgIker	-4,67	0,07	Burgos	
RO008	RO-186-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Infantil	74	Ent-186	0,7089187		SgIker	-5,43	0,09	Burgos	
RO009	RO-161-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	28	FS161	0,7088179		SgIker	-6,24	0,06	Burgos	
RO010	RO-187-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà			38	Ent-187	0,7086367		SgIker	-5,17	0,03	Burgos	
RO011	RO-167-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Adult	47	Ent-167	0,7087540		SgIker	-5,01	0,11	Burgos	
RO012	RO-174-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	37	Ent-174	0,7086934		SgIker	-6,46	0,04	Burgos	
RO013	RO-164-4	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Infantil	32	FS164	0,7087302		SgIker	-6,90	0,04	Burgos	
RO014	RO-164-5	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Infantil	37	FS164	0,7086086		SgIker	-4,43	0,03	Burgos	
RO015	RO-162-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Infantil	61	FS162	0,7089443		SgIker	-5,98	0,05	Burgos	
RO016	RO-161-2	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Juvenil	35	FS161	0,7087597		SgIker	-4,42	0,05	Burgos	
RO017	RO-162-2	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Adult	47	FS162	0,7090976		SgIker	-6,37	0,02	Burgos	
RO018	RO-161-3	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Madur	24	FS161	0,7089348		SgIker	-5,31	0,04	Burgos	
RO019	RO-175-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	38	Ent-175	0,7088318		SgIker	-5,95	0,05	Burgos	
RO020	RO-176-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Masculí	Adult jove	38	Ent-176	0,7087991		SgIker	-5,02	0,03	Burgos	
RO021	RO-162-3	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Juvenil	46	FS162	0,7084849		SgIker	-4,48	0,02	Burgos	
RO022	RO-162-4	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	17	FS162	0,7087357		SgIker	-5,00	0,05	Burgos	
RO023	RO-161-4	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Juvenil	46	FS161	0,7089506		SgIker	-3,36	0,02	Burgos	
RO024	RO-182-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Indeterminat	Infantil	65	Ent-182	0,7089533		SgIker	-3,32	0,02	Burgos	
RO025	RO-172-1	Roquetes	Edat Mitjana	Humà	Femení	Adult jove	47	Ent-172	0,7089455		SgIker	-4,99	0,01	Burgos	
TAR001	FO'08 2089	Carrer de la Font	Edat Mitjana	Caprí			Dent	FO'08 2089	0,7086307	0,00002	LIRA (UB)	-3,76	0,03	Burgos	
TAR002	FO'08 2089	Carrer de la Font	Edat Mitjana	Caprí			Dent	FO'08 2089	0,7086753	0,00002	LIRA (UB)	-3,33	0,04	Burgos	
ULL_CA1	UE 153003	Ullastret	Ibèric	Boví			Dent		0,7093050		Manheim	-5.12		Manheim	
ULL_CA2	UE 152005	Ullastret	Ibèric	Boví			Dent		0,7112360		Manheim	-4.41		Manheim	
ULL_CA3	UE 152005	Ullastret	Ibèric	Boví			Dent		0,7108420		Manheim	-5.63		Manheim	
ULL_CP1	UE 153003	Ullastret	Ibèric	Caprí			Dent		0,7091800		Manheim	-2.66		Manheim	
ULL_CP2	UE 153004	Ullastret	Ibèric	Caprí			Dent		0,7098320		Manheim	-3.48		Manheim	

ULL_CP3	153006	Ullastret	Ibèric	Caprí			Dent		0,7124690		Manheim	-3.6		Manheim	
ULL_HU1	PSA2003 13028B (ULL-04970)	Ullastret	Ibèric	Humà	Masculi	20-25	28		0,7092550		Manheim			Manheim	
ULL_HU2	PSA 64. Gran Sagrera (ULL-03966/62)	Ullastret	Ibèric	Humà	Masculi	20-30	38		0,7107430		Manheim	-6.27		Manheim	
ULL_HU3	PSA 96 14015 (ULL-04989)	Ullastret	Ibèric	Humà	Indeterminat	17-25	36		0,7095000		Manheim	-6.11		Manheim	
ULL_SU1	UE 153003	Ullastret	Ibèric	Suid			Dent		0,7132480		Manheim	-4.73		Manheim	
ULL_SU2	UE 153004	Ullastret	Ibèric	Suid			Dent		0,7099680		Manheim	-7.97		Manheim	
ULL_SU3	153005	Ullastret	Ibèric	Suid			Dent		0,7087160		Manheim			Manheim	
ULL_SU4	153006	Ullastret	Ibèric	Suid			Dent		0,7107150		Manheim	-5.26		Manheim	

Annex A2.1 - Taula de mostrejos referencials de BASr

Codi	Mostra	Tipus	Espècie	^{Sr}	2se	Jaciment	UTM X	UTM Y	Z	UG	Període	Litologia
CG_LOC_001	Sediment	Sediment	Sediment	0,710800	0,000014	Bòbila Madurell/Can Gambús	417473	4606699	493	Tm2	Triàsic	Roques sedimentàries
CG_LOC_002	Sediment	Sediment	Sediment	0,716819	0,000013	Bòbila Madurell/Can Gambús	418280	4606015	452	Tbg	Triàsic	Roques sedimentàries
CG_LOC_003	Sediment	Sediment	Sediment	0,717403	0,000011	Bòbila Madurell/Can Gambús	421321	4607164	476	mc_Çorp	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques
CG_LOC_004	Sediment	Sediment	Sediment	0,710203	0,000012	Bòbila Madurell/Can Gambús	424139	4599035	403	Qva1-3	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
CG_LOC_004.2	Sediment	Sediment	Sediment	0,710092	0,000014	Bòbila Madurell/Can Gambús	424111	4598336	230	Qva1-5	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
CG_LOC_005	Sediment	Sediment	Sediment	0,716909	0,000014	Bòbila Madurell/Can Gambús	419812	4606953	483	mc_Çorp	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques
CG_LOC_006	Sediment	Sediment	Sediment	0,712621	0,000013	Bòbila Madurell/Can Gambús	422715	4603784	10	Qva1-5	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
CG_LOC_007	Sediment	Sediment	Sediment	0,710280	0,000011	Bòbila Madurell/Can Gambús	426062	4592956	156	Qva1-3	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
CG_LOC_008	Arbust	Romaní	*Salvia rosmarinus*	0,711095	0,000020	Bòbila Madurell/Can Gambús	418284	4606013	500	Tbg	Triàsic	Roques sedimentàries
CG_LOC_009	Arbre	Olivera	*Olea europaea*	0,712185	0,000020	Bòbila Madurell/Can Gambús	418287	4606007	501	Tbg	Triàsic	Roques sedimentàries
CG_LOC_010	Arbust	Olivera jove	*Olea europaea*	0,710050	0,000020	Bòbila Madurell/Can Gambús	417513	4606676	549	Tm2	Triàsic	Roques sedimentàries
CG_LOC_011	Arbre	Roure	*Quercus cerrioides*	0,711865	0,000020	Bòbila Madurell/Can Gambús	417514	4606676	549	Tm2	Triàsic	Roques sedimentàries
CG_LOC_012	Arbre	Roure	*Quercus cerrioides*	0,719525	0,000021	Bòbila Madurell/Can Gambús	419935	4606428	499	mc_Çorp	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques
CG_LOC_013	Arbust	Galzeran	*Ruscus aculeatus*	0,713547	0,000020	Bòbila Madurell/Can Gambús	419908	4606422	507	mc_Çorp	Cambroordovicià	Roques metamòrfiques
L-PC01	Arbre	Olivera	*Olea europaea*	0,713827	0,000008	Puig Castellar	433548	4591131	257	ÇOrP	Cambroordovicià	Roques sedimentàries del Cambro-Ordovicià
L-PC02	Sediment	Sediment	Sediment	0,712059	0,000011	Puig Castellar	433779	4591096	257	ÇOrP	Cambroordovicià	Roques sedimentàries del Cambro-Ordovicià
L-PC03	Sediment	Sediment	Sediment	0,712068	0,000009	Puig Castellar	433950	4591287	289	Ggd	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC04	Arbre	Pi	*Pinus halepensis*	0,712899	0,000010	Puig Castellar	433950	4591287	289	Ggd	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC05	Sediment	Sediment	Sediment	0,713332	0,000007	Puig Castellar	433699	4591271	347	Gpg	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC06	Sediment	Sediment	Sediment	0,720320	0,000009	Puig Castellar	433922	4590868	193	Ggd	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià

L-PC07	Arbre	Roure	*Quercus cerrioides*	0,711998	0,000008	Puig Castellar	433699	4591271	347	Gpg	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC08	Arbre	Roure	*Quercus cerrioides*	0,714502	0,000009	Puig Castellar	433922	4590868	193	Ggd	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC09	Arbust	Carrasca	*Quercus rotundifolia*	0,711872	0,000010	Puig Castellar	433779	4591096	257	ÇOrP	Cambroordovicià	Roques sedimentàries del Cambro-Ordovicià
L-PC10	Arbust	Llentiscle	*Pistacia lentiscus*	0,713124	0,000010	Puig Castellar	433950	4591287	289	Ggd	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC11	Arbust	Carrasca	*Quercus rotundifolia*	0,714819	0,000009	Puig Castellar	433699	4591271	347	Gpg	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-PC12	Arbust	Albaida	*Anthyllis cytisoides*	0,712383	0,000009	Puig Castellar	433922	4590868	193	Ggd	Carbonífer-Permià	Roques intrusives del Carbonífer-Permià
L-ULL01	Sediment	Sediment	Sediment	0,708934	0,000012	Ullastret	506565	4650522	87	Peg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL02	Sediment	Sediment	Sediment	0,709621	0,000010	Ullastret	506649	4650496	80	PElg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL03	Sediment	Sediment	Sediment	0,709018	0,000011	Ullastret	506467	4650328	91	PElg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL04	Sediment	Sediment	Sediment	0,709758	0,000010	Ullastret	506565	4650522	87	T_Qpa	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL05	Sediment	Sediment	Sediment	0,709290	0,000011	Ullastret	506343	4651121	63	Qpc	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL06	Sediment	Sediment	Sediment	0,709323	0,000011	Ullastret	506968	4650372	66	Qac	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL07	Sediment	Sediment	Sediment	0,709781	0,000009	Ullastret	506128	4649834	75	PEOa	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL08	Arbre	Alzina	*Quercus ilex*	0,709465	0,000008	Ullastret	505689	4650750	85	Peg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL09	Arbre	Alzina	*Quercus ilex*	0,709358	0,000009	Ullastret	506649	4650496	80	PElg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL10	Arbre	Freixe	*Fraxinus excelsior*	0,709437	0,000007	Ullastret	506343	4651121	63	T_Qpa	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL11	Arbre	Àlber	*Populus alba*	0,709733	0,000008	Ullastret	506968	4650372	66	Qpc	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL12	Arbre	Figuera	*Ficus carica*	0,709329	0,000009	Ullastret	506053	4649866	79	Qac	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL13	Arbre	Roure	*Quercus cerrioides*	0,710233	0,000009	Ullastret	505689	4650750	85	PEOa	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL14	Arbust	Aladern	*Rhamnus alaternus*	0,709201	0,000009	Ullastret	506565	4650522	87	Peg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL15	Arbust	Llentiscle	*Pistacia lentiscus*	0,709281	0,000009	Ullastret	506649	4650496	80	PElg	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
L-ULL16	Arbust	Aladern	*Rhamnus alaternus*	0,709554	0,000009	Ullastret	506343	4651121	63	T_Qpa	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari

L-ULL17	Arbust	Aladern	*Rhamnus alaternus*	0,709516	0,000009	Ullastret	506968	4650372	66	Qpc	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL18	Arbust	Carrasca	*Quercus rotundifolia*	0,709225	0,000008	Ullastret	506128	4649834	75	Qac	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
L-ULL19	Arbust	Esparraguera	*Asparagus albus*	0,709854	0,000007	Ullastret	505689	4650750	85	PEOa	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
MB_LOC_001	Arbre	Pi	*Pinus halepensis*	0,708978	0,000020	Mas d'en Boixos	387384	4579286	283	NMag	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_002	Arbust	Gatosa	*Ulex parviflorus*	0,709057	0,000020	Mas d'en Boixos	387423	4579257	284	NMag	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_003	Sediment	Sediment	Sediment	0,709001	0,000020	Mas d'en Boixos	387437	4579255	274	NMag	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_004	Sediment	Sediment	Sediment	0,708995	0,000020	Mas d'en Boixos	388061	4577961	240	NMag	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_005	Arbust	Esparraguera	*Asparagus albus*	0,709210	0,000020	Mas d'en Boixos	388061	4577963	241	NMag	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_006	Arbre	Roure	*Quercus cerrioides*	0,709214	0,000020	Mas d'en Boixos	388063	4577964	248	NMag	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_007	Arbust	Aladern	*Rhamnus alaternus*	0,708892	0,000020	Mas d'en Boixos	389235	4579241	322	Nme	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_008	Arbre	Pi	*Pinus halepensis*	0,709394	0,000020	Mas d'en Boixos	389248	4579246	335	Nme	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_009	Sediment	Sediment	Sediment	0,708958	0,000020	Mas d'en Boixos	389253	4579252	337	Nme	Neògen	Sediments i roques sedimentàries del Neògen
MB_LOC_010	Arbust	Aladern	*Rhamnus alaternus*	0,708812	0,000020	Mas d'en Boixos	388854	4579019	281	Qv	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
MB_LOC_011	Arbre	Pi	*Pinus halepensis*	0,708944	0,000020	Mas d'en Boixos	388857	4579012	284	Qv	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
MB_LOC_012	Sediment	Sediment	Sediment	0,708893	0,000020	Mas d'en Boixos	388855	4579013	285	Qv	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC001	Arbre	Salze blanc	*Salix alba*	0,708736	0,000016	Tàrrega	346086	4611982	380	Qt0-1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC002	Sediment	Sediment	Sediment	0,708411	0,000015	Tàrrega	346081	4611989	380	Qt0-1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC003	Arbust	Remolatxa	*Beta vulgaris*	0,710420	0,000018	Tàrrega	346070	4611986	380	Qt0-1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC004	Sediment	Sediment	Sediment	0,709053	0,000015	Tàrrega	346126	4611835	380	POlc	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC005	Arbre	Olivera	*Olea europaea*	0,714229	0,000018	Tàrrega	346125	4611833	380	POlc	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC006	Arbust	Olivarda	*Dittrichia viscosa*	0,709716	0,000018	Tàrrega	346137	4611838	380	POlc	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC007	Sediment	Sediment	Sediment	0,709382	0,000015	Tàrrega	346401	4611702	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen

TAR_LOC008	Arbre	Ametller	*Prunus amygdalus*	0,709001	0,000016	Tàrrega	346486	4611683	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC009	Arbust	Garric	*Quercus coccifera*	0,708863	0,000018	Tàrrega	346489	4611649	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC010	Sediment	Sediment	Sediment	0,709086	0,000015	Tàrrega	345355	4611265	380	Qco	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC011	Arbre	Cirerer	*Prunus avium*	0,708939	0,000016	Tàrrega	345356	4611266	380	Qco	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC012	Arbust	Ginesta	*Spartium junceum*	0,708435	0,000016	Tàrrega	345364	4611265	380	Qco	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC013	Sediment	Sediment	Sediment	0,708605	0,000015	Cervera	355295	4613901	380	Qr	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC014	Arbre	Pollancre	*Populus nigra*	0,709324	0,000018	Cervera	355302	4613906	380	Qr	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC015	Arbust	Card	*Ptilostemon*	0,708462	0,000016	Cervera	355302	4613916	380	Qr	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC016	Sediment	Sediment	Sediment	0,708897	0,000015	Cervera	355218	4613990	380	POlc	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC017	Arbust	Argelaga	*Genista scorpius*	0,709109	0,000016	Cervera	355220	4613991	380	POlc	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC018	Arbust	Gessamí groc	*Jasminum fruticans*	0,708579	0,000015	Cervera	355342	4613873	380	Qt1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC019	Arbre	Figuera	*Ficus carica*	0,708945	0,000016	Cervera	355352	4613863	380	Qt1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC020	Sediment	Sediment	Sediment	0,708710	0,000015	Cervera	355364	4613874	380	Qt1	Quaternari	Dipòsits sedimentaris del Quaternari
TAR_LOC021	Sediment	Sediment arqueològic	Sediment	0,709084	0,000015	Tàrrega	345853	4611877	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC022	Sediment	Sediment arqueològic	Sediment	0,709141	0,000015	Tàrrega	345853	4611877	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC023	Sediment	Sediment arqueològic	Sediment	0,708808	0,000015	Tàrrega	345853	4611877	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen
TAR_LOC024	Sediment	Sediment arqueològic	Sediment	0,709048	0,000015	Tàrrega	345853	4611877	380	POmc1	Paleògen	Roques sedimentàries del Paleògen

Annex 3 – Resultats de la t de Student

Codi	p	t_value	df	ci	Resultat
MB025	0,37188446	-0,9309016	11	95	Local
MB016	8,27E-06	7,80305103	11	95	No local
MB007	3,95E-06	8,43083767	11	95	No local
MB021	1,02E-05	7,63031058	11	95	No local
MB023	1,71E-10	22,2355411	11	95	No local
MB030	0,51227848	-0,6771855	11	95	Local
MB031	0,23182224	-1,2655529	11	95	Local
MB035	0,00446105	3,56150596	11	95	No local
MB014	3,96E-06	8,43029546	11	95	No local
MB017	1,20E-08	14,9214524	11	95	No local
MB032	1,53E-05	7,30713332	11	95	No local
MB033	5,97E-06	8,07638332	11	95	No local
MB010	6,74E-06	7,97387813	11	95	No local
MB026	0,00126952	4,29358091	11	95	No local
MB034	3,84E-05	6,60472341	11	95	No local
MB008	0,88345997	0,15002555	11	95	Local
MB009	9,37E-06	7,70043531	11	95	No local
MB013	0,00043052	4,957447	11	95	No local
MB015	2,58E-06	8,81207242	11	95	No local
MB018	9,50E-05	5,95636249	11	95	No local
MB019	1,17E-06	9,55282062	11	95	No local
MB020	1,03E-05	7,62348232	11	95	No local
MB024	2,78E-08	13,7762944	11	95	No local

Taula A3.1. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes del Bronze Inicial de Mas d'en Boixos en relació a la mediana dels valors isotòpics de la vegetació i sediment recollits en torn al jaciment.

Codi	p	t_value	df	ci	Resultat
BM0001	0,00057615	5,18413989	9	99	No local
BM0002	0,00855963	3,34734246	9	99	No local
BM0003	0,01532083	2,98515705	9	99	Local
BM0005	0,01532083	2,98515705	9	99	Local
BM0006	0,18568413	1,43293386	9	99	Local
BM0007	9,28E-05	6,65875191	9	99	No local
BM0008	0,00016019	6,19308496	9	99	No local
BM0009	0,01242816	3,11450898	9	99	Local
BM0010	0,02126342	-2,7839391	9	99	Local
BM0011	0,00381926	3,86475018	9	99	No local
BM0012	0,01192074	3,14037936	9	99	Local
BM0013	0,03421818	2,49361971	9	99	Local
BM0013	0,02887518	2,59710125	9	99	Local
BM0014	0,00504676	3,68365748	9	99	No local
BM0015	0,00313824	3,99410211	9	99	No local
BM0016	0,00190394	4,33041714	9	99	No local
BM0017	0,00248688	4,14932443	9	99	No local
BM0022	0,02335975	2,72645318	9	99	Local
BM0018	0,00135994	4,56325061	9	99	No local
BM0018	0,00190394	4,33041714	9	99	No local
BM0019	0,00023406	5,88264032	9	99	No local
BM0020	0,00525355	3,65778709	9	99	No local
BM0021	0,02767575	2,62297164	9	99	Local
CGI0001	0,00352974	3,91649096	9	99	No local
CGI0004	0,01052323	3,21799052	9	99	Local
CGI0005	0,68152791	0,4239888	9	99	Local
CGI0006	0,79416885	0,26876648	9	99	Local
CGI0007	0,00546927	3,63191671	9	99	No local
CGI0008	0,00157778	4,45976907	9	99	No local
CGI0011	0,80921918	-0,2486412	9	99	Local
CGI0012	0,00205395	4,27867636	9	99	No local
CGI0013	0,05453009	2,20904546	9	99	Local
CGI0014	0,0061741	3,55430555	9	99	No local
CGI0015	0,00027515	5,75328839	9	99	No local
CGI0016	0,00313824	3,99410211	9	99	No local
CGI0017	0,00170045	4,4080283	9	99	No local
CGI0019	0,12496994	1,69163773	9	99	Local
CGI0020	0,0010525	4,74434332	9	99	No local
CGI0021	0,03570186	2,46774932	9	99	Local
CGI0022	0,04230449	2,36426777	9	99	Local
CGI0023	0,00546927	3,63191671	9	99	No local
CGII001	0,00012914	6,37417766	9	99	No local
CGII002	0,00163789	4,43389868	9	99	No local
CGII003	0,00012914	6,37417766	9	99	No local

Taula A3.2. Valors estadístics del test de la T de Student dels valors isotòpics de les restes humanes neolítiques de la Bòbila Madurell/Can Gambús en relació a la mediana dels valors isotòpics de la vegetació i sediment recollits en torn al jaciment.

	Tàrrega					Cervera					Resultat
Codi	Valor p	Valor t	df	Int. Conf.	Tàrrega	Valor p	Valor t	df	Int. Conf.	Cervera	Localitat
FS001	0,00193097	3,44888075	26	95	No local	0,01283299	2,85066868	14	95	No local	No local
FS002	0,00035268	4,10788296	26	95	No local	0,0056198	3,26696351	14	95	No local	No local
FS003	0,12677111	-1,5775011	26	95	Local	0,75034196	-0,3245207	14	95	Local	Jac. indet.
FS004	0,28498557	1,09168349	26	95	Local	0,19483019	1,36161594	14	95	Local	Jac. indet.
FS005	0,00149742	-3,5489876	26	95	No local	0,13875424	-1,5699181	14	95	Local	Local Cer
RO003	1,40E-31	-72,783422	26	95	No local	1,38E-16	-45,30564	14	95	No local	No local
RO004	0,00807585	2,86866525	26	95	No local	0,02625835	2,48414378	14	95	No local	No local
RO005	0,95426564	-0,0579068	26	95	Local	0,53540687	0,63541428	14	95	Local	Jac. indet.
RO006	0,18121269	1,37386765	26	95	Local	0,14588451	1,53987301	14	95	Local	Jac. indet.
RO009	0,20857435	1,28951052	26	95	Local	0,15929587	1,48658421	14	95	Local	Jac. indet.
RO013	0,00696457	2,93037555	26	95	No local	0,02435289	2,52312647	14	95	No local	No local
RO014	1,96E-05	5,20548994	26	95	No local	0,00142261	3,96032707	14	95	No local	No local
RO015	0,29166973	-1,0763217	26	95	Local	0,99379002	-0,0079233	14	95	Local	Jac. indet.
RO016	0,02505045	2,37787601	26	95	No local	0,04733925	2,17410988	14	95	No local	No local
RO017	0,00053674	-3,9469891	26	95	No local	0,08998877	-1,8213375	14	95	Local	Local Cer
RO018	0,37717924	-0,8984727	26	95	Local	0,91831351	0,10442481	14	95	Local	Jac. indet.
RO021	5,50E-08	7,52203354	26	95	No local	8,97E-05	5,42369871	14	95	No local	No local
RO022	0,0089265	2,82664563	26	95	No local	0,02763664	2,45759979	14	95	No local	No local
RO023	0,24262091	-1,1956596	26	95	Local	0,93478487	-0,0833096	14	95	Local	Jac. indet.

Taula A3.3. Resultats estadístics de la prova de la T de Student, un comparant les mitjanes de l'estronci de cada individu de les fosses de Roquetes amb la mitjana de l'estronci assumit com a referencial local (sediment, vegetació, enterraments individuals i fauna) de Tàrrega i un altre comparant les fosses amb el referencial local de Cervera (sediment, vegetació i individus).

Annex 4 – Càlcul nombre òptim d'agrupacions

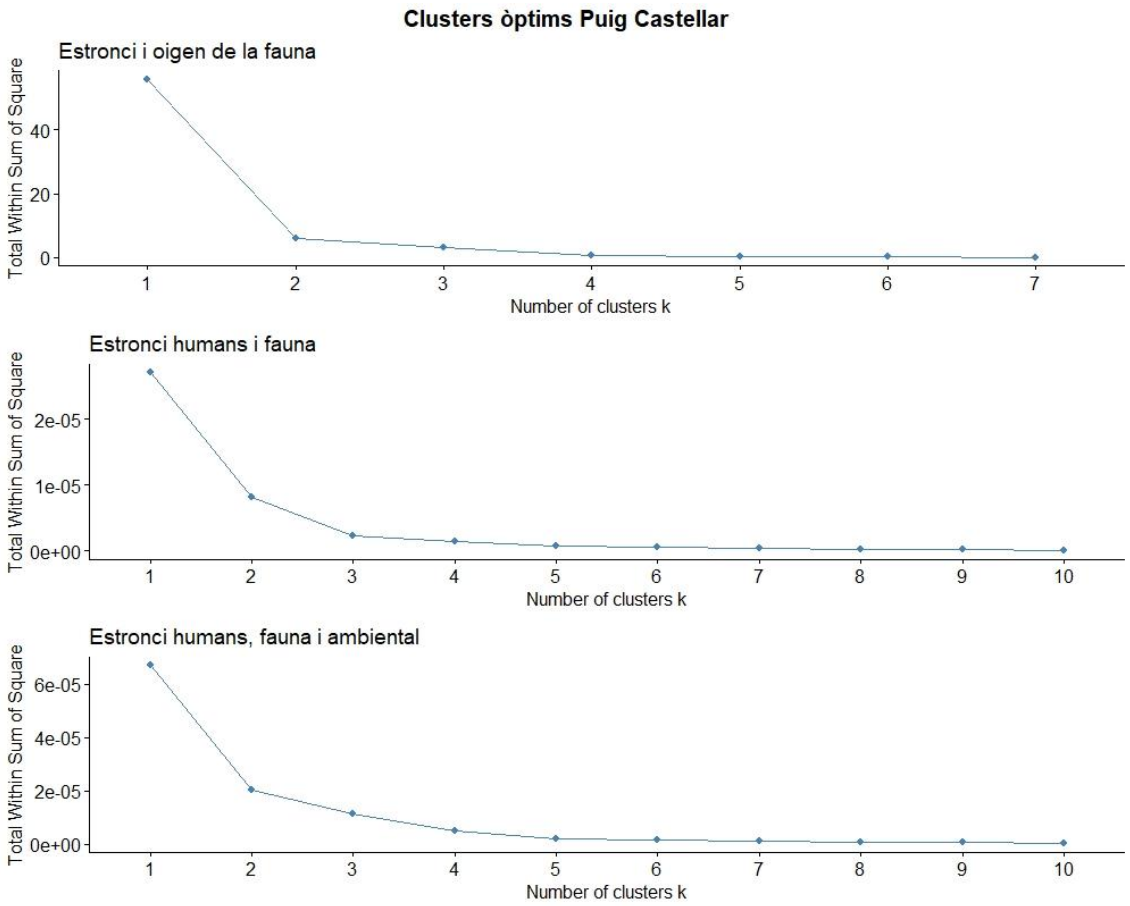


Figura A4.1. Càlcul del nombre òptim d'agrupacions realitzat amb el paquet "factoextra" i el comando "fviz_nbclust" de R per a la realització dels dendrogrames a Puig Castellar.

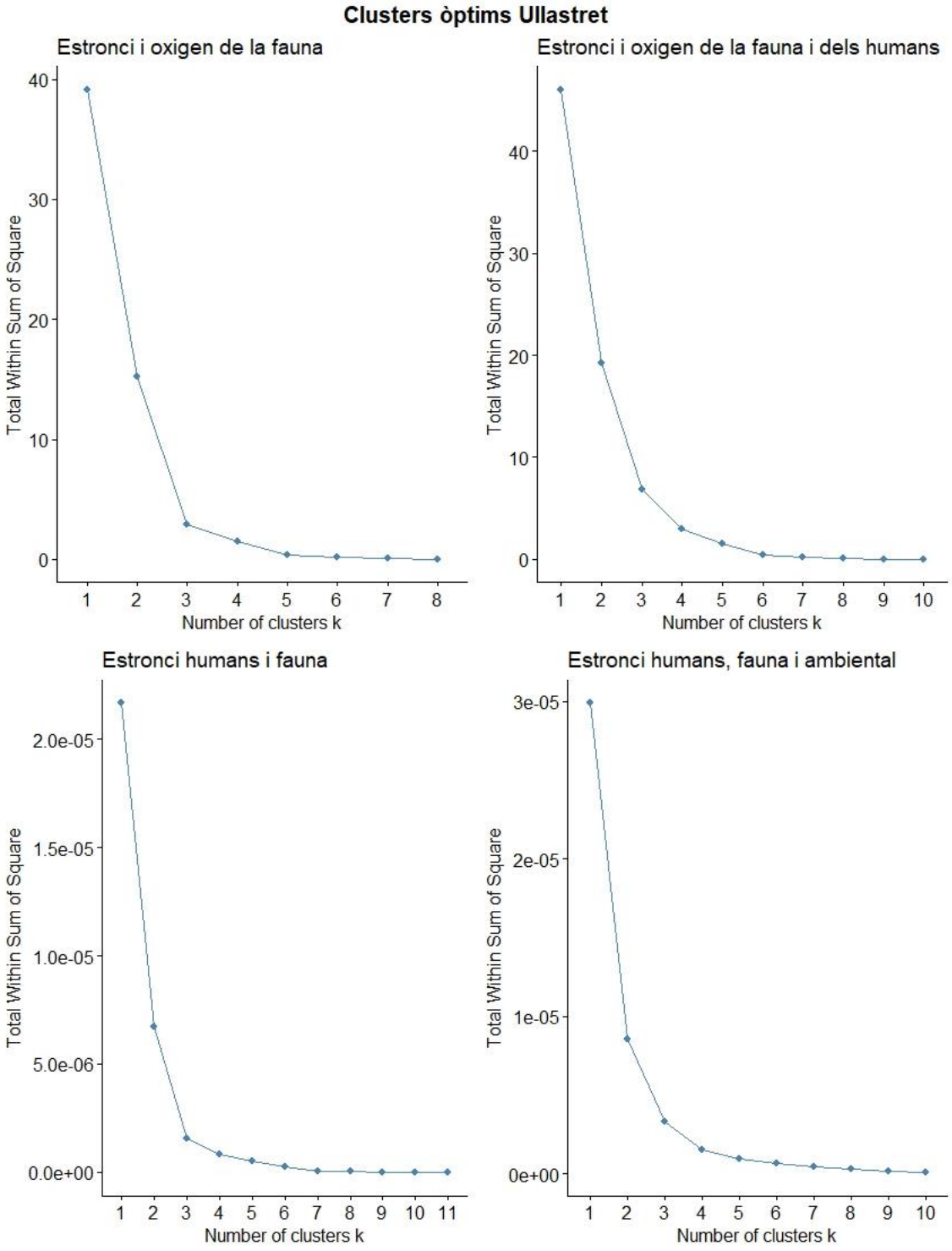


Figura A4.2. Càlcul del nombre òptim d'agrupacions realitzat amb el paquet "factoextra" i el comando "fviz_nbclust" de R per a la realització dels dendrogrames a Ullastret.

Annex 5 – Script de R

De la Fuente-Seoane, R. (2024). Annex 5 - Tesi doctoral: "Una aproximació a l'estudi de la Mobilitat a través del temps: Anàlisis multiproxy d'isòtops d'87Sr/86Sr i de δ18O al NE Ibèric des del Neolític Mitjà fins a l'Edat Mitjana.". Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.11504822