



Universitat Autònoma de Barcelona

**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:  [http://cat.creativecommons.org/?page\\_id=184](http://cat.creativecommons.org/?page_id=184)

**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:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

**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>



Universitat Autònoma de Barcelona

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.

*Chronology as a means of social interpretation: the funerary contexts of the north-east of the Iberian Peninsula in the period between the end of the 5th and the beginning of the 4th millennium cal.BC.*

TESIS DOCTORAL

**Doctoranda:**

Berta Morell Rovira

**Directores / Supervisors:**

Juan Antonio Barceló Álvarez y Juan Francisco Gibaja Bao

**Facultat de Filosofia i Lletres. Departament de Prehistòria. Doctorat en Arqueologia prehistòrica. 2019**

Las imágenes utilizadas en la portada de este trabajo han sido extraídas de la siguiente publicación:  
Roig, J., Coll, J.M., Gibaja, J.F., Chambon, P., Villar, V., Ruiza, 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 (1): 59-84.

La portada ha sido realizada por Jordi Sala y Albert Farrés (*Dingo Estudi*).

Esta tesis ha sido financiada gracias al programa de *Ajuts destinats a universitat per a la contractació del personal investigador novell* (FI-DGR2014) de l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya.

El trabajo de investigación se ha llevado a cabo en el marco de los proyectos I+D financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España:

- HAR2011-23149: “Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” dirigido por el Dr. Juan Francisco Gibaja Bao.
- HAR2016-75201-P: “La difusión del neolítico en el Mediterráneo centro-occidental: agricultura, innovaciones tecnológicas y carbono 14” dirigido por el Dr. Juan Francisco Gibaja Bao.
- HAR2012-31036: “Etnicidad en el pasado. Un análisis causal de la Etnogenesis en sociedades prehistoricas por medio de tecnicas avanzadas de simulación computacional” Dirigido por el Dr. Juan Antonio Barceló Álvarez.

La estancia en el *Institut für Ur- und Frühgeschichte* de la *Universität zu Köln* (Colonia, Alemania) fue financiada por una beca del *Deutscher Akademischer Austauschdienst* (Servicio Alemán de Intercambio Académico).



## AGRADECIMIENTOS / ACKNOWLEDGMENTS

Si miro atrás y hago un balance de estos años de doctorado no puedo sino sentirme muy afortunada por todas las personas que me han acompañado durante este tiempo. Todo trabajo de investigación es, en cierto modo, un trabajo colectivo. Esta tesis es el resultado de la dedicación y el esfuerzo de muchas personas a quienes quiero agradecer su apoyo.

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores: Joan Antón Barceló y Juan F. Gibaja. A Joan Antón por abrirme las puertas al mundo de la investigación, aceptar la dirección de esta tesis y facilitarme todos los medios que han estado a su alcance para mi formación. A Juan por haber confiado en mí, haberme propuesto formar parte de su grupo de investigación, haberme facilitado todo cuanto ha podido para que me formara y me promocionara como investigadora y haber puesto todo su empeño, esfuerzo y dedicación para que esta tesis saliera adelante. También quiero darle las gracias por el apoyo emocional que me ha dado en todo momento, por su calidad humana y como investigador.

I also want to express my most sincere and deep gratitude to Bernhard Weninger for the endless hours that he devoted to me, his great disinterested help, his classes, his enthusiasm for the knowledge of reality, his integrity and scientific ethics, his sense of humour and his human quality.

A Javier Santos por invitarme al Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla y haberme introducido en el mundo del radiocarbono durante los primeros meses de esta tesis. A Águeda Lozano por su ayuda con mis primeros contactos con *OxCal* y por las múltiples dudas que nos hemos ayudado a solventar durante el transcurso de nuestras tesis.

También quiero dar las gracias al Grupo de Arqueología de las Dinámicas Sociales de la Institución Milà i Fontanals del CSIC: Juanjo Ibáñez, Millán Mozota, Ignacio Clemente, Xavier Terradas, Niccolò Mazzucco, Sílvia Valenzuela y Ariadna Nieto por haberme abierto las puertas de su laboratorio, su disposición a ayudarme en todo momento y los

buenos ratos durante los cafés de los descansos. También al personal de conserjería y limpieza por su trabajo y amabilidad.

Del CSIC m'emporto a dues amigues molt especials a qui estic profundament agraïda: l'Alba Masclans, per la complicitat i el suport constant, i la Stéphanie Duboscq, per poder-hi comptar sempre. Treballar amb elles és una de les millors coses que m'emporto d'aquests anys.

Als companys del Laboratori d'Arqueologia Quantitativa de la Universitat Autònoma de Barcelona: Igor Bogdanović, Katia Achino, Miquel Colobran i Florencia Del Castillo, sempre oferts a ajudar-me. A la Núria Morera, gran amiga i companya d'agonies i riures. També al coordinador de doctorat, Miquel Molist, i al secretari del Departament, Lluís Farell, per la seva disponibilitat i accessibilitat en els pesats tràmits burocràtics. També als companys de Departament i de doctorat amb qui he compartit llargues estones: David Garcia, Robert Carracedo i Albert García.

A Ferrán Antolín y Giacomo Capuzzo por sus revisiones del manuscrito para la mención internacional y su amable atención. También a Xavier Oms por haber estado siempre dispuesto a ayudarme. A Leonardo García Sanjuán y Marta Cintas por haberme acogido tan bien en la Universidad de Sevilla. A Marta también por su amistad, su apoyo y los buenos ratos que hemos pasado juntas.

I should also like to mention the friends and colleagues from the Institut für Ur- und Frühgeschichte from the Universität zu Köln: Jörg Linstädter, Sina Lehnig, Alessandro Potti and Manuel Broich for having welcomed me so well in Cologne. També a la Saskia Murillo per les boniques estones que vam compartir.

A en Gerard Remolins per ajudar-me amb els mapes del treball i per la seva gran amabilitat. A l'Albert Farrés per donar-me un cop de mà amb la qualitat gràfica d'algunes figures.

Als meus alumnes de “La Modelo” (Ramon, Jonathan, Abilio, Rubén, David, Edén, Mohamed, Nacho, Gerardo, Buenaventura, Víctor i Guti) per haver-me ensenyat tant.

Als companys del l'INS Miquel Biada: Eugeni Alonso, Josep Cerdà, Marta Zabala, Fàtima Prat i Juliana Quadrada, pel recolzament i la bona companyia que m'han donat a l'Institut. A l'Albert Baró i a l'Arnau López, per les converses, suports i riures durant els patis.

A les amigues que m'han acompanyat sempre: l'Alba Cañellas, la Jordina Arnau, la Núria Solé, la Mercè Paez, l'Ana Pérez. També a l'Arnau Esteban, la Marina Salazar i als amics que l'Arqueologia i la Universitat m'han donat: la Carmen Alarcón, l'Arnau Barquer, la Laia Castillo, la Mònica De la torre i l'Andrea Fratta.

Als meus pares, la meva germana i als meus avis pel seu suport constant i incondicional. I a en Jordi, per tanta llum.

A tots vosaltres, moltes gràcies.





## ÍNDICE / TABLE OF CONTENTS

RESUMEN .....	13
ABSTRACT.....	14
LISTA DE PUBLICACIONES REALIZADAS DURANTE EL TRANCURSO DE LOS ESTUDIOS DE DOCTORADO / LIST OF PUBLICATIONS CARRIED OUT OVER THE PHD STUDIES. ....	17
ABREVIATURAS / ABBREVIATIONS. ....	19
ANEXOS / ANNEXES.....	21
INTRODUCCIÓN.....	23
1. THE HISTORICAL CONTEXT AND THE ARCHAEOLOGICAL RECORD. ....	29
1.1. INTRODUCTION. ....	29
1.2. THE NEOLITHIC IN THE NORTH-EAST OF THE IBERIAN PENINSULA. ....	30
1.3. THE MIDDLE NEOLITHIC “PIT BURIALS” HORIZON. ....	37
1.3.1. The archaeological record.....	37
1.3.2. The typology of the burials.....	47
1.3.3. Brief history of the investigative work.....	51
1.4. THE CHRONOLOGY AND THE PERIODIZATION OF THE NORTH- EASTERN IBERIAN NEOLITHIC: DEBATES AND CONSENSUS. ....	55
1.5. DISCUSSION.....	59
2. TIME AND ARCHAEOLOGY.....	63
2.1. INTRODUCTION. ....	63
2.2. TIME AND ARCHAEOLOGY.....	64
2.2.1. What is time? An ontological approach.....	64
2.2.2. The concept of time in Archaeology.....	67
2.3. DEALING WITH TIME IN ARCHAEOLOGY: A PROPOSAL.....	70
2.4. DISCUSSION.....	72

3. METODOLOGÍA .....	75
3.1. INTRODUCCIÓN.....	75
3.2. EL MÉTODO DE DATACIÓN POR RADIOCARBONO.....	76
3.2.1. Introducción y fundamentos básicos del método .....	76
3.2.3. ¿Qué y cómo podemos fechar?.....	87
3.2.4. Las ventajas e inconvenientes del método.....	90
3.3. RADIOCARBONO Y ESTADÍSTICA .....	92
3.3.1. Introducción.....	92
3.3.3. Los Modelos Bayesianos.....	98
3.4. UNA BASE DE DATOS ARQUEOLÓGICOS Y RADIOCARBÓNICOS ENTERRAMIENTOS NEOLÍTICOS DEL NE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA, EL SUR DE FRANCIA Y SUIZA.....	112
3.4.1. Introducción y ontología de la base de datos.....	112
3.4.2. Estructura de la base de datos.....	115
3.2.1. Recopilación de los datos: criterios y procedimientos. ....	118
3.4.3. Los datos: tipología y filtrado.....	123
3.5. DISCUSIÓN.....	134
 4. COMPENDIO DE PUBLICACIONES / COMPENDIUM OF PUBLICATIONS. ..	137
4.1. NUEVOS DATOS CRONOLÓGICOS SOBRE LA CUEVA SEPULCRAL NEOLÍTICA DE L'AVELLANER (LES PLANES D'HOSTOLES, GIRONA). <i>Munibe Antropologia-Arkeologia</i> , 69, 145-155. ....	139
4.2. THE CHRONOLOGY OF THE NEOLITHIC NECROPOLIS “BÒBILA MADURELL-CAN GAMBÚS” IN THE NORTHEAST OF THE IBERIAN PENINSULA: DATING THE “PIT BURIALS” CULTURAL HORIZON AND LONG-RANGE RAW MATERIALS EXCHANG NETWORKS. <i>Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research.</i> , 59(6), 1713-1736. ....	163
4.3. TRACING THE CHRONOLOGY OF NEOLITHIC PIT AND STONE BOX BURIALS IN NORTH-EASTERN IBERIA. <i>Journal of Archaeological Science: Reports</i> , 19, 491-504. ....	197
4.4. CHRONOLOGY OF THE NEOLTHIC NECROPOLIS AT CAMÍ DE CAN GRAU (NE-IBERIAN PENINSULA). FUNERARY PATTERN CHANGES AND LONG-DISTANCE RAW MATERIALS EXCHANGES. <i>Comptes Rendus Palevol</i> , 16, 399-412.....	235

5. DISCUSIÓN GENERAL.....	271
5.1. LA CRONOLOGÍA DEL HORIZONTE DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA” Y LAS DINÁMICAS TEMPORALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ENTERRAMIENTOS DE ESTA PRÁCTICA FUNERARIA.....	272
5.1.1. Introducción.....	272
5.1.2. Resultados: periodizaciones e inhumaciones individuales en fosas y cajas de piedra durante el Neolítico en el NE de la península ibérica.....	274
5.1.3. Resultados: la cronología del horizonte de los “Sepulcres de Fossa”.....	279
5.1.5. Síntesis de los resultados.....	295
5.2. LA DISTRIBUCIÓN Y DINÁMICA TEMPORAL DE LOS MATERIALES QUE ESTÁN CONFIADOS EN LOS AJUARES DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA” Y QUE SON DE ORIGEN EXÓGENO O HAN REQUERIDO UNA IMPORTANTE INVERSIÓN DE TRABAJO EN SU OBTENCIÓN Y ELABORACIÓN.....	298
5.2.1. Introducción.....	298
5.2.2. Resultados.....	299
5.2.3. Síntesis y observaciones.....	303
5.3. LA CRONOLOGÍA DE LA NECRÓPOLIS PARADIGMÁTICA DEL HORIZONTE DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA”: LA “BÒBILA MADURELL-CAN GAMBÚS”.....	307
5.3.1. Introducción.....	307
5.3.2. Resultados.....	307
5.3.3. Síntesis y observaciones.....	317
5.4. LAS RELACIONES TEMPORALES ENTRE EL HORIZONTE DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA” Y LOS ENTERRAMIENTOS NEOLÍTICOS DEL SUR DE FRANCIA Y SUIZA CON LOS QUE COMPARTEN NUMEROSAS SIMILITUDES.....	319
5.4.1. Introducción.....	319
5.4.2. Resultados.....	320
5.4.3. Síntesis y observaciones.....	326
CONCLUSIONES.....	327
BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES.....	335

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS (TESIS) / LIST OF TABLES AND FIGURES (THESIS).....	375
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS (ARTÍCULOS) / LIST OF TABLES AND FIGURES (PAPERS).....	383

## RESUMEN

Hacia finales del quinto milenio – inicios del cuarto milenio cal.BC., las comunidades asentadas en el NE de la Península Ibérica empezaron a enterrar sistemáticamente a una gran parte de su población en fosas o cajas de piedra. Estos enterramientos generalmente son individuales, ocasionalmente dobles, y se asocian a la presencia más o menos recurrente de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su extracción y elaboración. Algunos de ellos son: sílex melado, probablemente del sureste de Francia; vasos de tipo “boca cuadrada” (los más antiguos de los cuales han sido documentados en el norte de Italia), hachas y azuelas de jadeíta, anfibolita, eclogita y nefrita de los Alpes, variscita extraída de las minas de la costa del noreste de la península e, incluso, obsidiana de Cerdeña.

El registro arqueológico de este período se caracteriza por su riqueza con respecto a los contextos funerarios y por su escasez en relación con los contextos de hábitat, los cuales han sido prácticamente indocumentados. Tal es la importancia de la presencia de estos enterramientos en esta región, alrededor de 650 han sido documentados hasta hoy, que tradicionalmente este período ha recibido el nombre de “Sepulcros de Fossa”.

Asimismo, estos enterramientos comparten numerosas similitudes con los documentados en otras regiones europeas en el mismo momento, hecho que ha sugerido que quizá se tratase de un fenómeno funerario de gran escala. Este es el caso del horizonte “Chasséen” en el centro y sur de Francia o el horizonte “Cortailod” en Suiza.

Sin embargo, a pesar de su carácter excepcional, hasta día de hoy la cronología de estos enterramientos no había sido del todo definida, por lo que era difícil describir y explicar su desarrollo tanto a nivel regional como global.

Esta tesis doctoral ha tenido por objetivo abordar la cronología de las inhumaciones individuales del Neolítico del NE de la Península Ibérica. Para ello se han realizado dos tipos de trabajo complementarios: por un lado, la creación de una base de datos radiocarbónicos y arqueológicos de los diferentes contextos analizados y, por el otro, el análisis estadístico de estos datos respondiendo a preguntas concretas. En relación al primer aspecto, la recopilación de los datos procede de dos vías: por un lado, de la búsqueda bibliográfica de los datos publicados con anterioridad a nuestro trabajo y, por otro lado, de la realización de una nueva batería de un total de 130 dataciones radiocarbónicas, 78 de las cuales han sido publicadas de forma inédita en los artículos que componen este trabajo.

A continuación, estos datos han sido analizados a partir de diferentes herramientas estadísticas, especialmente de modelizaciones bayesianas. Esta metodología ha permitido abordar: la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y las dinámicas temporales de los diferentes tipos de enterramientos en relación al modelo de prácticas funerarias que representan; la distribución y dinámica temporal de las materias primas y artefactos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración; la cronología de la necrópolis paradigmática de este momento:

la “Bòbila Madurell-Can Gambús” y, finalmente, las relaciones temporales entre el horizonte de los “Sepulcres de Fossa” y los enterramientos neolíticos del sur de Francia y Suiza con los que comparten numerosas similitudes.

La importancia de los resultados presentados en esta tesis doctoral no es solo de carácter cronológico, sino también metodológico, demostrando la gran complejidad del fenómeno analizado, así como el potencial metodológico del análisis estadístico y la modelización bayesiana de dataciones radiocarbónicas.

**Palabras clave:** *Neolítico, NE de la península Ibérica, prácticas funerarias, cronología, radiocarbono, estadística y modelos bayesianos.*

## ABSTRACT

Towards the end of the fifth millennium - beginning of the fourth millennium cal. BC, the communities settled in the North Eastern Iberian Peninsula began to systematically bury a large part of their population in individual pits or stone boxes. Those were generally individual, occasionally double, burials with a more or less recurrent appearance of raw materials whose extraction involved a significant investment of labour and, in some cases, whose origin was exogenous. To be precise, the raw materials usually found were: “honey” flint, probably coming from the south-east of France, jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes from the Alps or the Pyrenees, “square mouth” pottery vessels (the oldest of which have been documented in northern Italy), variscite extracted from mines from the north-eastern coast of the Iberian Peninsula and even obsidian from Sardinia

The archaeological record of this period is characterized by its richness regarding the funerary contexts and by its scarcity in relation to habitat contexts, which have been practically undocumented. Such is the importance of the presence of these graves in this region, more than 650 funerary structures have been documented up to now, that this period has originally been called the “Sepulcres de Fossa”.

Clear similarities regarding the funerary practices have been documented in other European regions during this moment, suggesting that it could be a larger-scale phenomenon. This is the case of the “Chasséen” horizon in the centre and south of France and the “Cortaillod” horizon in Switzerland.

Despite its exceptionality, the chronology of the “Pit Burials” horizon has not been fully defined, so it has been difficult to describe and explain its historical development both regionally and globally.

This thesis aims to address the chronology of the individual Neolithic inhumations of the North Eastern Iberian Peninsula. To this end, two complementary analysis were carried out: a radiocarbon and archaeological database of the different analysed contexts, and the statistical analysis of these data responding to specific questions. In relation to the first

aspect, the data collection comes from two sources: the bibliographic search of the published data prior to our work and a new battery of a total of 130 radiocarbon dates, 78 of which were published in the scientific papers that constitute this work.

These data were analysed by means of different statistical tools, especially bayesian models. This methodology allowed to address, in the first place, the chronology of the "Pit Burials" horizon as well as the temporal dynamics of the different types of burials in relation to the model of funerary practices that they represent. Secondly, the distribution and temporal dynamics of both the exogenous grave goods and those funerary artefacts that required an important investment of work in their obtaining and elaboration. Thirdly, the chronology of the paradigmatic necropolis of this moment: the "Bòbila Madurell-Can Gambús". Finally, the temporal networks between the "Pit Burials" and the similar Neolithic burials from the south of France and Switzerland.

The importance of the results of this doctoral thesis demonstrate the great complexity of the analysed phenomenon as well as the methodological potential of the statistical analysis and Bayesian modelling of radiocarbon dates.

**Keywords:** *Neolithic, NE of the Iberian Peninsula, funerary practices, chronology, radiocarbon, statistics and Bayesian modelling.*





**LISTA DE PUBLICACIONES REALIZADAS DURANTE EL  
TRANSCURSO DE LOS ESTUDIOS DE DOCTORADO / LIST OF  
PUBLICATIONS CARRIED OUT OVER THE PHD STUDIES.**

- Achino, K., Duboscq, S., Morell, B., Barceló, J.A. & Gibaja, J.F. 2017. Comparing in Archaeology through a quantitative approach: dealing with similarity and dissimilarity issues. In: A., Vale., J, Alves. & I. Garcia (eds.): *Rethinking Comparison in Archaeology*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing: 74-89.
- Cintas, M., Morell, B. & García Sanjuan, L. 2018. Gender and Prehistory. Sexual division of labour in spanish audiovisual productions. *Arkeogazte*, 8: 75-99.
- Gibaja J.F., Fontanals, M., Duboscq, S., Oms, F.X., Augé, A., Santos, F.J., Morell, B. & Subirà, M.E. 2016. Human Diet and the Chronology of Neolithic Societies in the north-east of the Iberian Peninsula: the necropolises of Puig d'en Roca and Can Gelats (Girona, Spain). *Arcaeological and Anthropological Sciences*, 9 (5): 1-11.
- Gibaja, J.F., Morell, B., Barceló, J.A., Masclans, A., Duboscq, S., Remolins, G., Roig, J., Martín, A., González, P., Plasencia, J., Coll, J.M. & Subirà, M.E. 2017. The chronology of the Neolithic necropolis Bóbila Madurell-Can Gambús in the northeast iberian peninsula: Dating Pit Burials cultural horizon and long-range raw material exchange networks. *Radiocarbon: An International Journal of Cosmogenic Isotope Research*, 59 (6), 1713-1736.
- Gibaja, J.F., Morell, B. & Terradas, X. 2018. Approaching subsistence activities in the Mesolithic by means of lithic tools: The case of El Collado site (Oliva, Eastern Iberia). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 18: 1026-1035.
- Gibaja, J.F., Morell, B., López, D., Zemour, A., Bosch, A., Tarrús, J. & Subirà, M<sup>a</sup>.E. 2018. Nuevos datos cronológicos sobre la cueva sepulcral neolítica de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles, Giroba), *MUNIBE Antropologia-Akeologia*, 69: 145-155.
- Gibaja, J.F., Duboscq, S., Morell, B., Masclans, A., Subirà, M.L., Martín, A., Roig, J., J.M. Coll, Mozota, M., Remolins, G., Oms, X., Cubas, M., Palomo, T., Plasencia, J., González, P., Bravo, P. & Hinojo, E. 2018. Symbolism, exchange and differential grave building efforts during the Neolithic of the northeastern Iberian Peninsula. The

necropolis of Bòbila Madurell-Can Gambús 1-2: an unequal example of objects and grave goods distribution. Oxford: BAR International Series.

- Masclans, A., Gibaja, J.F., Morell, B., Achino, K. & Duboscq, S. Looking for sexual differences during the middle Neolithic in the northeast of the Iberian Peninsula. *Journal of Archaeological Science: Reports*. *Revision status*.
- Morell, B., Barceló, J.A., Oms, X.F., Remolins, G., M<sup>a</sup>E., Subirà., Chambon, P. & Gibaja, J.F. 2018. Tracing the chronology of neolithic pit and stone box burials in north-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19: 491-504.
- Morell, B., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Pou, R., Martí, M., Barceló, J.A., Oms, X., Santos, F.J., Mozota, M., Subrià, M<sup>a</sup>E. & Gibaja, F.J. 2018. Chronology of the neolithic necropolis of Camí de Can Grau (NE-Iberian Peninsula). Funerary pattern changes and long-distant raw material exchanges. *Comptes Rendus Palevol*, 17 (6): 399-412.
- Oms, X., Martín, A., Esteve, X., Mestres, J., Morell, B., Subirà, M.E. & Gibaja, J.F. 2016. The Neolithic in North-East Iberia: Chronocultural Phases and 14C. *Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research*, 58 (2): 1-19.
- Oms, F.X., Terradas, X., Morell, B. & Gibaja, J.F. 2018. Mesolithic-neolithic transition in the northeast of Iberia: chronology and socioeconomic dynamics. *Quaternary International*, 470 (B), 383-397.

## **ABREVIATURAS / ABBREVIATIONS.**

**AXE:** hachas y azuelas de jadeíta, eclogita, anfíbolita y fibrolita / axes and adzes were performed by jadeite, eclogite, amphibolite and fibrolite

**CMM:** enterramiento de tipo caja de piedra realizado a partir de un abrigo de roca natural / stone box burial built using a natural shelter.

**CMS:** enterramiento tipo caja de piedra con una rampa de acceso / stone box burial with an entrance ramp.

**CMT:** enterramiento tipo caja de piedra con una cámara bajo un montículo / stone box burial

with a chamber under a mound.

**OBS:** obsidiana / obsidian

**SPD:** suma de distribuciones de probabilidad / sum of Probability Distributions

**HF:** sílex melado / honey flint

**VAR:** variscita / variscite

**VBQ:** vaso de tipo boca cuadrada / square mouthed pottery vessel



## **ANEXOS / ANNEXES.**

Los anexos de este trabajo pueden descargarse en formato digital y libre en el siguiente enlace web:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vULAB9sPj7C1oxxoSgkFaZElyPbkDla3>

*Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database*: conjunto de dataciones radiocarbónicas analizadas-

*Annexes\_II\_Statistical\_Model\_Codes*: códigos de los diferentes análisis estadísticos y modelos bayesianos.

The annexes of this work can be free downloaded in digital format at the following web link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vULAB9sPj7C1oxxoSgkFaZElyPbkDla3>

*Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database*: data base of the analyzed radiocarbon dates.

*Annexes\_II\_Statistical\_Model\_Codes*: codes of the different statistical analyzes and bayesian models.



## INTRODUCCIÓN.

Hablar del neolítico en el noreste de la Península Ibérica es retrotraernos en el tiempo hacia mediados del VI milenio cal BC. Es entonces cuando empezamos a documentar las primeras evidencias de comunidades agricultoras y pastoras que tienen plenamente domesticadas diversas especies de plantas y animales. Durante los primeros siglos de ocupación neolítica las evidencias de enterramientos son muy puntuales. Solo tenemos algunos ejemplos de inhumaciones colectivas en cuevas (como la “Cova de Can Sadurní”, “Cova Bonica” o la “Cova del Avellaner”) y de manera individual alguna estructura en fosa (“Plaça Vila de Madrid” o “Ca l'Estrada”).

Este panorama, sin embargo, cambia radicalmente hacia finales del V milenio y a lo largo de la primera mitad del IV milenio cal BC. En este momento asistimos a un hecho sin precedente, ya que las sociedades neolíticas asentadas en esta región empiezan a enterrar de forma sistemática a una gran parte de su población en tumbas individuales, en ocasiones dobles, en forma de fosas realizadas en el suelo o cajas de piedra y acompañadas de diversos elementos de ajuar (instrumentos, restos de fauna, recipientes y ornamentos). El registro arqueológico de este período se caracteriza por su riqueza con respecto a los contextos funerarios y por su escasez en relación a los contextos de hábitat, que son muy escasos. Tal es la importancia de la presencia de estas tumbas en esta región (hasta la fecha se han documentado más de 650 estructuras funerarias), que a este período se le ha denominado tradicionalmente con el nombre de horizonte de los "Sepulcros de Fossa".

Pese a la importancia de este registro, las explicaciones e interpretaciones de esta práctica funeraria generalmente se han sustentado en un conocimiento limitado de su temporalidad. Frecuentemente su cronología se ha fundamentado en criterios tipológicos, a partir del análisis de sus características formales, del tipo de ajuar funerario y de las pocas dataciones radiocarbónicas (tan solo 40 contextos de los aproximadamente 650 documentados habían sido fechados hasta el año 2014, cuando se empieza esta tesis).

Si bien es cierto que ordenar temporalmente el pasado no lo explica, se trata de una herramienta fundamental para, al menos, empezar a analizarlo y comprenderlo. De este modo, la ausencia de un gran número de dataciones radiocarbónicas ha dificultado la comprensión de las dinámicas sociales de los grupos neolíticos que desarrollaron estas



prácticas. No había sido posible resolver cuestiones temporales más complejas que la mera aproximación de la situación cronológica de los enterramientos, es decir, sin abordar preguntas como: ¿con qué intensidad fueron utilizadas estas sepulturas?, ¿su uso fue continuo o discontinuo en el tiempo?, ¿cuánto tiempo duraron?, ¿existen diferencias temporales entre los diversos tipos de estructuras?, ¿y entre los diferentes tipos de materiales y artefactos que aparecen en sus ajuares?, ¿qué relación temporal guardan con los enterramientos neolíticos del sur de Francia y Suiza, con los que comparten numerosos paralelismos?, etc.

Así pues, el presente trabajo nace con el objetivo de conocer las dinámicas temporales de estos enterramientos desde una perspectiva más amplia. A nivel concreto, los objetivos generales del trabajo han sido determinar la cronología y la temporalidad de: 1) la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y las dinámicas temporales de los diferentes tipos de enterramientos en relación al modelo de prácticas funerarias que representan; 2) el ajuar de los enterramientos. La distribución y dinámica temporal de las materias primas y artefactos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración; 3) la cronología de la necrópolis paradigmática de este momento: la “Bòbila Madurell-Can Gambús” y, finalmente, 4) las relaciones temporales entre el horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y los enterramientos neolíticos del sur de Francia y Suiza.

Para llevar a cabo estos objetivos se han realizado dos tipos de trabajo complementarios: por un lado, la creación de una base de datos radiocarbónicos y arqueológicos de los diferentes contextos analizados y, por el otro, el análisis estadístico de estos datos respondiendo a preguntas concretas. En relación al primer aspecto, la recopilación de los datos procede de dos vías: por un lado, de la búsqueda bibliográfica de los datos publicados con anterioridad a nuestro trabajo y, por el otro, de la realización de una nueva batería de dataciones en el marco de los proyectos “(HAR2011-23149) Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” y “(HAR 2016-75291-P) La difusión del neolítico en el Mediterráneo centro-occidental: agricultura, innovaciones tecnológicas y carbono 14” dirigidos por el Dr. Juan F. Gibaja y financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Asimismo, han sido de gran utilidad las aportaciones realizadas por la Dr. Florence Allièse sobre los

análisis osteológicos y tafonómicos, la Dr. Stéphanie Duboscq sobre la tipología de los enterramientos, los restos antropológicos y las asociaciones de los diferentes elementos de ajuar en función del sexo y la edad de los individuos y la Dr. Alba Masclans y el Dr. Juan F. Gibaja sobre la industria lítica y los artefactos pulidos y biselados hallados en los ajuares de los enterramientos.

Los criterios de selección de las muestras a fechar han sido los siguientes: en ningún caso procedían de depósitos secundarios, sino de estructuras bien preservadas y perfectamente reconocibles, no reutilizadas y con inhumaciones primarias en conexión anatómica y buen estado de conservación. En todos los casos se ha optado por fechar restos antropológicos, ya que se trata de muestras de vida corta y del tipo de material más representativo de la práctica ritual y del evento deposicional de la sepultura. Este paquete de nuevas dataciones también ha estado acompañado por análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  realizados por las Drs. Maria Fontanals y M<sup>a</sup> Eulàlia Subirà, con la idea de determinar la dieta de estas poblaciones y averiguar si existió un consumo de recursos de origen marino o de aguas continentales que pudiese afectar al proceso de calibración por el efecto reservorio.

En esta base de datos también se han recopilado dataciones procedentes de enterramientos asociados al Neolítico Antiguo y al Neolítico Final-Calcolítico del NE de la Península Ibérica, así como de los hallados cerca de los Pirineos y el Languedoc del horizonte “Chasséen”, en Auvernia del “Prechasséen”, del “Chambon” en el norte francés y del “Chamblandes” en Suiza disponibles en la bibliografía publicada y siguiendo los mismos criterios de selección. Se han tenido en cuenta estos contextos con la intención de evaluar las periodizaciones tradicionales y calcular transiciones entre las distintas prácticas funerarias y sus ajuares, así como analizar de manera comparativa la temporalidad de los “Sepulcros de Fossa” con los enterramientos neolíticos de las regiones francesas y suizas con los que comparten ciertas similitudes.

A partir de estas estrategias se ha recopilado un total de 227 dataciones radiocarbónicas, de las cuales 130 han sido realizadas en el marco de los proyectos dirigidos por el Dr. Juan F. Gibaja y 78 han sido publicadas de forma inédita en los diferentes artículos que componen esta tesis. Estas han sido analizadas a partir de diferentes herramientas

estadísticas, especialmente de modelizaciones bayesianas que, a grandes rasgos, permiten reducir los intervalos de probabilidad mediante la combinación de las dataciones radiocarbónicas con otro tipo de información cronológica de tipo más contextual (estratigrafía, tipología de los artefactos asociados, etc.).

Las posibilidades metodológicas de estas herramientas para el estudio de la temporalidad han implicado una revolución en las últimas décadas en el campo de la Arqueología. Si bien es cierto que el número de dataciones analizadas no nos ha permitido trazar con absoluta precisión todos los interrogantes planteados en este trabajo, sí ha puesto sobre la mesa nuevas posibilidades, perspectivas de análisis, hipótesis e interpretaciones, así como estrategias de estudio que pueden ser de gran utilidad al abordar la cronología tanto de este como de otros posibles casos de estudio. En este sentido, la importancia de los resultados presentados en esta tesis doctoral no es solo de carácter cronológico, sino también metodológico, demostrando la gran complejidad del fenómeno analizado y el potencial de metodología empleada.

La tesis se estructura en un total de 6 capítulos: el primero de ellos, el *capítulo 1*, aborda el contexto histórico y el registro arqueológico del trabajo. Se presenta una revisión de los patrones de asentamiento, las dinámicas socioeconómicas y las prácticas funerarias del Neolítico en el NE de la Península Ibérica de acuerdo con las publicaciones y discusiones más recientes. También se profundiza en los diferentes tipos de enterramientos asociados al horizonte de los “Sepulcros de Fossa”, su distribución geográfica y los diversos tipos de materiales y artefactos que han sido documentados en sus ajuares, dedicando especial atención a la presencia de materias primas y artefactos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y confección.

A continuación, este capítulo también ofrece un breve repaso a la historia de la investigación de este fenómeno desde inicios del s.XX hasta nuestros días, así como los diferentes debates en torno a la cronología y la periodización del Neolítico en el NE peninsular. Finalmente, se expone una revisión crítica a las tradicionales explicaciones e interpretaciones en torno al fenómeno de los “Sepulcros de Fossa”.

El *capítulo 2* gira alrededor del concepto de tiempo y cómo influye en nuestra manera de analizar e interpretar el pasado. Se trata la idea de tiempo desde diferentes

posicionamientos ontológicos en el campo de la Filosofía y la Ciencia y se presenta una propuesta sobre cómo abordar el concepto de tiempo en Arqueología, sobre el cual se asienta el enfoque metodológico del trabajo.

La Metodología empleada para responder a las hipótesis y objetivos de la tesis corresponde al *capítulo 3*. En él se tratan los aspectos principales del método de datación por radiocarbono: desde sus fundamentos básicos hasta las ventajas e inconvenientes del método. La idea no es profundizar en los aspectos más técnicos del proceso de datación por radiocarbono, sino trazar algunas líneas sobre sus principios y problemas básicos que consideramos importantes al fechar los contextos o fenómenos arqueológicos.

Seguidamente se presenta la estadística como una herramienta de gran utilidad para los análisis cronológicos en Arqueología. Se pone atención en las herramientas estadísticas más extendidas actualmente en este campo: las técnicas estadísticamente descriptivas y los modelos bayesianos. En ambos casos se profundiza en sus posibilidades y limitaciones, desarrollando el esquema de uso y aplicabilidad de estas herramientas que ha sido utilizado a lo largo del trabajo y en los artículos publicados.

En la última parte del capítulo se tratan las cuestiones de carácter más empírico. Por un lado, se presentan los datos utilizados, tanto de carácter inédito como publicado, los criterios de selección empleados, la ontología y la estructura de la base de datos creada para categorizar y sistematizar los datos empíricos, así como ciertas tendencias y/o patrones que a nivel cuantitativo hemos podido observar en los datos de forma previa a los análisis estadísticos.

El *capítulo 4* constituye el compendio de publicaciones que comprenden esta tesis, que son las siguientes:

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

east of the iberian peninsula: Dating the "Pit Burials" cultural horizon and long-range raw materials exchange networks. *Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research.*, 59(6), 1713-1736.

- Morell, B., Barceló, J.A., Oms, X., Remolins, G., Subirà, M.E., Chambon, P. & Gibabja, J.F. 2018. Tracing the Chronology of Neolithic pit and cist burials in North-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 491-504.

- Morell, B., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Pou, R., Marti, M., Barceló, J.A., Oms, X., Santos, F.J., Mozota, M., Subirà, M.E. & Gibaja, J.F. 2018. Chronology of the Neolithic Necropolis at Camí de Can Grau (NE Iberian Peninsula). Funerary pattern changes and long-distance raw material exchanges. *Comptes Rendus Palevol*, 16, 399-412.

El *capítulo 5* aborda una discusión de los resultados presentados en el conjunto de publicaciones. Se presenta en forma de síntesis, respondiendo punto por punto a los objetivos planteados en esta introducción.

Finalmente, el *capítulo 6* se dedica a las conclusiones del trabajo, donde se discuten los resultados obtenidos en relación a los objetivos e hipótesis planteadas, cuáles son sus potenciales y sus debilidades y también se proponen posibilidades de mejora y perspectivas de futuro.

# **1. THE HISTORICAL CONTEXT AND THE ARCHAEOLOGICAL RECORD.**

## **1.1. INTRODUCTION.**

As the title suggests, in this chapter, the historical context and the archaeological record which form the basis of this thesis will be addressed. Firstly, the Neolithic in the north-east of the Iberian Peninsula will be discussed. The settlement patterns, the socio-economic dynamics, the funerary practices of the different phases will be described, based on the most recent publications and discussions, as well as the first ancient DNA analyses regarding these societies.

Secondly, the period and the cultural horizon on which this thesis is focused will be approached in greater detail. The “Pit Burial” funerary practices (usually linked to the end of the fifth millennium cal. BC and the beginning of the fourth millennium cal. BC) will be explained, both in terms of the different types and geographical distribution of the burials, the toponymical patterns of the arrangement of the remains within the grave and the different kinds of materials and artefacts that have been documented as grave goods. Regarding the latter, the explanations include a group of specific artefacts and materials considered a very special feature of this funerary practice because they are likely to be of exogenous origin and show strong parallels with other funerary practices documented to have been followed in other European regions during the same period.

Furthermore, in this section, the typologies into which the different types of “Pit burials” have been categorised will also be described, and a short survey of the history of the research on this funerary phenomenon, from the beginning of the 20<sup>th</sup> century until today, will be presented.

This will be followed by a section on the chronology and the periodisation of the Neolithic in the North-Eastern Iberian Peninsula. The aim of this part will be to review the different periodisations that have been proposed until now and how and why they have subsequently been revised or criticised. The last available data will be presented, showing how it has shaken the traditionally established chronologies for each period.

Finally, in the discussion of the chapter, an overview will be provided of all the issues raised here, with particular focus given to the traditional explanations and interpretations of the main topic of this work - the “Pit Burials” horizon.

## **1.2. THE NEOLITHIC IN THE NORTH-EAST OF THE IBERIAN PENINSULA.**

The earliest Neolithic evidence from the north-east of the Iberian Peninsula has been documented in various sites near the Mediterranean coast, dating back to the middle of the sixth millennium cal. BC. Until then, this region was inhabited by Mesolithic hunter-gatherer communities living in the lowlands and the mountains of the Pre-Pyrenees/Pyrenees, as well as the pre-littoral ranges. Some examples of Mesolithic sites include “Cova del Parco” (Alòs de Balaguer), “Cova de Can Sadurní” (Begues), “Cova del Vidre” (Roquetes), “Font del Ros” (Berga), “Balma Margineda” (Aixovall) and “Bauma del Serrat del Pont” (Tortellà) (Guilaine & Martzluff 1995; Pallarés et al. 1997; Blasco et al. 2005; Fullola & García 2006; Alcalde & Saña 2008).

There is currently much debate about how the Neolithic revolution occurred and what role the hunter-gatherer communities of the Mesolithic played. The few dates that belong to the period of inhabitation by these last hunter-gatherers suggest that, during the first half of the sixth millennium cal. BC, a population boom occurred in this part of the Iberian Peninsula (Oms et al. 2017). In any case, after inhabiting the coastal regions for a few centuries, these first communities of farmers and shepherds settled further inland and even in certain mountainous contexts of the Pyrenees and the Pre-Pyrenees. Subsequently, and gradually, they spread to other areas of the Iberian Peninsula. However, what deserves a mention here is that, in this scenario, another line of research proposes that the coasts of Morocco in North Africa may have been another possible route of penetration into this region (Zilhao 2001; Oms et al. 2012; Gibaja & Carvalho 2010; Bernabeu et al. 2014; Isern et al. 2014; Mazzucco 2014; Martins et al. 2015; Mazzucco 2014).

During the fifth millennium cal. BC, most of the settlements were located in caves and shelters in the coastal hills. Some of them have also been documented in the mountainous areas, such as “Cova del Frare” (Matadepera), which are mainly related to pastoralism and

storage activities. This duality of settlement patterns (mountains vs. plains) has been interpreted by some researchers as a reflection of the economic model of these societies, which was determined by the agricultural cycle and the exploitation of different resources (Ribé 1996; Molist et al. 1997).

However, as mentioned above, no domestic structure from this period has ever been documented, probably due to the nature of their construction, the possible use of perishable materials or subsequent agricultural practices. Only a few isolated domestic structures have been identified as part of some funerary contexts, thus making it possible to analyse the economy of these societies. This is the case in “Barranc d'en Fabra” (Amposta), “Guixeres de Vilobí” (Vilobí del Penedès) (Gibaja et al. 2018) and “Plansallosa” (Tortellà), where some stone walls and wainscots have been documented. This suggests that, perhaps, the domestic structures were almond-shaped (Bosch et al. 1995 & 1999). In addition, there is currently little archaeological evidence which could provide information on the funerary practices in the North-Eastern Iberian Peninsula before the fifth millennium cal. BC. Only two isolated pit burials have been discovered and dated to belong to the Early Neolithic period (the graves of “Plaça de la Vila de Madrid” in Barcelona and “Ca l'Estrada” in Canovelles) (Bosch & Tarrús 1990; Fortó et al. 2005).

From the fifth millennium cal. BC, storage and funerary pits are prevalent in the areas of “Vallès”, “Penedès” and “Barcelonès”, such as the sites of “Hort d'en Grimau” (Castellví de la Marca) and “Sant Pau del Camp” (Barcelona) (Mestres 1988 & 1989; Granados et al. 1993), although some caves have also been documented which served both funerary and domestic purposes, like the cave of “Can Sadurní”, “Cova Bonica” (Vallirana) and “Cova de l'Avellaner” (Les Planes d'Hostoles) (Blasco et al. 2005; Pou et al. 2010; Oms et al. 2017). These burials are associated with a very small number of artefacts (pottery vessels, stone or bone tools, fauna remains or stone beads) and most of them do not contain any associated grave goods.

During the beginnings of the Neolithic, the economy of these communities was based on animal husbandry and intensive agriculture (Antolín & Buxó 2011; Antolín et al. 2013 & 2014). Wheat, barley (*Triticum aestivum t. compactum*, *Triticum aestivum/durum*, *Triticum dicoccum*, *Hordeum vulgare nudum* and *Hordeum vulgare*) and legumes (white



beans -*Vicia faba*- and peas -*Pisum sativum*-) were the most commonly represented species (Zapata et al. 2004; Antolín & Buxó 2012). Occasionally, undomesticated plants (madrones, acorns and wild oats) dating from this period have also been documented (Seguí et al. 1999). With regard to fauna remains, sheep (*Ovis aries* or *Capra hircus*) and pigs (*Sus domesticus*) were more common in the caves and shelters, while cattle (*Bos Taurus*) were more commonly found in the few open-air contexts. There is little evidence of hunting record, pigs appear sporadically in some contexts, and there is some evidence of marine resources being gathered, for example, in “Sant Pau del Camp” and “Cova del Frare” (Martín et al. 1985; Estévez & Martín 1991; Tresset & Vigne 2007; Molist et al. 2008 & 2012). In addition, these groups displayed great mastery of pottery techniques and produced bone and stone tools, which were both knapped artefacts (blades and flakes used to manufacture a wide range of tools) and ground stone implements (axes, adzes and querns).

From the Middle Neolithic, and especially around the first half of the fourth millennium cal. BC, the settlement patterns change. Settlements in caves decrease in favour of those located in flatter areas (Ribé 1996), the occupations increase in the areas of “Vallès” and “Penedès”, closer to the coast, while the central part of the region begins to be inhabited. Even then, some sporadic cave occupations do persist, such as “Cova del Frare”, “Cova del Toll” (Moià) or “Cova de la Font del Molinot” (Pontóns), as well as some infrequent settlements in the Pyrenean area, mainly related to pastoralism. These changes in settlement patterns have been interpreted to reflect the intensification of agriculture (Molist 1992).

The documented contexts from this period are mainly funerary, since most of the settlements have disappeared for taphonomic reasons and only some silo-type structures have remained. With regards to the funerary contexts, these are mainly isolated or small clusters of open-air pits or stone boxes that never exceed 25 burials. However, the necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús” (Sant Quirze del Vallés) is an exception here, containing more than 175 documented structures which will be studied in depth throughout this work (Martín et al. 1988; Roig & Coll 2010; Roig et al. 2010; Gibaja et al. 2017).

As in the previous period, hardly any domestic structures have been documented. Just a handful of oval structures bounded by stone walls in "Can n'Isach" (Palau-Savereda) (Tarrús et al. 1992 & 1996) and households and storage or waste pits in the "Bòbila Madurell-Can Gambús" and "Feixa del Moro" (Juberri) sites (Llongueras et al. 1981 & 1982; Llovera 1985). A number of reasons could explain this: the use of perishable materials, the existence of structures which have not yet been discovered and excavated, or the remains being inadvertently destroyed by agriculture or urban development, etc. However, these few examples have allowed comparisons to be drawn between the domestic and funerary records when determining the consumption resources of these communities.

The agriculture is still based on wheat, barley and some legumes. Various wild fruits and plants are also gathered (Buxó 1997; Antolín et al. 2015; Antolín 2016). As for fauna remains, the most prevalent are cattle (*Bos Taurus*), sheep (*Ovis aries*), goats (*Capra hircus*) and, occasionally, pigs (*Sus domesticus*) (Saña 1993 & 1997). Even though hunting is practised, it is not very common (Martín 1992; Molist 1992; Ribé et al. 1997; Gibaja & Clop 2012; Antolín 2013). In the case of the necropolis of "Bòbila Madurell-Can Gambús", for example, wild fauna remains are only found in five of the funerary structures (3%). Storage structures follow the same pattern, as wild animal species have only been documented in 2% of the pits (Gibaja & Gassin 2015).

This data is supported by the results<sup>1</sup> of the analyses of the stable isotopes  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  (Fontanals 2015; Fontanals et al. 2015 & 2017) from a total of 10 sites, which confirm that agricultural resources, mainly cereals and legumes (*Triticum*, *Hordeum*, *Vicia faba*, *Lens culinaris*), formed the basis of the diet of these societies (70%). Animal proteins were consumed too, although these accounted for a minor part and came from domestic fauna, primarily from dairy products from cows (*Bos sp.*), sheep (*Ovis sp.*) and goats (*Capra sp.*). Wild fauna, conversely, constituted a rather small part of the diet of these middle Neolithic groups. However, even in the mountain sites of "El Llord" (Castellar de

---

<sup>1</sup> The ten sites which were analysed are: "Bòbila Madurell-Can Gambús", "Can Roqueta-Can Revetlla", "Horts de Can Torras", "Hort d'en Grimau", "Puig d'en Roca", "Costa dels Garrics de Caballol", "Ceuro" "El Llord", "Pujolet de Moja" and "La Feixa del Moro".

la Ribera) and "Pujolet de Moja" (Olèrdola), where the consumption of animal proteins, mainly from ovicaprid and deer hunting, is closer to 45%, pastoralism would nevertheless have played an important role. Despite hunting being practised, these mountain occupations, just like other occupations from the period, are also characterised by big cross-shaped structures which are believed to have been associated with farming activities (Remolins et al. 2016).

Analyses of the stable isotopes  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  have confirmed that marine resources were generally not consumed and, even if they were, their consumption was not substantial enough to leave a trace at the isotopic level (Fontanals 2015: 198-205). Thus, according to the available data, the economy in the north-east of the Iberian Peninsula during this period was mainly based on agriculture-pastoralism, while hunting had a lesser importance (Saña 1998; Gibaja & Clop 2012; Antolín et al. 2014 & 2015).

Finally, one of the main particularities of the socio-economics of this period is the exploitation, procurement and exchange of some specific raw materials and archaeological artefacts throughout the Western Mediterranean. These are: variscite from the mines of "Gavà-Can Tintorer" (Gavà), honey flint from the south-east of France, Sardinian obsidian, Alpine metamorphic rocks, square-mouthed pottery vessels (shapes commonly documented in the Neolithic of the north of Italy) and, waiting for conclusive evidence, possibly even salt from the central depression of the north-east of the Iberian Peninsula (Léa & Vaquer 2010; Gibaja & Terradas 2012). This topic will be addressed in more detail in the next section. As will be revealed below, the acquisition and manufacturing of all these materials presuppose a certain level of technological specialisation, while the establishment and maintenance of these long-distance exchange networks definitely required a certain degree of complexity in the social organisation of these communities.

In the late fourth millennium cal. BC, not only do these funerary practices disappear in favour of collective (simultaneous or not) inhumations in megalithic structures, such as dolmens, large pits, burial caves and artificial hypogea, but also the raw material exchange networks that had functioned in the late fifth and early fourth millennia cal. BC break down. Honey flint, obsidian, variscite ornaments, and practically all the Alpine and Pyrenean rocks used to make axes and adzes disappeared from the sites, whether these

were funerary or not. These materials were replaced by other types of rocks, such as flint from various sources in Southern France and the north of the Iberian Peninsula (Castany 1991 & 2008; Tarrús 2002; Moinat & Chambon 2007; Gibaja et al. 2008; Terradas et al. 2012).

The Final Neolithic-Chalcolithic marks a rupture from the uniformity found in the funerary patterns of the Middle Neolithic. The settlement patterns of this period are characterised by diverse and strongly regionalised local groups (as in the Early Neolithic) whose common funerary patterns are collective secondary inhumations in caves, shelters, megaliths and pits. During this period, the occupation of the mountain and interior regions increased, probably due to the rise of temperature and humidity around the Western Mediterranean, which allowed forests and fauna to establish themselves in what had previously been desert-like areas (Antolín 2013).

A similar rupture is also observed in the archaeological artefacts: there was a shift from smooth and polished vessels typically found in the Middle Neolithic to more rounded shapes, either engraved or decorated with smooth laces; from honey flint blades and geometric microliths to thick brown flint knives and perforated tips; from variscite necklaces to beads made of limestone, shells, bones or soapstone. The technique used for manufacturing bone tools also changes: the abrasion technique previously used was replaced by one involving flexion. Small axes and adzes made from exogenous metamorphic rocks are the only previously seen tools that remain in use. Thus, during the Final Neolithic-Chalcolithic, the exchange networks which were in existence from the late fifth millennium to the mid-fourth millennium cal. BC break down and flint is now procured from the south-east of France (Roussillon-Languedoc-Provence regions) and the Ebro Valley in Spain (Gibaja et al. 2008; Terradas et al. 2012). This scenario becomes more diverse from 2000 BC, following the arrival of the "Campaniformes" groups. However, still not much is known about the Final Neolithic-Chalcolithic period. A lot of investigative work is still required and, should such work produce further evidence, the explanations currently proposed may be subject to change.

Regarding the DNA of these Neolithic populations, three studies have been conducted thus far. A total of 31 individuals have been analysed, ranging from the mid-sixth to the

early fourth millennia cal. BC. The first of these studies (Sampietro et al. 2007) focused on a total of 11 individuals from the necropolis of “Camí de Can Grau” (La Roca del Vallès). The study concluded that their mitochondrial genetic background was similar to that of the modern-day population in the same geographical region, suggesting genetic continuity between the two periods as a result of the predominantly demic nature of the population diffusion.

The second study (Gamba et al. 2012) added to this comparison the genetic backgrounds of 13 individuals from the Cardial Neolithic sites of “Can Sadurní”, “Cueva de Chaves” (Casbas) and the Postcardial site of “Sant Pau del Camp”. The results revealed a genetic difference between these individuals and the ones previously analysed by Sampietro et al. (2007), which can be explained by the fact that the population sizes at the beginning of the Neolithic were small, as evidenced by simulation studies undertaken as part of the same project. In addition, the studied samples contained the mitochondrial haplogroups N1 and X1, which are now unusual in Europa and are more commonly found in the Near East. These results have been interpreted as evidence of pioneering Early Neolithic colonisation by small groups from the Near East.

Finally, the mtDNA (maternal line), Y chromosome (paternal line) and autosomal STRs (close family relationship) of seven individuals from the Epicardial site of “Cova de l'Avellaner” showed different origins between the maternal and the paternal lines (Lacan et al. 2011). According to this study, the former had a Palaeolithic molecular dating, while the latter was Neolithic. This data suggested differences in the mobility patterns of women and men, pointing at a predominant role of male individuals in the spread of the Neolithic. Moreover, the mitochondrial analysis of the burial from “Segudet” (Andorra), dated to the Early Neolithic Age, classified the individual into the European haplogroup K (Díaz et al. 2004), which has also been documented in the populations inhabiting the region of the current Basque Country during the same period (Izaguirre 1998).

### **1.3. THE MIDDLE NEOLITHIC “PIT BURIALS” HORIZON.**

#### **1.3.1. The archaeological record.**

As mentioned above, towards the end of the fifth millennium cal. BC, the communities that had settled in the north-east of the Iberian Peninsula began to systematically bury a large proportion of their deceased in individual, occasionally double, pits or stone boxes. Burials containing three or more individuals are very rare. Men, women and children were all buried.

The archaeological record of this period is characterised by its abundance of funerary contexts and by its scarcity of domestic contexts, with the latter remaining practically undocumented. Such is the importance of the presence of these graves in this region (more than 650 funerary structures have been documented to date) that this period was originally referred to as the "Sepulcres de Fossa" horizon (or the “Pit Burials” horizon in English) (Martín 1998; Martín et al. 1997 & 2010; Gibaja 2003& 2004; Gibaja et al. 2010; Roig et al. 2010; Gibaja & Clop 2012; Bravo et al. 2015).

The graves are usually dug in the ground or enclosed in structures made of stone slabs of different shapes (circular, oval or even quadrangular). Two main types of burials can be distinguished: pits dug in the ground located close to the Mediterranean coast and stone boxes or cists found in the inland areas (Figure 2). Traditionally, the differential distribution of these two types was explained by economic reasons, whereby pit burials were associated with communities with an agriculture-based economy, while cist burials, located in interior areas, closer to the mountains, were associated with communities with a pastoral-based economy. However, recent research work into the diet of both communities has refuted these proposals (Fontanals 2015; Fontanals et al. 2015 & 2017).

As a rule, the necropolises tend to be quite small, from 4 or 5 graves to 25. The necropolis of "Bòbila Madurell-Can Gambús" is exceptional in this regard, with a total of 175 burials documented there (there were probably more, though they are likely to have been destroyed during excavations undertaken in the early twentieth century) (Martín et al. 1988; Pout et al. 1996; Roig & Coll 2007; Roig et al. 2010; Allié 2006). The deceased

are deposited in the supine decubitus position with their legs folded. Though the arms may be arranged in a variety of positions, they tend to be flexed to one side. Occasionally, the bodies are fully stretched or in the decubitus position. However, certain graves have been documented in which the skeleton is either fully or partly disjointed. Some of the individuals are deposited on one side of the tomb, probably due to a posterior arrangement intended to leave enough space for another inhumation (Gibaja 2004; Duboscq 2017).

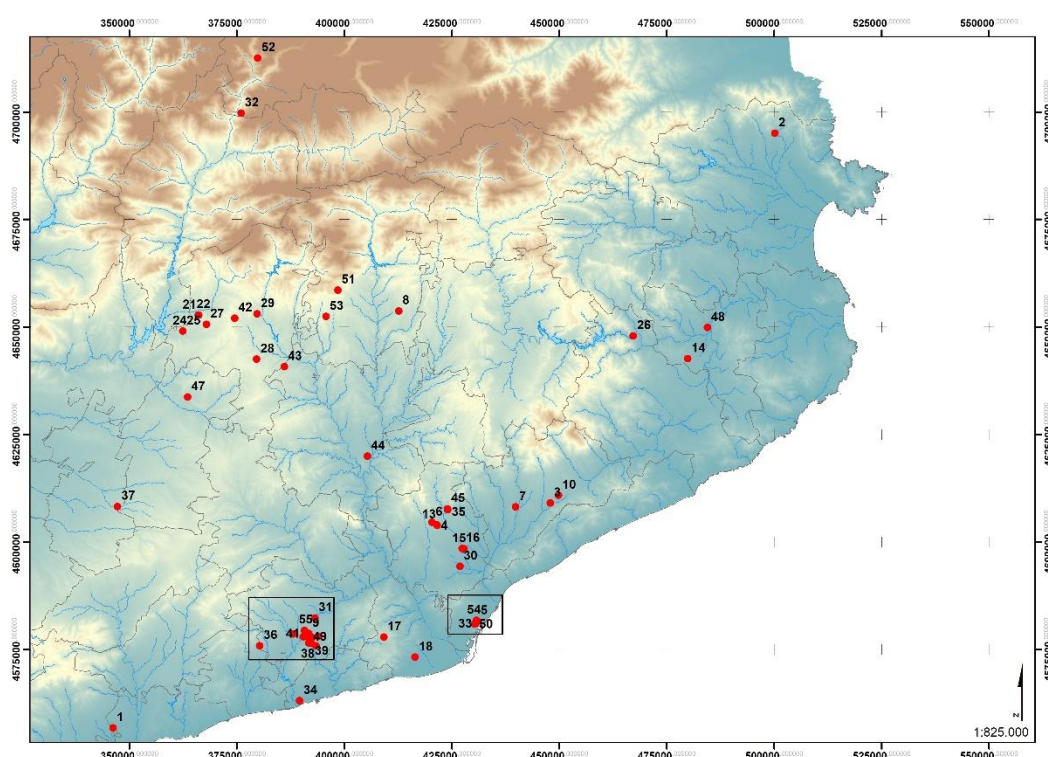


Figure 1. Map of all the site of the "Pit Burial" horizon documented to date (map provided by Gerard Remolins)

Recent studies on funerary taphonomy have demonstrated that the dead were not deposited directly on the bottom of the structures, but they were instead placed inside the tomb within rigid boxes likely made of wood or a sand installation of sorts (Allièse 2016; Allièse et al. 2014). Moreover, some burials were not made *ex profeso*, but instead, different kinds of structures were reused. This is the case with silos containing human

remains and hypogea made of stone slabs located inside a number of chambers of the mines of "Gavà-Can Tintorer" (Villalba 1999; Bosch & Borrell 2009), structure E41 of "Plaça Major" (Castellar del Vallès) or structure E11 of "Horts de Can Torras" (Castellar del Vallès) (Gibaja et al. 2016).



Figure 2. Top of figure: Feixa del Moro (Juberri, Andorra), stone box burial. Photographs taken during fieldworks in 1984 (1. Frontal view of the grave; 2. Top view of the grave) Photographs archived by the Cultural Heritage of Andorra and published in Remolins et al. 2016. Bottom of figure: General view of the UF16 pit grave of Can Gambús 2 (Sabadell, Barcelona) and detail of chipped stone tools deposited as grave goods (Bravo et al. 2015 and Gibaja et al. 2016).

Different kinds of specific items deposited next to the body as grave good have been documented: pottery, stone and bone tools, jewellery, animal bones, etc. (Gibaja & Palomo 2004; Martín 2009). These artefacts are not always found in all the tombs and, when they are, the precise composition of the assemblages varies, as do the quality and quantity of the artefacts.



The pottery artefacts are usually not decorated, but they display a great variety of forms and sizes and are sometimes burnished. The most recurrent ones are carinated (both spherical and subspherical), followed by the so-called "square-mouthed" vessels demonstrating strong parallels with those documented in the Neolithic context of Northern Italy. Cups and bitronconic vessels are seldomly found (Masvidal et al. 2003; Roig & Coll 2010).

The lithic and macro-lithic tools are made from raw materials whose extraction doubtlessly involved a significant investment of labour and which, in some cases, come from an exogenous source. The lithic tools found include nuclei, blades, microblades, geometric microliths and projectiles made from local flint, but also from honey flint, which probably originated from the south-east of France, as well as from Sardinian obsidian (Gibaja 2003; Gibaja & Terradas 2012; Terradas & Gibaja 2002).

A significant part of these lithic tools have been analysed by means of a use-wear analysis (Gibaja 2002; 2003a & 2003b; Gibaja et al. 2008; Gibaja & Terradas 2008). What this analysis has revealed is that the lithic tools were used to grind cereals, cut roots and stems close to the ground. Some were also used to work soft and hard animal materials (especially butchering and skinning).

Regarding the macro-lithic tools (polished and bevelled axes and adzes), these were made from both local raw materials (hornfels, slate and schist) and from exogenous metamorphic rocks, such as jadeite and eclogite, probably originating from the Alps, amphibolite from the Pyrenees, and fibrolite from the Massif Central in France (Bosch 1984; Pétreqin & Jeunesse 1995; Vaquer et al. 2012; Masclans et al. 2016; Masclans 2017). They demonstrate a great variety of shapes, weights, complexity and types of use: butchering, hide scraping, cutting trees and making bone tools. Most of the bone tools are punches and spatulas made from goat metapodial bones and, occasionally, from deer (Martí et al. 1997; Gibaja et al. 2016). The use-wear analysis performed to date has suggested that, in some cases, these artefacts were used to work hide and fresh pottery (Mozota & Gibaja 2015).

Jewellery is also frequent: necklaces and bracelets manufactured from variscite beads are common, though these are also sometimes made from other materials, such as teeth, limestones (serpentine and talc), bones or shells. Their morphologies range between circular, ovoid, globular and kite-shaped (Oliva 2015). At the same time, jewellery is also sometimes made from animal bones, such as phalanges and metapodials, which are occasionally perforated. The bones usually come from domestic animals and, less frequently, from wild fauna (deer, boars and small carnivores) (Oliva 2015; Duboscq 2017). Finally, grinding mills have also been found, though on very few occasions, especially in the filling of the structures, so it is not all too clear whether they can be considered to have been deposited as grave goods (Duboscq 2017).

One of the particularities of this funerary custom is that it shares clear parallels with other funerary evidence dating from the same period found in the neighbouring areas over the Pyrenees, particularly, with the "Chasséen" horizon near the Pyrenees in Languedoc, the "Pre-chasséen" horizon in Auvergne or the horizon of "Chambon" in the central west of France. There are also parallels with the "Chamblandes" horizon in Switzerland and the "Cultura dei vasi a bocca quadrata" or VBQ (in English: "square-mouthed pottery") from Northern Italy. What is a shared feature of all these sites is not only the number of the buried individuals, but also the presence of the aforementioned exogenous raw materials and artefacts (honey flint, variscite, Alpine metamorphic rocks, obsidian and square-mouthed pottery vessels) which had been deposited as grave goods (Moinat & Chambon 2007; Vaquer 2007 & 2014 Vaquer & Léa 2011; Vaquer et al. 2012; Schmitt 2015; Zémour 2013).

Not only does this shared evidence suggest that a similar funerary practice was followed by different communities of Western Europe during this period, but it also leads to the conclusion that this commonality of funerary practices was associated with a range of long-distance exchange networks between these different communities (Borrell et al. 2015).

### 1.3.1.1. Exogenous raw materials and artefacts deposited as grave goods.

One of the main particularities of the “Pit Burial” funerary practice is the presence of artefacts made from certain exogenous raw materials deposited as grave goods. One of these raw materials is honey flint (Figure 3). Nuclei, blades and projectiles made from this material have been found in the graves. Unlike the French contexts, in which honey flint is found in the "Chasséen" domestic sites, in the north-east of the Iberian Peninsula, it has never been documented in domestic pits. However, use-wear analysis has determined that these tools, prior to being used for funerary purposes, had been used for different economic activities, such as butchering, working hide and mowing (Gibaja 2004).

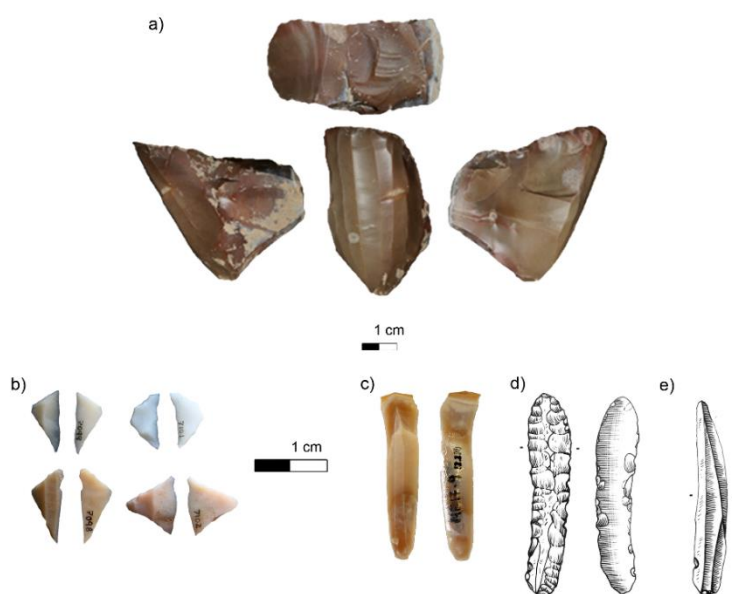


Figure 3. Honey flint artefacts from the necropolis of “Bòbila Madurell Can Gambús” (picture provided by Alba Masclans and produced by J.F.Gibaja Bao): a) cores from structures E-70 & E-228 (Gibaja & Terradas 2012); b) projectile points; c) blade from structure MF-17; d) blade from structure B16; d) blade from structure B16 and e) blade from structure B16 (photograph by J.Ariza, SAP Archive, reproduced from Martín et al. 2016).

Regarding the source of this flint, hypothetical proposals have been formulated, though conclusive data to support them has yet to be produced. A significant part of the published works acknowledge the similarity of the used technique and thus propose that the flint came from the south-east of France, but no but no geochemical analyses have been performed to date to confirm this hypothesis (Vaquer & Guilaine 1990; Gibaja 2002; Terradas & Gibaja 2002; Gassin et al. 2010; Gibaja & Terradas 2012; Vaquer et al. 2012). However, a thematic survey conducted in the area of Provence (Binder 1998), which consisted in lithological documentation of more than 400 stations, highlighted that the geological origin of this flint were the Lower Cretaceous formations (Bédoulien) of High Provence.

By contrast, some of the documented polished axes and adzes were produced from exogenous rocks such as jadeite and eclogite, probably originating from the Alps, amphibolite from the Pyrenees, and fibrolite from the Massif Central in France (Bosch 1984; Masclans 2017; Masclans et al.2017) (Figure 4).



Figure 4. Polished axes and adzes from the necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús” (images provided by Alba Masclans and Juan F. Gibaja).

Nevertheless, most of the polished axes and adzes found were produced using local resources (hornfels, slate and schist). For example, in the necropolis of "Bòbila Madurell-Can Gambús", such tools made from exogenous materials represent a mere 15% of the total, and all of them were documented in funerary structures (Masclans 2017; Masclans et al. 2016).

Variscite stone (Figure 5) has been found in sepulchral contexts dating from periods ranging between the Early Neolithic and the Chalcolithic-Early Bronze Age. However, according to the available data, the distribution of this material does not appear homogeneous throughout the Western Mediterranean. To date, it has only been documented along the Atlantic and Mediterranean coasts of France, Spain and Portugal (Querré et al. 2012). The origin of this stone, which is green in colour, has been a matter of much discussion during numerous investigations and academic debates. Several geochemical analyses have been conducted both in France (Herbaut & Querré 2004; Querré et al. 2012) and Spain (Blasco et al. 1992; Domínguez-Bella & Bóveda 2011) in order to determine its source. What these studies have concluded is that the main source of this rock in France, Spain and Portugal is Iberian. Specifically, it is believed to have come from the mines of "Gavà-Can Tintorer" (Barcelona), "Palazuela de las Cuevas" (Castilla-León) and "Encinasola" (Huelva) (Querré et al. 2012).



Figure 5. Variscite beads from structure MS61 of the necropolis of "Bobila Madurell-Can Gambús" (images provided by Juan F. Gibaja Bao).

The mines of “Gavà-Can Tintorer” are located within the research area of this work. They were exploited from the Early to the Final Neolithic (Bosch & Borrell 2009). They are characterised by numerous wells, galleries and extraction chambers. As mentioned above, some of these spaces were reused as human burials, whereby different individuals were deposited successively in hypogea made from stone slabs (Villalba 1999; Borrell & Orri 2009; Borrell et al 2015).

In addition, some beds, tools and hammers related to the extraction of variscite and the production of jewellery have been found in the filling of the mines (Villalba et al. 1986; Bofill & Borrell 2009; Borrell & Estrada 2009). Although this data is far from enough to confirm that this raw material was exported in an already fully manufactured state, the presence of these items does suggest that perhaps a little preliminary work was performed on some of the extracted variscite pre-export (Borrell & Bosch 2012).

Although in the region covered by this work, variscite cannot be considered an exogenous material as such, it has been integrated in this analytical category since it appears in the similar European funerary contexts from the same period, thus participating in these exchange networks.

With regard to obsidian (Figure 6), just six pieces from this period have been documented in the north-east of the Iberian Peninsula, all of which have been found in the pre-coastal depression (around 50 km from Barcelona). These are: a small nucleus in “Bòbila Padró” (Ripollet), a blade from Mine 83 of the “Gavà-Can Tintorer” mines and four bladelets (two from “Bòbila Madurell” and one each from “Can Gambús” and “La Serreta” (Gibaja et al. 2014; Terradas et al. 2014).



Figure 6. Obsidian bladelets from: 1) MS21b; 2) MS7; 3) “Habitation” 1; 4) BMD55 and 5) the H8 structures of “Bòbila Madurell-Can Gambús” (image extracted from Gibaja et al. 2014).

Geochemical analysis has determined that all of them come from the volcanic massif of "Monte Arci" in Sardinia, same as the obsidian artefacts found in some archaeological contexts from the same period in Southern France (Binder 2012; Gibaja et al. 2013). The first evidence of the import of obsidian dates to around the first half of the sixth millennium cal. BC. However, most of the discovered artefacts date to approximately the fifth millennium cal. BC (Binder et al. 2012). In the site of "Terres Longues" (Bouches-du-Rhône), for example, around 2500 pieces of this kind of obsidian have been found (Poupeau et al. 2010). Another interesting example is the site of "Cabre" in Saint-Raphaël (Var), in which more than 200 pieces of obsidian and honey flint have been documented. This site has been interpreted as a distribution centre for these raw materials across the Western Mediterranean (Vaquer et al. 2012).

Finally, "square-mouthed" pottery vessels (Figure 7) have also been found in some burials. The earliest evidence of this type of pottery has been documented in the Neolithic of Northern Italy, thus suggesting the existence of long-distance exchange networks between these communities (Clop & Álvarez 2009; Vaquer & Léa 2011). Studies of the raw materials used in North-Eastern Iberian pottery (Cubas et al. 2017) have shown that the ceramics were likely to have been produced locally, thus suggesting that rather than entire vessels being exchanged, these networks facilitated an exchange of ideas regarding style. However, it must be reiterated that the presence of such "square-mouthed" pottery vessels is rather sporadic. As mentioned above, the pottery vessels found as grave goods display much diversity in terms of the shapes and sizes (Duboscq 2017).



Figure .7. "Square-mouthed" pottery vessel from BM 11.4 burial of the necropolis of "Bòbila Madurell-Can Gambús) (image provided by Jordi Roig).

### **1.3.2. The typology of the burials**

Different typologies of the graves have been proposed based on their morphology, the location of the entrance, orientation, the position of the human remains, etc. Regarding pit burials, several types have been categorised (Duboscq 2017; Gibaja et al. 2017; Martín et al. 2017) (Figure 8):



- *Type I*: two-level structure (a well-defined upper platform with an opening leading into the lower funerary chamber). NE/SW orientation of the structure, occasionally E/W, with the deceased arranged in the supine decubitus position. The structure is closed using slabs made of stone or a perishable material. Two subtypes have been defined: with a rectangular surface and chamber (*Type I*) or with a circular or oval surface and chamber (*Type Ib*).

- *Type II*: two-level structure, defined by an upper rectangular platform with an opening leading into the lower funerary chamber of rectangular or oval morphology, effectively creating a kind of apse (in cave). The body of the deceased tends to be curled (few examples with a stretched skeleton have been documented), arranged in the supine decubitus position. The orientation is the same as in the previous type and the tomb is likewise closed using a large slab made of stone or a perishable material. Two subtypes (*Type IIa* and *Type IIb*) have been defined based on the placement of the inhumed within the sepulchral space.

- *Type III*: two-level structure (upper circular, oval or quadrangular platform from which one descends into the funeral chamber, located on one side, through a ramp, a step or a well). The skeleton is curled and arranged in the lateral decubitus position or curled or stretched in the supine decubitus position, with SE/NW or S/N orientation, i.e. transverse to the axis of the tomb. The closure of the structure is vertical, made of stone or a perishable material. There are two subtypes here too: a chamber of small dimensions with a ramp or small step access and with the skeleton curled (*Type IIIa*), and a wide oval or circular funerary chamber, as a hypogeum, also with a ramp or small step access and with the skeleton either curled or stretched (*Type IIIb*).

- *Type IV*: funerary chamber opening at the original ground level. The orientation of the skeleton is NE/SW or E/W and the structure is closed using slabs made of stone or a perishable material. It is possible that many of these tombs are perhaps destroyed structures of the types defined above, of which only the burial chamber has been preserved. Two subtypes have been defined: those of a rectangular shape (*Type IVa*) and of an oval shape (*Type IVb*).

- *Silos*: circular pits with human remains, either anatomically intact, or fragmented and isolated. It has not been possible to determine whether these are reused structures or if they were made explicitly for funerary purposes (Figure 9).

- *Indeterminate types*: isolated structures with human remains that could not be categorised due to their poor state of preservation.

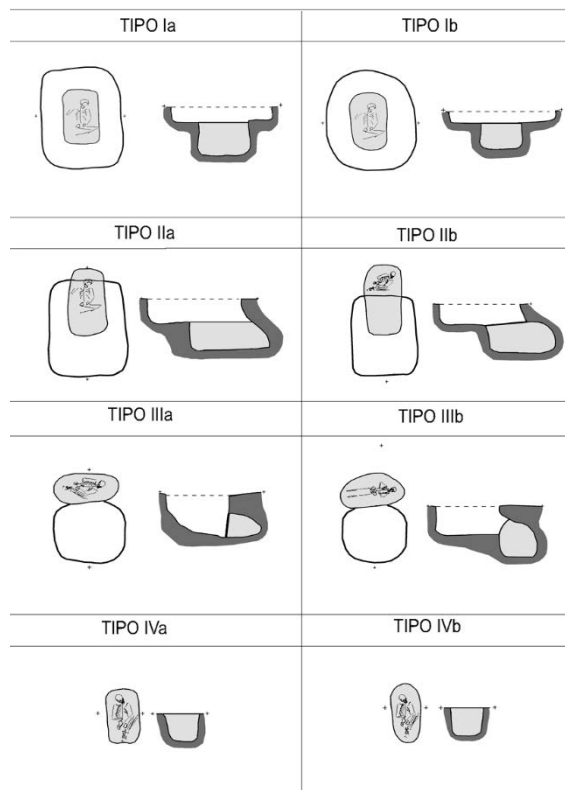


Figure 8. Typology of the Pit Burials according to Duboscq 2017 and Martín et al. 2017.



Figure 9. Example of a silo burial: Structure E11 from “Horts de Can Torras” (image produced by Arrago S.L., extracted from Coll & Roig 2005).

Moreover, two different types of burials made of slabs or large blocks of stone have been distinguished (Castany 2008):

- *Megalithic chambers*: built using slabs on the sides and on the roof with front “door-like” access. Three subtypes have been defined: a buried chamber accessible either at ground level or through a ramp (CMS), an open chamber in a natural recess closed using stone slabs (CMM) and a chamber under a mound (CMT).

- *Stone boxes*: buried box hermetically sealed on all four sides. The chamber is accessed through the slab that covers it, which is flatter and smaller than those of megalithic chambers.

However, around 20% of these burials could not be assigned to any of these types due to their poor state of conservation. They correspond to what is traditionally called the

"Solsonià" facies. Located in the Catalan central depression (Solsonès, Bages, Bergueda, Alt Urgell, Segarra and Anoia regions) and Andorra ("Tomba del Segudet" and "Feixa del Moro"), according to Castany (2008), these are a total of 101 structures. These kinds of structures share some similarities with the pit types, such as the flexed position of the deceased and the presence of varied and abundant grave goods (pottery, nuclei, flint lithic tools, axes and adzes, jewellery, etc.) (Gibaja et al. 2014).

Unfortunately, most of these structures were excavated at the beginning of the 20th century, so the available documentation is not always complete and, moreover, during this time, they were significantly damaged and even partially or completely destroyed. Thus, the exact number of the inhumed individuals is rarely known, and neither is the position in which they had been deposited. All these disadvantages make it difficult to determine their chronology.

However, it is difficult to completely assume a homogenous trend or typology for all the documented burials. As pointed out by Duboscq (2017), the type of burial, the position of the bodies or the particularities of the grave goods are variable. Despite this, categorising the burials into different types was a task that was necessary to allow a global pattern analysis to be performed that would go beyond a mere description of each individual type.

### **1.3.3. Brief history of the investigative work**

Since the first works of Bosch Gimpera (1919) at the beginning of the 20th century, a large volume of literature has been published regarding the "Pit Burials" horizon. He referred to "Pit Burials" as "non-megalithic tombs" dating from a period before the first megalithic structures and associated with the so-called "Almería culture" (located in the south of the Iberian Peninsula and nowadays attributed to the Chalcolithic period). Bosch Gimpera based this first proposal on the presence and absence of certain artefacts, such as polished axes, variscite, smooth pottery, the specific flint-processing techniques and the morphology of the burials.

J.Serra i Vilaró (1927) was the first to link this funerary practice with the Neolithic period, describing the stone box burials as "Neolithic megaliths" and considering them to be older than the "dolmen cultures". However, the proposals that associated "Pit Burials" with the "Almería" culture persisted until the forties (Pericot 1934; Serra 1930). It was then that, thanks to the determination of the stratigraphic sequence of the "Arene Candide" cave, which assigned "square-mouthed pottery" to the Middle Neolithic and the "Lagozza" culture to the Final Neolithic (Bernabò Brea 1946), the material culture of the Middle and Final Neolithic of the north-east of the Iberian Peninsula was sequenced. The documentation of "square-mouthed pottery" in the "Pit Burials" grave goods raised different hypotheses regarding the relationships with the Neolithic groups of Italy and, by extension, with those of Switzerland ("Cortailod" horizon) and France ("Chasséen" horizon) (Maluquer de Motes 1949 & 1950; Tarradell 1960).

From around 1960, the first inventories of the different funerary structures and the materials used as grave goods were published in different syntheses (Galy 1964; Muñoz 1965; Ripoll & Llongueras 1963). From this time onwards, the groups belonging to the "Pit Burial" horizon were defined as "Catalan communities that bury their dead in pits, whose material culture is defined by plain pottery, laminar lithic tools and variscite". Thus, during the 1960s, the "Pit Burials" horizon was considered a homogeneous cultural group in terms of its material culture, but not in relation to the funerary structures it used.

The first radiocarbon dating of "Pit Burials" was performed at that time. Specifically, the first context to be dated was the burial of Savassona (Muñoz 1965). These first dates suggested a chronology between 3500-2500 cal. BC and determined that the horizon reached its apogee around 3500 cal. BC. However, there were methodological problems regarding the context and the kinds of samples used for this radiocarbon dating. Despite this, until relatively recently, the results continued to be used as a chronological reference by researches investigating the "Pit Burials" (Martín & Tarrús 1994).

In the 1970s, the New Archaeology (processual archaeology) promoted a more complex fieldwork methodology, systematic dating of the contexts and the implementation of new analytical techniques related to paleoenvironmental reconstruction, resource exploitation, settlement patterns, etc. Consequently, the chronology of the "Pit Burials" horizon was

revised according to the archaeological record and, specifically, to radiocarbon dating and the stratigraphic data. This resulted in three geographical and typological categories being distinguished:

- *Pits from the Vallès area (called "Vallesià")*: located in the pre-coastal depression and the coastal area, these are the pit burials which lent their name to the horizon as a whole. Generally, they are simple pits, though some more complex stone box structures (with an entrance through a well) have also been documented. They are found either isolated or clustered into big necropolises (Martín 1986).

- *Stone boxes from the Solsonès area ("Solsonià")*: located in the Pyrenees and Pre-Pyrenees, as well as in the upper part of the central depression, these are stone box burials. Normally, they are isolated or in small groups of two or three with vertical or horizontal access. Some authors have referred to them as "megalithic chambers" (Cura 1975 & 1992), while others have called them "Neolithic megaliths" (Castany 1992).

- *Dolmens with a corridor ("Empordanès")*: located in the north-eastern part of the region, these funerary structures are rectangular stone boxes with a tumulus over them and megalith structures with a subcircular chamber and a corridor made of stone (Tarrús 1987).

The descriptions and interpretations regarding these funerary practices continued throughout the 1990s, at times suggesting a somewhat evolutionary approach to the architecture of the structures (Martín & Tarrús 1991; Matín & Villalba 1999). The authors proposed a model according to which the structures evolved from the "simplest" burials to the more complex ones (with a lateral chamber), with the latter considered to be the predecessors of the collective hypogea later found in the Final Neolithic-Chalcolithic period and the Early Bronze Age.

Around the same time, more socio-economic interpretations also emerged, partly as a result of the discovery of very wealthy structures (such as "Bòbila Padró" in Ripollet) and the variscite mines of "Gavà-Can Tintorer". On this basis, the "Pit Burials" communities were considered hierarchical, while the territory they occupied was seen as limited to a well-defined area, differentiated from the "egalitarian" societies (Martín & Villalba 1999: 221).

The 90s saw a quantitative and qualitative leap in terms of the research and knowledge about these societies. Different kinds of studies have been conducted since and new analytical techniques introduced: archaeobotanical (Piqué 1993; Antolín 2013; Antolín et al. 2018) and archaeozoological studies (Saña 1994 & 1998), analyses of artefacts (Blasco et al. 1998; Clemente & Gibaja 1996; Terradas & Gibaja 2002; Gibaja 2003; Masvidal et al. 2005; Palomo 2012; Oliva 2015), funerary typologies (Mercadal & Vives 1992; Pou & Martí 1995; Pou et al. 1996; Gibaja 2004; Gibaja et al. 2010), analyses of subsistence patterns (Alaminós & Blanch 1992; Martín et al. 1996; Masvidal & Mora 1999; Saña et al. 2015), studies of the domestic areas (Plasencia 2016), and the exchange networks (Borrello et al. 2012; Fíguls et al. 2012; Vaquer et al. 2012; Weller & Fíguls 2012), as well as studies related to the socio-political organisation, especially as regards the sexual division of labour (Clemente & Gibaja 1996; Gibaja et al. 1997; Gibaja 2003; Duboscq 2017; Masclans 2017).

However, this research was fragmentary and based on a small number of sites. A research project that included all the works and that focused on a significant number of sites and materials using uniform approximation methodology was thus necessary.

This is precisely the kind of work that began to be performed in 2011 within the framework of research project HAR2011-23149 entitled "Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE Peninsular a través de sus prácticas funerarias" headed by Dr Juan F. Gibaja, of which this doctoral thesis is part. The aim of this project is a homogeneous and systematic analysis of new empirical data and new sites, using different kinds of new analyses and approximations on a more global scale, and utilising new synthesis studies.

As part of the project, technological and use-wear analyses of lithic, macro-lithic and bone tools have been performed (Gibaja & Terradas 2012; Masclans 2017; Masclans et al. 2016, Mozota & Gibaja 2015), as well as studies into the origins and sources of the raw materials (Terradas & Gibaja 2002; Terradas et al., 2014), anthropological and taphonomic characterisation of the individuals (Allièse 2016; Alliese et al. 2014), paleodietary research (Fontanals 2015; Fontanals et al. 2015; 2016), studies on the funerary practices (Allièse 2016; Allièse et al. 2014 Duboscq 2017; Roig et al., 2010; Martín et al. 2017), gender

relationships (Duboscq 2017), as well as this thesis, focusing on the chronology of the funerary practices and the exchange of raw materials (Gibaja et al. 2017; Morell et al. 2018A & 2018B).

Since 2015, new ongoing projects have been investigating the paleogenetics of these societies, which are likely to produce very interesting results: HAR2015-67323-C1-1-P "Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del mediterráneo nordoccidental: construyendo respuesta desde los análisis paleoantropológicos y genéticos" headed by Dr M<sup>a</sup>Eulàlia Subirà (Autonomous University of Barcelona) and HAR2015-67323-C2-2-P "Estudio antropogenético de la transición neolítica en el mediterráneo nordoccidental" headed by Dr Eduardo Arroyo (Complutense University of Madrid).

#### **1.4. THE CHRONOLOGY AND THE PERIODIZATION OF THE NORTH-EASTERN IBERIAN NEOLITHIC: DEBATES AND CONSENSUS.**

The periodisation of the Neolithic in the north-east of the Iberian Peninsula is still under discussion. This is partly caused by the fact that much of the available radiocarbon data is considered problematic due to the types of the samples used, the too high standard deviations or the poor association of the dates with the contexts. Traditionally, five periods have been established based on factors such as the morphology and decoration of the pottery, the models of the settlements, the techno-morphology of the stone and bone implements, the characteristics of the jewellery, the funerary practices and the treatment of the buried. These periods are: Cardial Early Neolithic, Epicardial Early Neolithic, Postcardial Neolithic, Middle Neolithic and Final Neolithic-Chalcolithic (Tarrús 1985; Mestres 1992; Miró 1994; Gibaja 2003; Molist et al. 2003; Martín et al. 2010).

This traditional periodisation is based on the chrono-cultural sequence (with strong parallels with those established for South-Eastern France) proposed by Jean Guilaine (Guilaine & Muñoz 1964). The French archaeologist divided the Neolithic of the north-east of the Iberian Peninsula into four phases: the Early Neolithic associated with *Cardial* and *Epicardial* pottery, the *Postcardial* Early Neolithic associated with *Montboló* ceramics, the Middle Neolithic related to the "Pit Burials" funerary practice and the Final



Neolithic-Chalcolithic associated with *Veraza* ceramic typology. Following the same chronological framework, on the basis of the first published radiocarbon dates (Muñoz 1965), the analysed archaeological sites were assigned to the respective periods during the seventies.

Around the same time, two different *Postcardial* groups were distinguished in the literature based on the pottery typology in the period between 5100-4900 and 4700 cal. BC. The first group is the *Montboló* type, found in the northern part of the region (the Ter River Valley), which can be assigned to the plain pottery horizon of the Western Mediterranean as the technology and morphology that it demonstrates is similar to those of the *Chasséen* horizon in France and the *Pit Burials* horizon in North-Eastern Iberia. The other group is the *Molinot* type characterised by closed globular vessels with symmetric handles decorated with a ribbon pattern. A few burials dating from this period have been also documented: a burial in the cave of “Can Sadurní” and some isolated pits in the Penedès region and the Ebro Delta region, such as the “Ca l’Estrada” settlement.

According to Martín and Villalba (1999), this period was followed by the Middle Neolithic, lasting from 4300 to 3500 cal. BC. The “Pit Burials” could thus be assigned to this period. The pottery of the Middle Neolithic was made from fine pastes and displayed smooth line shapes with *Chasséen* elements (Martín & Villalba 1999).

Finally, around 3500-3300 cal. BC, the material culture is believed to have changed significantly (subspherical ceramics, non-drilling press elements...), and so are the funerary structures, as the period saw the emergence of successive burials in collective hypogea (Martín & Villalba 1999). The *Veraza* pottery typology dating from this period has also been documented on both sides of the Pyrenees, though their study and characterisation is still ongoing.

All results of radiocarbon dating performed since then have more or less been assigned to this chrono-cultural periodisation. However, in many cases, the established chronological attribution to each of these periods has been somewhat adjusted by the different authors, thus making it rather difficult to propose a standardised and reliable chronology (Barceló 2008A; Antolín 2013; Oms et al. 2016) (Table 1).

<b>Phase</b>	<b>Periodisation according to Antolín 2013 &amp; Barceló 2008A</b>	<b>Periodisation according to Oms et al. 2016</b>
Cardial Early Neolithic	5400-5000 cal. BC	5500-4850 cal. BC
Epicardial Early Neolithic	5000-4500 cal. BC	4930-4420 cal. BC
Postcardial Neolithic	4500-4000 cal. BC	4690-3800 cal. BC Settlements: 4690-3790 cal. BC Inhumations: 4320-3850 cal. BC
Middle Neolithic	4000-3200 cal. BC	4250-3150 cal. BC
Late Neolithic-Chalcolithic	3200-2300 cal. BC	3560-2310 cal. BC

Table 1. Summary table of the two currently agreed periodizations.

Currently, the common proposal is that the Neolithic begins with the arrival of *Cardial* pottery from the Mediterranean coast and/or the south of France between 5800-4900 cal. BC. Unfortunately, stratigraphic gaps thwart any attempts at determining whether there was continuity between the Mesolithic and the Neolithic groups. Nevertheless, what the currently available data suggests is that the occupation of the area by Mesolithic groups was scarce and dispersed, while there was an absence of any population during the first half of the 4th millennium cal. BC, which would have facilitated the consolidation of the *Cardial* horizon (Morales & Oms 2012). Martín et al. suggest that the transition between *Cardial* and *Epicardial* groups could be explained by demographic pressure (Martín et al. 2010: 199-200). However, this explanation and interpretation should be regarded with caution since, as mentioned above, very few examples of funerary structures have been documented from both the *Cardial* period (just one in the “Cova Bonica” cave (Daura et al. 2019) and one in the cave of “Can Sadurní”), and only four from the *Epicardial* period: “Cova dels Lladres” (Ten 1986 & 1989), “Cova del Pasteral” (Bosch 1985), “Cova de

l'Avellaner" (Bosch & Tarrús 1990; Gibaja et al. 2018) and "Plaça Vila de Madrid" (Pout et al. 2010).

Likewise, there is diversity of opinion regarding the exact point of the transition from the end of the *Postcardial* horizon to the beginning of the Middle Neolithic "Pit Burials" horizon. Some authors believe the beginning of the "Pit Burials" horizon to be around 4300 cal. BC (Beeching 2007; Oms et al. 2016), while others suggest a point in time closer to 4000 cal. BC (Barceló 2008A; Martin 2009; Antolín 2013). According to the first group, some "Pit Burials" would have been contemporaneous with some *Postcardial* burials, such as "Els Mallols" (E114) and "Sant Pau del Camp" (E18). This theory could be supported by the newly available results of radiocarbon dating from the *Postcardial* sites of "Pujolet de Moja", "Ca l'Estrada", "Hort d'en Grimau" and "La Serreta" associated with *Molinot* pottery, which situate them around 4400-4100 cal. BC (Oms et al. 2016).

Moreover, new data suggests that individual inhumations in pits or stone boxes are not unique to the Middle Neolithic, but were also present in the Early Epicardial and Postcardial Neolithic. Some examples are: a group of stone boxes and chambers with a tumulus in Tavertet (Girona) (Molist et al. 1987; Cruells et al. 1992), pit and stone box burials in Amposta (Tarragona) (Bosch 1996) (it should, however, be noted that most of them have either not been dated at all or the results of their radiocarbon dating are very doubtful) and the aforementioned pit burials of "Hort d'en Grimau" and "Sant Pau del Camp" (Barcelona) (Mestres 1989; Granados et al 1991). Conversely, funerary contexts in caves ("Cova del Toll"), in non-sepulchral pits ("Timba dels Barenys") or in mine contexts ("Can Tintorer") dating from the Early Neolithic have also been documented.

Thus, new discoveries have called into question the traditionally defined homogeneity of the periodisation. Although the cultural "facies" have traditionally been assigned to a specific geographical and socio-economic framework, the funerary structures that characterise these cultural facies sometimes co-occur, sharing space and time. This co-occurrence has also been documented in the French "Chasséen" horizon, the North Italian "VBQ" horizon and in the "Chamblandes" burials (Bagolini 1990; Boujot et al. 1991;

Loison et al. 1991; Mahieu 1992; Bagolini & Grifoni 1994; Beyneix 1997; Loison 1998; Vaquer 1998; Chambon & Moinat 2007).

This evidence questions the chronological typology on which the periodisation of the Neolithic of the north-east of the Iberian Peninsula has traditionally been based, especially with regard to the very concept of the “Pit Burials” horizon. This concept, as will be proposed in this work, rather than a "cultural package", should be understood as a kind of funerary practice circumscribed within the frame of different social groups in different regions and during different periods.

## **1.5. DISCUSSION.**

In this chapter, an overview of the Neolithic in the north-east of the Iberian Peninsula has been provided, including the settlement patterns, and the funerary and economic practices. The currently still ongoing debate surrounding its chronology and periodisation has also been outlined. This review has focused particularly on the Middle Neolithic, because it is the period to which the issues addressed in this thesis are attributed.

Despite the peculiarities and particularities of the “Pit Burials”, very little was known about them until only a few years ago. The main reason for this was primarily the fact that very few had been safely documented and, since not much radiocarbon dating had been performed, the determined chronology of most of the structures was no more than a rough approximation based on the characteristics of their construction and the few items deposited as grave goods.

Looking at the geographical map of the main settlements documented up until now (Figure 1), it becomes clear that their distribution is unequal, both in terms of the volume of the archaeological record found there and the typological characteristics. This is due to the urbanisation process, especially at the beginning of the 21<sup>st</sup> century, which facilitated more preventive and urgent fieldworks in some areas (those closest to the coast), than in others (inland and mountains). This difference is the same in relation to the quality of the available data, since the more recently urbanised areas (Vallès, Penedès and Barcelonès) have the most well-known and well-investigated settlements.

Despite the incompleteness of the data, the Middle Neolithic “Pit Burials” have traditionally been considered a “cultural unit” of “agricultural and pastoralist” communities that shared a belief system. However, there was, in fact, not enough empirical data to draw conclusions about the economies of these societies and to homogenise their funerary practices.

Traditionally, it has been proposed that at the beginning of the “Pit Burials” cultural horizon, the settlement pattern changed from cave settlements to those in plain areas. The more documented presence of silo structures and mills, as well as the archaeobotanical evidence of domesticated seeds and fauna remains, have led researchers to propose a mixed settlement model based on agriculture and livestock. However, such archaeobotanical studies are generally scarce and fragmentary. Though the results are very interesting (Piqué 1993; Antolín 2013; Antolín et al. 2018), they fail to offer decisive conclusions about the type of agriculture practised (intensive or extensive shifting agriculture). Furthermore, apart from the archaeobotanical studies, the only other approach to investigating agricultural practices has been a technological and use-wear analysis of the lithic tools (Gibaja 2003), but in the absence of systematic studies of the storage capacities of the silos, it is difficult to arrive at general conclusions. There are only very fragmentary studies in very specific areas such as the Penedès (Mestres et al. 1998) or the “Can Gambús” sector of the “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis (Plasencia 2016).

The situation is the same with regard to the livestock practices. The studies suggest the presence of oxen, followed by ovicaprids and an occasional presence of suids. The animals were mainly used for traction (Saña 1994 & 1998). Nevertheless, these studies are also very fragmentary and based on very few sites (mainly the necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús” and the mines of “Gavà-Can Tintorer”). Moreover, there have been no specific isotope studies on animal remains, while paleodietary analyses are few and far between (Fontanals 2015; Fontanals et al. 2015 & 2017).

The lack of this type of studies makes it impossible to clarify the economic model of the occupation of the territory, especially in terms of such aspects as the grade of importance of the different kinds of productivity in the various sites and the possible self-sufficiency or the existence of complementary systems between the different areas.

Regarding the artefacts and raw materials that were transported over long distances, the exact periods in which these “exchanges” took place are not known precisely, while the exact areas of origin of honey flint has not been conclusively clarified. Moreover, although there are indications that not everyone had access to these artefacts and materials, it remains to be determined whether this differentiation of access was due to an uneven distribution depending on the needs of a particular group or whether this may have been the result of these items being controlled by a minority.

As mentioned above, the quantity and quality of the available archaeological record has improved substantially in recent years thanks to the project headed by Dr Juan F. Gibaja, who has undertaken homogeneous and systematic analyses of new data, sites, utilising a range of new analytical methods, approximations on a more global scale, as well as synthesis studies. This thesis is part of the project.

Establishing the exact chronology is indispensable for explaining and interpreting the funerary practices of the “Pit Burials” horizon. However, the discussion on temporality is still open, particularly in relation to the different types of burials, the presence of the materials and artefacts of foreign origin documented among the grave goods, and the transition between the traditionally accepted periods. As stated in the introduction, this thesis aims to fill this gap based on a new battery of radiocarbon dates and a number of large-scale analyses that address the chronology of this funerary practice.

Given the type of the available record, in this work, the “Pit Burials” are not considered a homogenous “culture”, but the term is instead used to refer to different communities whose common features make it possible to affirm that ideological and economic relationships existed between these communities, manifested in similar funerary practices and demonstrated by clear contacts and a common subsistence model based on agriculture and livestock. However, what the record also shows is that there was heterogeneity even within these shared elements, both in economic terms and in relation to the probable symbolism of some of the artefacts. These communities can thus not be regarded as a uniform group. Consequently, in this work, the term “Pit Burials horizon” will be used to refer to a social reality consisting of a set of communities which lived within a particular

temporal and geographical framework, shared common characteristics and were fundamentally linked to a certain funerary practice.

## **2. TIME AND ARCHAEOLOGY.**

### **2.1. INTRODUCTION.**

Time is important to archaeology and history, because both these disciplines study the past. Having a good understanding of time is one of the most important issues in our discipline, as our analyses are conditioned by our timescale of observation.

The definition of the concept of time is far from unequivocal, neither in archaeology, nor in any other discipline. Archaeologists have often not been able to explain exactly what we mean by such definitive terms of our discipline as “past” or “present”. We describe, to a certain extent, the content of those terms by using other more or less associated terms such as “period”, “phase” or “horizon”, by providing examples, but without offering unambiguous definitions.

In this chapter, the idea of time will be approached, and suggestions will be provided on how to deal with it. In the first part of the chapter, the ontological debate about what time is will be briefly explored. An overview of contributions by the main philosophers and scientists who have worked in this field will be presented, including a brief outline of how our understanding of the concept of time has been influenced by and has influenced the way we analyse and interpret the past, especially in relation to the idea of change.

Finally, a proposal on how to deal with time in archaeology will be presented, rooted in the principles on which the methodology used in this work is based. In general terms, the fundamental idea is that time is not an immaterial entity that exists by itself, independently of the tangible world, but it is instead a convention that allows measuring and ordering changes. In this sense, rather than trying to define what time is, the proposal formulated here addresses what it means to perceive and to sort changes in the archaeological record and how these can be analysed and interpreted.

At this stage, it is important to dedicate a few pages of this work to these aspects of a rather ontological and epistemological nature, since this discussion relates to the very principles on which not only the methodology of this work is based, but also the focus of the analysis and the interpretation of the results.



## 2.2. TIME AND ARCHAEOLOGY.

### 2.2.1. What is time? An ontological approach.

Although it is true that being aware of time is a product of human evolution, there is no empirical evidence confirming that we are born with a sense of temporal consciousness. The idea of time is not innate in us but is based on the development of language and mental constructs resulting from experience and action (Whitrow 1988). The ability to conceptualise time allows us to order and give meaning to our phenomenological evidence, which involves continuity, discontinuity and succession of events. Fundamentally, the way we experience time could be divided into five categories: (i) duration; (ii) non-simultaneity; (iii) order; (iv) past, present and (v) change, including the passage of time.

However, does time exist or is it only a subjective experience? We can see a clock, but we cannot see time. Time is what we measure with a clock, but what exactly is it that we measure? Is time real or just a tool or a convention? Is the division of time into past, present and future real or is it nothing more than a simply ordered series of moments we have experienced? These and many other questions concerning time have occupied the minds of thinkers and have been the subject of many a dispute throughout the history of philosophy.

Aristotle was one of the first philosophers to address the question of time. According to him, the concept of time could not be detached from the concept of change (“time is the measure of change”, as stated by him in *Physics* (chapter 12)<sup>2</sup>). The Greek philosopher supports his argument through phenomenological experience: though we cannot perceive time as such, we are nonetheless aware of the passage of time, because we can perceive “change”, “persistence” and “movement”. The conception of time is determined by the change and continuity of things, it can thus not exist independently of the occurring events.

In this sense, the categories of time are derived from our cognitive organisation of the physical world according to which we measure and determine the distribution and position of points and objects. Thus, Aristotle proposed that when we talk about time, we talk about

---

<sup>2</sup> Aristotle. (n.d.). *Physics Book IV* (R. P. Hardie & R. K. Gaye, Trans.). Chapter 12. Retrieved from: <http://logoslibrary.org/aristotle/physics/411.html>.

the temporal relationships between things and events. These relationships are: duration, succession and simultaneity.

These theoretical standpoints on time have traditionally been called either “reductionism” or “relationism” (Dowden 2016; Le Poidevin 1998; Markosian et al. 2016). Nonetheless, they have also been subject to criticism by other approaches, traditionally referred to as “platonism”, “absolutism” or “substantivalism”, which hold that time is something completely independent of physical things. The physicist Isaac Newton (1972[1726]), for example, was one of the main proponents of this perspective. He defined time (and space) as an empty container into which things and events could be placed and which existed regardless of what was placed in it, independently of motion and change. The philosopher Immanuel Kant suggested a theory of transcendental idealism. He believed that space and time “were not something objective and real”, but rather “subjective and ideal” (2002[1781]:403). Kant argues that time (and space) is *a priori*, while we use our subjective experience to characterise things as they appear, not as they are in themselves.

However, from an epistemological point of view, no empirical reason demonstrating that time exists independently of events has been documented to date. Even if there were such an empty period of time, there would be no way of demonstrating its existence or its length. Despite this, resolving the ontological debate regarding time seems to be a challenge, since it seems to be a purely semantic discussion.

Perhaps, replacing the word with an unclear meaning (“time”) with a concept defined in an empirically meaningful way, such as “movement” or “change”, could prove to be more useful from a methodological point of view. We do not perceive time as such, but the “change” or “movement” of events in time. In this sense, time is just a measure of the “movements” and “changes” of events which has no physical existence but is instead a property of what exists physically.

Thus, the clock is just a movement through which we measure other movements, thanks to the pattern of recurrence, regularity, uniformity and continuity. By using a periodic, recurrent, regular, uniform and continuous movement taken arbitrarily as a unit (the clockwise movements of the hand of the clock every second), we measure all the movements, changes and transformations of events around us.

From this point of view, events can be defined as particular incidents, occurrences or changes, such as the Storming of the Bastille in Paris on the afternoon of 14 July 1789 or the Storming of the Winter Palace in Saint Petersburg on 7 November 1920. According to Tableman and Kim (2003), events are constituted by an object (or a number of objects), a property or relation and an interval of time. Hence, two events are the same if both of them are constituted by the same object with the same properties at the same time.

However, we do not only perceive events, but also the temporal relationships between them or their sequences. According to Leibniz (1985[1675-1716]), the time order of events is mainly based on the before-after relationship:

1. Of any two events, either one is before the other or they are simultaneous.
2. If  $A$  is before  $B$ , then  $B$  is not before  $A$  (asymmetry).
3. If  $A$  is before  $B$  and  $B$  is before  $C$ , then  $A$  is before  $C$  (transitivity).
4. No event is before itself.

Thus, for any event, the measure of change (and, consequently, of time) could be based on when it happened, how long it lasted, what other events occurred simultaneously with it and, for any pair of non-simultaneous events, the measure of change determines which occurred first.

The philosopher McTaggart proposed two categories to sort events in time order: the *A series* and the *B series* (1927). The first one is based on tense (past, present and future) and arranges events into the past, the present and the future. This category presupposes the understanding of time as a continuum. Conversely, the *B series* is based on a conception of time as a succession (earlier than/before, later than/after). It orders events from earlier to later, treating them as a series of points or moments.

In this sense, according to McTaggart, the positions of events of the *B series* do not change: if, at one particular time, event  $C$  is earlier than event  $D$ , then at all times  $C$  will be earlier than  $D$ . By contrast, the positions of events of the *A series* do change; what is now present was once future and will be past. Thus, the *A series* is somehow prior to the *B series*, since *B series* event could be understood in terms of the *A series* ones. However,

the latter could not be understood in terms of the former. Hence, change cannot be perceived through the *B series* alone; *A series* events are a necessary condition.

Conversely, the Welsh philosopher Bertrand Russell criticised McTaggart's approach, defining change simply as a variation of properties over time (Russell 1929). Accordingly, an object changes when it is in a certain state at one time and, at a later time, it is no longer in that state. For this reason, Russell believed that ordering events in the *A series* was not necessary, since the *B series* was enough on its own.

The physicist Albert Einstein took a step forward by introducing the importance of the concept of “space” and its biunivocal relationship with “time” into the discussion (Einstein 1954). According to him, the only thing that physically exists is “matter” which continuously changes (“time”) its distribution or structure (“space”). If things are part of a continuum, there cannot be change (“time”) if there is no structure (“space”) to change alongside with it. Indeed, structures (“space”) cannot be in a continuum if there is no change (“time”). It is thus impossible to explain or analyse changes (“time”) independently of structures (“space”), nor structures (“space”) independently of changes (“time”).

The Theory of Relativity (Einstein 1954) has revolutionised the discussion. It proposed that time and space were not absolute, but relative, since they could differ depending on the reference frames or the coordinate system.

Discussing this issue properly and rigorously, however, is a task for physicists. For archaeologists, one of the most important things to take from this debate is that time is multi-layered. This means that historical events and changes occur at different temporal and spatial scales, which are a key aspect of their constitution. As said by Gavin Lucas (2005:43), “the implications of this are crucial for archaeological interpretation, indeed, it suggests that time is not simply a container or something separate from objects but part of their very definition”.

### **2.2.2. The concept of time in Archaeology.**

The theoretical implications of the notion of time and its impact on the explanation and interpretation of the archaeological record have been discussed from a wide range of perspectives (for example, Bailey 1987; Murray 1999; Karlsson 2001; Lock & Molyneaux, 2006; Holdaway & Wandsnider 2008).

Archaeological artefacts or phenomena are usually associated with temporally imprecise categorical definitions, such as the “Early Bronze Age”, or “Middle Neolithic” (Lyman & O'Brien 2006). As said by the archaeologist Enrico Crema (2015:315), “the great majority of archaeological data are based on a categorical definition of time that is characterised by higher levels of uncertainty in an undefined form. Dating generally involves the creation of arbitrary sets of artefact types grouped and linked to some spatio-temporal extents (i.e. an archaeological “period”, “phase” or “culture”)”.

Furthermore, the archaeological (and historical) representation of time is often cinematic (Bergson 1941). The archaeological term of “chronology” generally refers to the time as a uniform and linear phenomenon, something that follows a narrative direction, like a linear succession of points in a sequence (periods, years, stages...). According to such conception, temporal successions or sequences are understood as a series of intervals derived from divisions of a line, allowing neither gaps nor overlaps between them.

Within this framework, changes are usually considered as part of a sequence or a succession of moments. Evolutionary explanations or periodisations are examples of this conception of time (Lubbock 1865; Morgan 1877). They ignore the fact that time is multi-layered: changes and events happen at different scales or over different periods of time (Bayley 1981 & 1983; Brooks 1982; Fletcher 1991; Murray 1993, 1997). Changes, for example, could also be cyclical or involve increasing complexity over time, such as the history of the development of language or the origin of agriculture. In Barceló's words (Barceló 2008B: 26), “reducir la noción de tiempo arqueológico a un mero conjunto de fechas distorsiona aspectos muy importantes de la investigación al congelar el flujo del tiempo en unidades o entidades cerradas dentro de las cuales nada cambia, nada fluye e impone una visión del cambio social y de la evolución histórica en términos de escalones de estabilidad separados por periodos cortos de cambio”.

In a way, the Harris matrix (Harris 1991) also follows this linear notion of time, since it describes a sequence of events through spatial contiguity. Although it allows multilinearity, it infers the temporality of the site from the temporality of the sequence, forgetting the duration of its use. It does not take account of how long a deposit took to form or how long a structure was in use, it simply refers to when the deposit or the structure

was produced, whether it happened at the same time (contemporary), or before or after another one. Nevertheless, as the philosophical discussions reveal, time is also a duration: it is a complex relationship between duration, succession and contemporaneity.

The traditional conception of contemporaneity is also problematic. It is common in archaeology to consider two things to be contemporaneous because both of them belong to a certain period. However, this notion reduces contemporaneity to an instance of synchronism and forgets that contemporaneity is not a transitive relationship: just because A is contemporary with B and B is contemporary with C, it does not follow that A and C are contemporary. Two objects or events are not contemporary because they both date to the late 4<sup>th</sup> century BC; they can only be considered contemporary if their life spans overlap.

Allen's interval algebra, a calculus for temporal reasoning (Allen 1983), has been explored by some archaeologists as an approach to analysing contemporaneity (Binding 2010). Allen proposed different types of temporal relationships (Figure 10) that have a lot of potential application for developing more sophisticated chronologies or temporal descriptions in archaeology.

Relation	Illustration	Interpretation
$X < Y$ $Y > X$		X takes place before Y
$X m Y$ $Y mi X$		X meets Y ( <i>i</i> stands for <i>inverse</i> )
$X o Y$ $Y oi X$		X overlaps with Y
$X s Y$ $Y si X$		X starts Y
$X d Y$ $Y di X$		X during Y
$X f Y$ $Y fi X$		X finishes Y
$X = Y$		X is equal to Y

Figure 10. Different kinds of contemporaneity relationships according to Allen's calculus for temporal reasoning (Allen 1983).

Thus, as archaeologists we must be mindful of the differences of time scale and how

such differences affect our understanding of the past (Bailey 1981). If time is multi-layered and events occur at different times scales, each event will require a different chronological resolution. Consequently, in the following section, a proposal will be presented on how to approach time in archaeology in order to take due account of the complexity resulting from its multi-layered nature.

### **2.3. DEALING WITH TIME IN ARCHAEOLOGY: A PROPOSAL.**

The debate regarding the concept of time reveals that time does not exist as an autonomous physical entity which can be observed, described and measured. What exists is the evidence of change, while time is merely a dimension within which we operate, rather than a separate entity that exists independently of the archaeological record.

Archaeologists do not have access to the social actions that generated the changes observed in the archaeological record. Archaeologists deal with the so-called “reverse problems”: we aim to infer the causal mechanisms which produced the observable archaeological record. However, the archaeological record is not a chaotic aggregation of isolated, unconditioned and arbitrary events without any connection. The generation of material entities involves a process consisting of a sequence of successive actions and states. For example, the cause of the existence of a table is not that a board is related to four wooden legs, but that at a certain moment, a carpenter placed a specific board (produced beforehand) on particular wooden legs. Therefore, the carpenter’s work is the cause of the existence of the table, and the temporal process is constituted by the sequence of work actions during which a board was placed atop wooden legs (Barceló 2007 & 2009):

The goal of archaeology is to explain the path of the observed changes, ordering them in a sequence according to the specific characteristics resulting from the causal process generating such changes. The explanation of this trajectory is the explanandum of what happened in the past. In other words, archaeological research can be defined as the study of the invariabilities and changes in the archaeological record in relation to three different dimensions (time, space and materiality) and how these changes were produced or reproduced by social actions (Barceló 2009; Barceló et al. 2005).

The existence of an archaeological artefact is also an event, because at a precise time and place, it acquired certain properties such as a specific shape, size, composition or texture. This process implies that an earlier event must have taken place in an ordered sequence in which certain matter (defined by its characteristic traits) had been modified and had acquired other properties: it had changed (Barceló 2009; Barceló et al. 2014). In this way, answering a “when” question does not consist in simply giving a date, but instead in stating a relationship. The events must first be arranged in time order so that changes can be observed, and it is the order of changes that will answer the question “when”.

In this work, an event-based chronological analysis is proposed, based on the principle that an event should be treated as the analytical unit (Sewell 2005). However, the focus here is not as much on the temporality of a particular event as on the relationship between the temporalities of different events. As noticed by Buck (Buck & Millard 2004:5), if the objective is to measure the evidence of change, what must be done is to “take a collection of dates or temporal relationships for a series of individual events and combine them with other information to synthesise a chronology which may include the inferred dates of events for which no direct dating evidence is available”. In this sense, dating history should be understood as an analytical process involving the formalisation and structuring of different data sets, in order to define events and their causal relationships (Barceló 2009; Barceló et al. 2013).

However, how does one arrange events into a sequence? One of the main problems is that we infer our chronologies from indirect proxies, such as the spatial location where the artefacts were found (stratigraphy), their physical properties (the number of <sup>14</sup>C atoms they contain) or their stylistic or technological features (their particular decoration or techniques used). Thus, when dealing with temporality, we deal with variables that are not directly related to time. Unfortunately, this is the reason why our time estimations tend to be imprecise and uncertain, constantly revised and subject to updates. As said by Enrico Crema (2012:442), “our knowledge of time is heavily dependent on such continuous and perhaps never-ending updates”.

In addition, and for more uncertainty, the artefacts through which we intend to date an event were found together with the target object (dating an associated charcoal to a level of collapse, for example) (Dean 1978). This implies that the depositional processes should



be taken into account when we try to determine the temporality of an archaeological context or phenomenon. Different quantitative solutions have been proposed (for example, Bellanger et al. 2008; Buck & Sahu 2000 or Buck et al. 1992). Unfortunately, there is no universal solution, so the depositional processes continue to be a factor of uncertainty when establishing chronologies.

The nature of the archaeological record forces us to work with all these uncertainties. Although they cannot be eradicated, they can be identified in order to evaluate the degree of reliability of our sequences. In this work, it is proposed that the quantification of time, space and all the relevant information related to the event (and its context) are a useful tool to control and measure these uncertainties. If the data is uncertain, working with probabilities will be required. The purpose of a chronological analysis is thus to estimate the probability that some event started or ended at a particular moment in time (Doerr et al. 2004). As will be discussed in more detail in the next chapter (*chapter 3: Methodology*), if arranging a group of events into a sequence implies uncertainty, determining their chronology involves testing a statistical hypothesis, rather than making a direct inference (Bayliss & Bronk Ramsey 2004; Bayliss et al. 2007; Steel 2001).

## **2.4. DISCUSSION.**

In this chapter, an attempt has been made to highlight the importance of the conception of time when analysing and interpreting the past. Time does not exist. What we really perceive is the passing of events that we relate to one another through successions or overlaps. Time is a convention that facilitates the measurement of changes. Answering a “when” question does not consist in simply giving a date, but instead in stating a relationship, a change.

From this ontological point of view on the notion of time, an event-based chronological analysis has been suggested, whereby an event is to be regarded as the analytical unit. The main idea of the chronological analysis should be to determine the relationship between the temporalities of different events, that is, between changes. Unfortunately, our chronological estimations tend to be imprecise, uncertain and subject to constant updates, because we infer them from indirect proxies, while the palimpsest character of the material data and post-depositional processes must be taken into account.

In view of this reality, the quantification of time, space and the archaeological data is proposed here as a way to control and assess these uncertainties. Owing to the nature of the empirical record, the results that can be obtained are likely to be probabilistic rather than definitive, as much with respect to continuities and changes, as to the chronological sequences of the archaeological record.

In the next chapter, the methodological aspects of this work following the principles set out here will be covered. It will be explained in concrete terms how these uncertainties have been addressed, both in terms of the type of data used and the way this data was collected and analysed. As mentioned above, the main idea is that the chronology of an archaeological event should not be understood as an absolute entity, but rather as an inference process that integrates different kinds of information with a view to drawing the best possible conclusion from the available data.



### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo expondremos la metodología utilizada para intentar responder a las hipótesis y objetivos planteados en la introducción del trabajo.

Al ser las dataciones radiocarbónicas la principal fuente empírica de esta tesis, en primer lugar, trataremos los aspectos principales sobre este método de datación. Así, empezaremos por sus fundamentos básicos, los posibles factores de error que debemos tener presentes, qué es y cómo se realiza la calibración de una o un grupo de dataciones, qué tipo de muestras podemos fechar, cómo debemos tratarlas y, finalmente, comentaremos cuáles son las ventajas e inconvenientes del método. La idea no es profundizar en los aspectos más técnicos del proceso de datación por radiocarbono, pero sí trazar algunas líneas sobre sus principios y problemas básicos que consideramos importantes al fechar los contextos o fenómenos arqueológicos.

A continuación, abordaremos la estadística como una técnica que nos permite extraer muchísima más información cronológica que una mera datación en sí. No obstante, veremos que no todos los enfoques estadísticos son aplicables para este tipo de análisis y profundizaremos en los dos más extendidos actualmente: las técnicas estadísticamente descriptivas y los modelos bayesianos. En ambos casos profundizaremos en sus posibilidades y limitaciones, desarrollando el esquema de uso que hemos seguido a lo largo del trabajo y en los artículos publicados.

Finalmente, en la última parte del capítulo trataremos las cuestiones de carácter más empírico. Por un lado, comentaremos los datos disponibles con anterioridad a nuestro trabajo, así como aquellos generados en el marco del proyecto de investigación “Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias (HAR2011-23149)” dirigido por el Dr. Juan F. Gibaja y durante el transcurso de esta tesis. Haremos especial hincapié en los criterios de selección y caracterización empleados, en ciertas tendencias y/o patrones de la información disponible, así como en la ontología y la estructura de la base de datos creada para categorizar y sistematizar la base empírica del trabajo.

## 3.2. EL MÉTODO DE DATACIÓN POR RADIOCARBONO.

### 3.2.1. Introducción y fundamentos básicos del método

El método de la datación por radiocarbono fue desarrollado a mediados del siglo XX por el fisicoquímico americano Willard Libby (Libby et al. 1949; Libby 1962; Libby 1963), descubrimiento por el cual fue galardonado con el Premio Nobel de Química (1960). Hasta ese momento, la estratigrafía y la crono-tipología habían sido los medios de datación relativa empleados, por lo que el radiocarbono aparece como un método de datación independiente que permite contrastar los marcos temporales fijados hasta el momento.

Las primeras muestras arqueológicas fechadas a través del método del radiocarbono fueron fragmentos de madera (*Acacia*) de las tumbas egipcias del faraón Zoser en Sakkara y Sneferu en Meydum en 1948 (Libby et al. 1949; Hajdas 2009). Estas primeras fechas cuestionaron las periodizaciones de la Prehistoria europea y de las cronologías para el Próximo Oriente, estableciendo períodos más antiguos de lo que tradicionalmente se había creído. La nueva técnica supuso un cambio tan radical en los marcos cronológicos y en la manera de fechar en Arqueología en general, que incluso suele hablarse de la "primera revolución del radiocarbono" (Renfrew 1974).

El  $^{14}\text{C}$  es un isótopo cosmogénico, es decir, se genera por la interacción de los rayos cósmicos con la atmósfera. En concreto procede de la captura de un neutrón por parte de un átomo de  $^{14}\text{N}$  constituido por siete protones y siete neutrones. Una vez capturado el neutrón, este átomo de  $^{14}\text{N}$  se convierte en un átomo de  $^{14}\text{C}$ , que tiende a recuperar su tendencia atómica original. Seguidamente el  $^{14}\text{C}$  se oxida formando una molécula de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , y pasa a formar parte de la biosfera e hidrosfera. Así, el  $^{14}\text{C}$  llega a todos los seres vivos a través de la fotosíntesis y de la cadena trófica terrestre y marina. Dado que el  $^{14}\text{C}$  se genera continuamente en la atmósfera, y que los seres vivos intercambiamos constantemente carbono con el resto de la biosfera e hidrosfera, constantemente renovamos nuestra reserva de  $^{14}\text{C}$ , y de carbono en general, en una situación de equilibrio dinámico.

Además del  $^{14}\text{C}$  existen dos isótopos de carbón más: el  $^{12}\text{C}$  y el  $^{13}\text{C}$ . Sin embargo, tanto su naturaleza atómica como su nivel de concentración en la atmósfera son distintos.

Mientras que el  $^{12}\text{C}$  y el  $^{13}\text{C}$  constituyen el 98'89 % total de carbono, el  $^{14}\text{C}$  tan solo representa un 1'11%. Por otro lado, mientras que el  $^{12}\text{C}$  y el  $^{13}\text{C}$  son isótopos estables, el  $^{14}\text{C}$  es inestable o radioactivo, es decir, se desintegra paulatinamente. Así pues, cuando los seres vivos morimos, dejamos de incorporar nuevos isótopos de  $^{14}\text{C}$  en nuestro organismo, de tal forma que, a medida que pasa el tiempo, nuestra cantidad de  $^{14}\text{C}$  en relación a la cantidad total de carbono va disminuyendo.

Es gracias al carácter radioactivo del  $^{14}\text{C}$  que pudo desarrollarse el método de datación por radiocarbono. La técnica de medida concretamente se fundamenta en el llamado "fenómeno de decaimiento radioactivo de isótopos": debido al mayor número de neutrones (8) que de protones (6) en los núcleos, los isótopos tienden a recuperar su previo estado estable gracias a  $\beta$  partículas de emisión. Consecuentemente, lo que inicialmente era un átomo de  $^{14}\text{C}$  pasa a ser un átomo de  $^{14}\text{N}$ . La duración de este fenómeno se ha podido determinar en 5730 años, durante los cuales el porcentaje original de  $^{14}\text{C}$  en una muestra se reduce a la mitad.

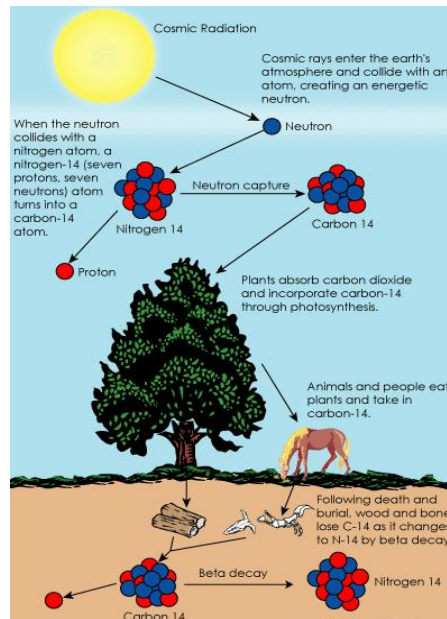


Figura 11. El ciclo del Radiocarbono (Fuente: [www.science.howstuffworks.com](http://www.science.howstuffworks.com)).

El patrón de este fenómeno de desintegración radioactivo es conocido y se ha formalizado de la siguiente manera:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

Donde  $N(t)$  es el número de núcleos que ha sobrevivido en el instante de tiempo  $t$ ;  $N_0$  es el número de núcleos que había inicialmente;  $\lambda$  una constante característica del isótopo radioactivo y  $t$  el tiempo.

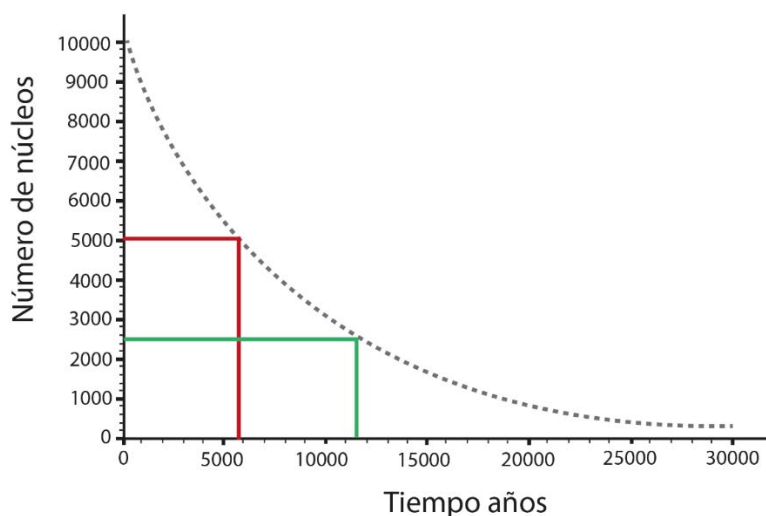


Figura 12. Gráfico del período de semidesintegración o semivida de un grupo de núcleos radioactivos (gráfico cedido por F.Javier Santos).

A partir de la constante  $\lambda$  se puede determinar el "período de semidesintegración" o "semivida", que es el tiempo que un grupo de núcleos radioactivos tarda en reducirse a la mitad. Tal y como puede observarse en el gráfico de la figura 12, en el caso del  $^{14}\text{C}$  este período es de 5730 años. Así, a partir de este momento una población inicial de 10.000 núcleos se habrá reducido a 5.000 y, tras otros 5730 años más, a 2.500, y así sucesivamente

hasta desintegrarse en su totalidad (Van der Plicht & Mook 1987; Aitken 1990; Bowman 1990; Mestres 2008).

A partir de la ecuación de decaimiento, que determina el contenido de radiocarbono de una muestra, se puede obtener el tiempo que una muestra lleva desintegrándose con esta función:

$$t = - \frac{1}{\lambda} \left( \frac{N(t)}{N_0} \right)$$

Donde  $\lambda$  es conocido,  $N(t)$  es el número de núcleos radioactivos en el momento en que hacemos la observación y  $N_0$  el número de núcleos que había inicialmente. De este modo, a menor cantidad de  $^{14}\text{C}$  en el momento de la medida, el valor tiempo ( $t$ ) aumenta. Así, cuanta menos cantidad de  $^{14}\text{C}$  presente una muestra, más antigua será; y cuanta más cantidad, más reciente.

No obstante, en realidad el valor de interés no es la cantidad de  $^{14}\text{C}$ , sino su relación con la cantidad total de carbono  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$  de la muestra. Si no fuese así, una muestra más grande que otra y que, por lo tanto, contuviese más carbono, presentaría un valor mayor de  $^{14}\text{C}$  que otra muestra más pequeña. Esta diferencia de tamaño no necesariamente sería indicativa de edades distintas, por lo que podría conducir a cálculos erróneos.

Por otro lado, el valor  $N_0$  (el número de núcleos que había inicialmente) no es un valor constante, pues puede verse afectado por factores de diversa índole que dificultan el cálculo de la ecuación de decaimiento y, tal como veremos a continuación, añaden incertidumbre a nuestros resultados.

### **3.2.2. Datación por radiocarbono e incertidumbre: los factores de error.**

Las dataciones absolutas no son "tan absolutas" como su nombre indica (Barceló 2008B). La medición, el proceso fisicoquímico que generó la fecha y su conversión en años calendáricos son procedimientos que conllevan altos grados de incertidumbre (Bayliss et al. 2007). La estimación de una edad radiocarbónica es una inferencia probabilística que debe tener en cuenta todos los factores que pueden inducir a error y/o incertidumbre (Buck et al. 1991; Bronk Ramsey 1998; Bayliss et al. 2007; Weninger et al.



2011). El grado de precisión y exactitud de una datación radiocarbónica depende de los protocolos empleados durante su realización y de los algoritmos utilizados para determinar el intervalo de probabilidad en que puede encontrarse la verdadera fecha. Tal y como veremos a continuación, este procedimiento no únicamente concierne a los físicos y químicos que realizan las tareas de laboratorio, sino también a los arqueólogos que seleccionan la muestra en el campo y comprueban su confiabilidad con el contexto.

### *3.2.2.1 Los problemas de medición: el fraccionamiento isotópico, el efecto reservorio y el efecto “freshwater o “hardwater”.*

Tal y como hemos comentado anteriormente, uno de los problemas fundamentales del método es el cálculo de la ecuación de decaimiento, que requiere el valor  $N_0$  (el número de núcleos que había inicialmente). Desafortunadamente este valor no es constante, porque puede verse afectado por dos factores: el fraccionamiento isotópico y el efecto reservorio.

El fraccionamiento isotópico es un proceso fisicoquímico que depende de la masa de las partículas, por lo que no presenta el mismo patrón entre partículas ligeramente más o menos pesadas. Un ejemplo de fraccionamiento isotópico es la fotosíntesis, que favorece la fijación de las moléculas más ligeras de  $\text{CO}_2$ , por lo que la concentración de  $^{14}\text{C}$  en una planta es menor que en la atmósfera, ya que proporcionalmente ha fijado más  $^{12}\text{C}$  y  $^{13}\text{C}$  que  $^{14}\text{C}$ . Esto, trasladado a la ecuación mencionada anteriormente, supondría que la planta sería más antigua que la atmósfera con la que intercambia el  $\text{CO}_2$ . Otro caso que funciona de manera distinta es el proceso de disolución de  $\text{CO}_2$  en el mar. Contrariamente, en este proceso se favorecen las moléculas más pesadas, incorporándose un mayor número de aquellas que contienen  $^{14}\text{C}$  que las que contienen  $^{13}\text{C}$  o  $^{12}\text{C}$ . Consecuentemente, el agua del mar, debido a este fenómeno, parece más moderna que la atmósfera.

Así pues, cada material que incorpora carbono presenta una concentración inicial diferente, por lo que materiales distintos y coetáneos no pueden compararse (la diferencia puede llegar a ser de hasta 400 años en los casos más extremos).

El proceso de fraccionamiento afecta a todos los isótopos, no sólo al  $^{14}\text{C}$ , sino también al  $^{13}\text{C}$  y al  $^{12}\text{C}$ . Además, se ha detectado una relación entre cómo varían las relaciones  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  y  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ , hecho que ha permitido determinar una función matemática para normalizar los valores de distintos materiales. Para ello se define un parámetro denominado  $\delta^{13}\text{C}$ , que

tiene un valor determinado aproximado para cada tipo de material, y que se obtiene a partir de la medida  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  de las muestras, en su comparación con otros materiales de referencia (Olson & Broecker 1958; Mook & Streurman 1983).

No debe confundirse el efecto de fraccionamiento con el efecto reservorio; son independientes el uno del otro, aunque ambos coexisten y, en muchas ocasiones, se anulan mutuamente.

La incertidumbre producida por el efecto reservorio viene determinada por lo que se conoce como "período de residencia". Este período determina el tiempo que un compuesto, una molécula o un isótopo permanece en un sistema determinado como la biosfera, la atmósfera o la hidrosfera. En los tres primeros, el período de residencia es relativamente corto en relación al período de semidesintegración del  $^{14}\text{C}$ , por lo que se supone que el intercambio de carbono debe ser rápido (Münnich et al. 1958; Stuiver & Braziunas 1993). De esta manera, las concentraciones de  $^{14}\text{C}$  deberían ser, en principio, similares a las que se generaron en la atmósfera en aquel determinado momento, por lo que las diferencias entre distintos materiales únicamente pueden ser debidas al efecto de fraccionamiento.

Contrariamente, en la hidrosfera el tiempo de residencia del carbono es bastante largo, alrededor de unos 1000 años. En este contexto el carbono procedente de la atmósfera se mezcla con el que está almacenado en la hidrosfera, que lleva alrededor de 1000 años allí y que, por lo tanto, ha perdido parte de su  $^{14}\text{C}$  inicial. Además, las zonas marinas más profundas presentan una importante concentración de carbono geológico libre de  $^{14}\text{C}$ , de tal modo que cuando las aguas más profundas se mezclan con las más superficiales, la concentración inicial también se ve modificada.

Todo esto implica que la concentración de  $^{14}\text{C}$  en la hidrosfera sea menor que la existente en la atmósfera. El mar y todos los seres vivos que de él obtienen el carbono parecen más antiguos de lo que en realidad son. Entre la datación de una muestra que ha vivido en la superficie terrestre y una procedente de un contexto marino, por ejemplo, puede haber una diferencia de hasta 400 años edad. Si la muestra procede del fondo marino, esta diferencia puede llegar a ser de hasta 1800 años. También se ven afectados por esta situación los restos óseos de individuos que a lo largo de su vida se hayan alimentado fundamentalmente de recursos marinos, así como aquellas muestras procedentes de lagos y ríos.

La incertidumbre generada por este efecto aumenta si la muestra fechada procede tanto de un contexto marino como de uno terrestre (individuos que han consumido una dieta marina y terrestre). En este caso es necesario llevar a cabo un análisis de isótopos estables ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{34}\text{S}$ ) para calcular los valores de cada uno de los tipos de alimentación y, a partir de estos, tal como desarrollaremos más detenidamente a continuación, construir una curva de calibración mixta que tenga en cuenta ambos porcentajes. Sin embargo, todavía no existe unanimidad respecto a los valores precisados o a los mejores procedimientos para obtener estos porcentajes, por lo que resulta difícil trabajar con precisión en este tipo de muestras (Cook et al. 2015).

Por añadidura, el efecto reservorio es muy variable geográficamente y tampoco ha sido siempre el mismo a lo largo de la historia, debido a los sistemas de circulación oceánica y a las variaciones climáticas (Stuiver & Braziunas 1993; Ascough et al. 2007)<sup>3</sup>. Por ello, tal como veremos más adelante, estas muestras se calibran con otra curva de calibración que tiene unos valores distintos a la utilizada para muestras terrestres (Stuiver et al. 1986; Reimer et al. 2013).

También debemos tener en cuenta el efecto *freshwater* o también llamado *hardwater*. Como en el caso anterior, tanto los organismos procedentes de estos contextos, como de ambientes marinos con aporte de este tipo de aguas (deltas, desembocaduras, etc.) o que hayan tenido una dieta rica en recursos procedentes de estos ámbitos, presentarán una edad aparentemente más antigua que la que en realidad tienen (Bowman 1990). Desafortunadamente, la corrección de este efecto también es complicada debido a la elevada variabilidad geográfica y cronológica (Ascough et al. 2010).

Así pues, tanto el efecto de fraccionamiento, como el reservorio y el *freshwater* o *hardwater* pueden implicar errores de medida que surgen durante la preparación de las muestras en el laboratorio. Aun así, su grado de error puede ser medido y se incluye en la desviación estándar asociada a las fechas que facilita el laboratorio sin calibrar.

---

<sup>3</sup> Pueden consultarse las variaciones temporales y locales de concentración de  $^{14}\text{C}$  en la reserva marina en la base de datos Chrono Marine Reservoir accesible online en: <http://calib.org/marine/> (Reimer & Reimer 2001).

### 3.2.2.2 De la Edad radiocarbónica a la Edad calendárica: la calibración.

La producción de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera depende de factores como la intensidad de los rayos cósmicos o el campo magnético solar y terrestre. Además, algunas acciones naturales, como las erupciones volcánicas, y humanas, como el consumo masivo de combustibles fósiles o las explosiones nucleares, también han afectado notablemente a la concentración de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera, por lo que ha sido variable a lo largo del tiempo (Aitken 1990; Bowman 1990; Kudela & Bobik 2004).

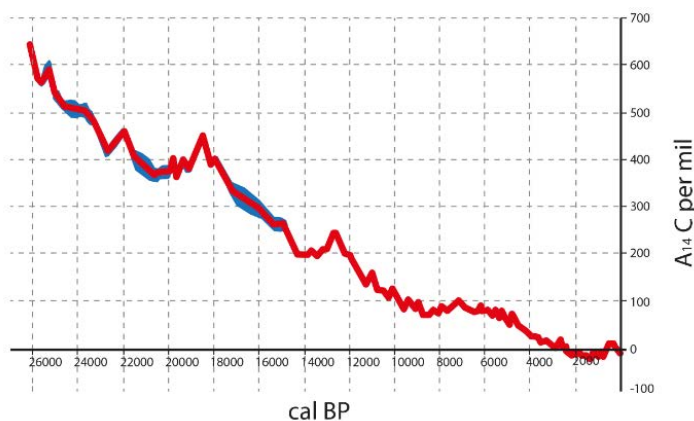


Figura 13. Variabilidad de la concentración de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera a lo largo de la Historia (gráfico cedido por F.J.Santos).

Sin embargo, si retomamos la ecuación por decaimiento, que nos permite calcular el tiempo que una muestra lleva desintegrándose, vemos que para obtener el valor tiempo ( $t$ ) se necesita el valor  $N_0$ , que depende precisamente del tiempo:

$$t = - \frac{1}{\Lambda} \left( \frac{N(t)}{N_0} \right)$$

Esta paradoja ha sido solucionada adoptando una edad convencional, la Edad de Radiocarbono (Edad BP). Sin embargo, las escalas temporales químico-físicas (degradación isotópica) y astronómicas (el movimiento relativo del sol y la tierra) no están clasificadas en las mismas unidades. Por este motivo, los años radiocarbónicos no son los mismos que los años calendáricos (Van Strydonck et al. 1999), por lo que debemos calibrarlos. Por calibración entendemos todo proceso estadístico que predice un valor a partir de su relación con otro. En este caso, se formuló una función que relacionara la escala temporal calendárica (histórica) con la escala temporal isotópica (químico-física).

Así pues, la Edad radiocarbónica (Edad BP) no es más que un concepto matemático, un convenio a partir del cual poder realizar los cálculos para determinar la edad calendárica de una muestra. El cálculo de la edad BP asume que el valor inicial de la concentración de  $^{14}\text{C}$  ha sido constante, tomando el valor conocido de la madera en el año 1950. Por otro lado, los valores obtenidos de las muestras deben ser normalizados por un fraccionamiento al valor del  $\delta^{13}\text{C} = -25\%$ . La ecuación matemática quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Edad BP} = 8033 \ln \left( \frac{Cmf}{CAbs} \right)$$

Donde  $Cmf$  es la concentración de  $^{14}\text{C}$  medida (m) en la muestra, corregida por el efecto de fraccionamiento (f), y  $CAbs$  la concentración que hemos definido como referencia. Así, el año 1950 se convierte en el año de referencia, de tal forma que los años deben expresarse en BP (*before present*), entendiendo como presente el año 1950.

La relación entre la edad BP y la edad cronológica real se calcula a través de la curva de calibración (Damon 1987; Pearson 1987; Van der Plicht & Mook 1987; Litton & Leese 1991; Dehlingh & Van der Plich 1993; Talma & Vogel 1993; Gruet 1996; Van der Plicht 2004), que ha sido construida a partir de muestras de edad conocidas por métodos independientes. Hasta los 12.000 años por Dendrocronología, hasta los 30.000 gracias a los fósiles de coral y al método de datación por uranio-torio y hasta los 48.000 fechando glaciares, sedimentos de lagos y estratigrafías geológicas (depósitos en cuevas, fundamentalmente). A partir de aquí, si se toma una muestra de la que se conoce la edad y

se realiza todo este proceso para calcular su edad BP, se puede determinar qué valor BP le corresponde a esa edad cronológica. Haciendo esto para todas las edades cronológicas posibles, se ha podido construir una curva que para cada edad cronológica determina su edad BP y para cada edad BP de una muestra conocida, determina sus valores posibles de edad cronológica. Sin embargo, esta relación no es biunívoca (relación que se expresa en la irregularidad de la curva), porque como ya hemos apuntado, la concentración de  $^{14}\text{C}$  en la atmósfera ha ido cambiando a lo largo de la historia (Aitken 1990; Bowman 1990; Hedges & Pettitt 1999; Petchey & Higham 2000). Esto significa que, mientras que a una edad cronológica le corresponde una única edad BP, a una edad BP le pueden corresponder varias edades cronológicas.

Hessel de Vries (1958) fue el primero en realizar una revisión dendrocronológica que resolviera el desajuste temporal existente entre las primeras dataciones radiocarbónicas y los testimonios escritos. Años más tarde, W. Ferguson estableció una secuencia cronológica de unos 8.000 años a partir de la cual Hans E. Suess (1970) diseñó la primera curva de calibración. La introducción de la calibración en las dataciones radiocarbónicas volvió a mover las cronologías establecidas hasta el momento, retrasándolas todavía más hacia el pasado. La introducción de la calibración también ha sido llamada la “segunda revolución del radiocarbono”.

Las calibraciones pueden presentarse a un sigma ( $1\sigma$ ) o dos ( $2\sigma$ ). El primer caso significa que, si la calibración se repitiese un número infinito de veces, el 68.2% de los intervalos de confianza calculados comprenderían la verdadera fecha de la muestra, mientras que a  $2\sigma$  lo harían el 95.4% de los intervalos. Así, si bien en el segundo caso el intervalo siempre será más amplio, hay más probabilidad de que la fecha real se encuentre en él.

Los intervalos de calibración no son simétricos y su tendencia central no es estadísticamente significativa. Por este motivo no es posible proponer que la verdadera fecha se encuentre en el punto central del intervalo de calibración y que esta probabilidad disminuya a medida que nos separamos de este punto (Van der Plicht & Mook 1987; Strydonck et al. 1999; Gómez-Portugal et al. 2002; Guilderson et al. 2005). Tampoco se puede tomar la media o la mediana de ninguna parte del intervalo, ya que, como hemos dicho, no existe una tendencia central, de tal modo que un único valor no supone un

resultado satisfactorio. Así pues, para presentar y analizar los resultados con rigor, debemos tener en cuenta todo el intervalo de probabilidad. A pesar de que este será siempre menos preciso, será más cuidadoso, en tanto que la "verdadera" fecha se encontrará en algún punto entre su inicio y su final (Dehlingm & van der Plicht 1993; Buck et al. 1996; Bronk Ramsey 1998; Telford et al. 2004; Blaauw et al. 2007; Blockley et al. 2007).

La curva más reciente publicada hasta el momento es la *IntCal 13* (Reimer et al. 2013) empezando desde hace 48.000 años. Esta curva se utiliza para calibrar muestras terrestres procedentes del hemisferio norte. Existen otras para el hemisferio sur (*SHCal04.14C*) y para muestras marinas (*Marine04.14C*), ya que, como hemos comentado anteriormente, la cantidad de  $^{14}\text{C}$  puede variar entre diferentes áreas geográficas y es distinta en la hidrosfera (Figura 14.)

La función de calibración del  $^{14}\text{C}$  es una reducción estadística de una nube de puntos fundamentada en los datos disponibles sobre la relación entre las dataciones por  $^{14}\text{C}$  y las dataciones obtenidas por otros métodos independientes. Por este motivo, cuando un intervalo de la curva presenta varios picos, quiere decir que hay más puntos fechados en ese tramo y, por lo tanto, el error de calibración es menor y la fecha más precisa. Contrariamente, cuando la curva es llana significa que en ese tramo no existen muchos puntos fechados, por lo que el error de calibración es más amplio y la fecha menos precisa (Aitchison et al. 1991). Los softwares que interpolan los puntos, como *Calib* (Stuiver & Reimer 2013), *OxCal* (Bronk Ramsey 1998) o *CalPal* (Jöris & Weninger 2004), pueden hacerlo de manera diferente, motivo por el cual pueden presentar resultados ligeramente distintos, pero equivalentes (Gómez Portugal et al. 2002; Blackwell & Buck 2004).

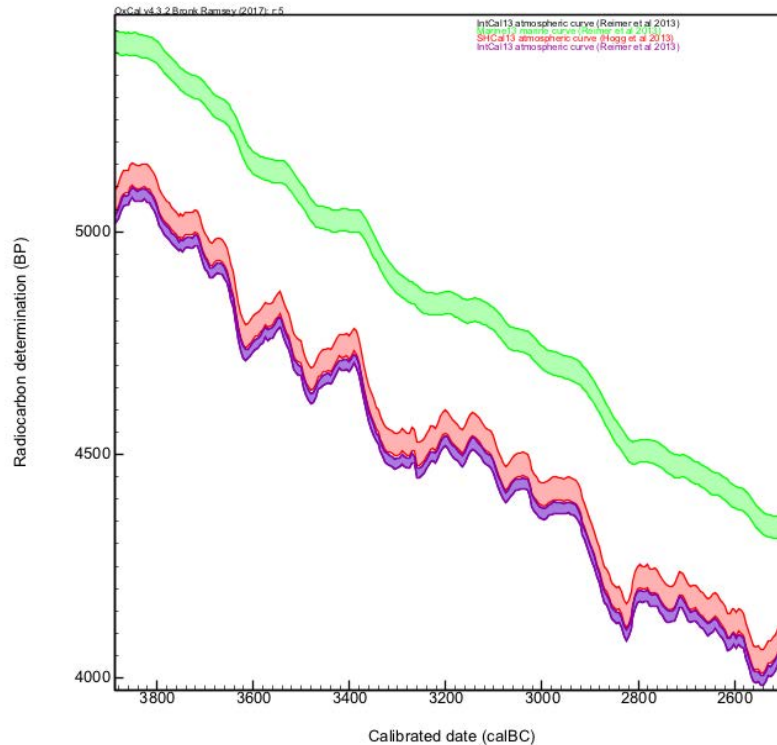


Figura 14. Tramo de las curvas de calibración IntCal 13, SHCal13 y Marine 13.

### 3.2.3. ¿Qué y cómo podemos fechar?

A pesar de que desde los inicios de la introducción del método se resaltaron las dificultades y peligros de fechar un evento o fenómeno arqueológico a través de un evento isotópico (Waterbolk 1971), a día de hoy la selección adecuada de la muestra a fechar y del contexto sigue siendo una de las principales fuentes de error.

En primer lugar, es importante que nos preguntemos con claridad qué es lo que queremos fechar y cuál es nuestro objetivo (el uso de un suelo, la destrucción de un nivel, el momento de actividad de un hogar ...). Existe una cierta tendencia a utilizar las fechas radiocarbónicas tan solo como una justificación de la cronología general, sin expresar todas sus posibilidades.

El método permite fechar cualquier material procedente de un ser vivo. Concretamente todos aquellos restos orgánicos de entre 200 y 50.000 años de antigüedad. Se distinguen



dos tipos de muestras: las de vida corta y las de vida larga. Las primeras son aquellas en las que ha habido un lapso corto de tiempo entre el momento de absorción isotópica y el comienzo de su desintegración (semillas, frutos, huesos humanos y de fauna ...); mientras que las de vida larga son aquellas en las que existe un lapso de tiempo mayor entre el proceso de absorción isotópica y el comienzo de su desintegración (la madera, por ejemplo).

A este respecto, se recomienda fechar muestras de vida corta halladas *in situ* y que sean representativas del contexto arqueológico que queremos fechar. Por ejemplo, en el caso de las semillas carbonizadas, es importante que se hayan encontrado agrupadas y no dispersas en un mismo nivel, ya que así tendremos la certeza de que su deposición fue contemporánea.

Los huesos (tanto humanos como de fauna) también son muestras de vida corta. Lo que fechamos del hueso es su porción orgánica, el colágeno, que requiere un pretratamiento y un proceso de extracción complejos (Bowman 1990). Además, no todos los huesos pueden ser fechados, ya que no siempre presentan niveles suficientes de colágeno, ya sea por su antigüedad, por las características del suelo, por las temperaturas a las que hayan sido expuestos, etc. (van Klinken 1999; Snoeck et al. 2016; Strydonck et al. 2016). En este sentido, se recomienda fechar huesos largos, como fémures, evitando los cortos y poco espesos, como las costillas. Asimismo, es preferible seleccionar la parte trabecular, ya que en ella el reemplazo entre el colágeno y el  $^{14}\text{C}$  suele ser más rápido que en la parte cortical (Ubelaker et al. 2006). Por otro lado, tal como hemos comentado anteriormente, es importante que las dataciones de huesos se acompañen de análisis de isótopos estables para corregir el posible "efecto reservorio" en caso de que sea necesario (Boretto 2009).

Las muestras procedentes de fragmentos de madera o de carbones por combustión de madera (muestras de vida larga) tienen un problema particular, que se conoce como "efecto de madera vieja" (Waterbolk 1971; Shiffer 1986; Bowman 1990; Ashmore 1999), que dificulta asegurar su sincronía con el evento arqueológico que se pretende fechar. Tal y como hemos comentado anteriormente, el momento en que un organismo deja de intercambiar  $^{14}\text{C}$  con la atmósfera no necesariamente debe coincidir con el evento arqueológico que queremos fechar. En el caso de este tipo de muestras lo que en realidad estamos fechando es el momento en que el árbol o la planta fueron cortados. A partir de

aquí, un trozo de madera, por ejemplo, puede haber sido utilizado y reutilizado durante diferentes fases de construcción de un hábitat, por lo que la cronología isotópica de la muestra probablemente sea más antigua que el evento arqueológico que se quiere datar ( Dean 1978; Schiffer 1986; Ashmore 1999).

Así pues, debemos tener en cuenta este efecto al analizar o tomar muestras de este tipo de materiales, sobre todo cuando pretendemos compararlas con otras muestras de vida corta. Para intentar reducir la incertidumbre intrínseca en su naturaleza, Manning (1999), a través del cálculo del promedio de vida de los árboles, ha estimado que en los sitios arqueológicos del Mediterráneo pueden encontrarse, de manera aleatoria, carbones que son aproximadamente 50 años más antiguos o más recientes que el evento arqueológico que se desea fechar.

De la misma manera que existen tipos de muestras más favorables, también existen contextos arqueológicos más fiables. En este sentido, es aconsejable fechar estratos de deposición primaria y que representen eventos de corta duración (un nivel de destrucción, un pavimento, un hogar...), estratos identificados por un conjunto cerámico seguro, acumulaciones de semillas o carbones en un mismo sitio (como una vasija), contextos en los que haya una clara asociación de las muestras con estructuras más grandes (como carbones en un hogar o en un horno) o huesos en articulación. En la siguiente tabla (Tabla 2) se muestran los niveles de representatividad de las muestras propuestos por Waterbolk (1971:15-16) en función del grado de certidumbre en relación al contexto arqueológico que desea fecharse:

<b>1. Completa probabilidad</b>	La muestra datada procede del propio objeto arqueológico (madera de una canoa, rueda de un carro, material orgánico de un recipiente cerámico, poste de un hábitat ...).
<b>2. Bastante probabilidad</b>	Existe una relación funcional directa entre la muestra y los objetos arqueológicos (carbón procedente de una urna, hogar en el pavimento de una casa ...).
<b>3. Relación probable</b>	No se ha demostrado una relación funcional entre la muestra y el material arqueológico. Sin embargo, la cantidad de materia orgánica y el tamaño de los fragmentos respaldan esta relación (concentración de carbones en un basurero o en un nivel de ocupación, por ejemplo).

<b>4. Relación posible</b>	Se trataría de la misma situación que el ejemplo anterior. No obstante, los fragmentos tendrían un tamaño menor y se encontrarían dispersos (por ejemplo, tierra oscura en un nivel de ocupación restos de carbón de pequeñas dimensiones en una sepultura).
----------------------------	--

Tabla 2. Clasificación de los niveles de representatividad de las posibles muestras isotópicas que podemos encontrar en un contexto arqueológico. Tabla propuesta por Waterbolk (1971:15-16) y Lozano (2017).

En el campo es importante que las muestras se cojan con guantes y herramientas metálicas y que se guarden en papel de aluminio, vidrio o bolsas de plástico para evitar posibles contaminaciones. Debe evitarse el uso de papel o fibras vegetales, así como la aplicación de consolidantes o pegamentos.

Existen dos tipos de técnicas que permiten detectar la cantidad de  $^{14}\text{C}$  presente en una muestra: las técnicas radiométricas, desarrolladas en la década de los años 60 y 70, y la espectrometría de masas (también llamada técnica por AMS, del inglés: *Accelerator Mass Spectrometry*), que apareció a mediados de los años 80 del siglo XX (Nelson et al. 1986). Las técnicas radiométricas detectan los electrones que emite el núcleo de  $^{14}\text{C}$  en su desintegración (radioactividad), a través de detectores de centelleo líquido y gas. Por su parte, las técnicas de espectrometría separan y cuentan el número de partículas de  $^{14}\text{C}$  presentes en la muestra (Hajdas 2009). Las primeras tienen la desventaja que requieren tiempos de medidas bastante largos (horas o incluso días en el caso de muestras muy antiguas), así como varios gramos de material. La espectrometría de masas, en cambio, tiene un tiempo de medida por debajo de una hora y tan solo precisa varios miligramos de muestra. Sin embargo, mientras que los equipos radiométricos son sencillos y relativamente baratos, el equipo necesario para la espectrometría de masas y su mantenimiento tienen un coste elevado. No obstante, su descubrimiento e introducción ha reducido considerablemente los errores de medida en las últimas décadas.

### 3.2.4. Las ventajas e inconvenientes del método

Una de las principales ventajas del método es que permite obtener una datación

absoluta. Es decir, no solo ordena una secuencia de sucesos, sino que nos permite asignar a cada uno de ellos una edad concreta dentro de un intervalo de probabilidad.

El período de semidesintegración del  $^{14}\text{C}$  abarca entre 45.000 y 50.000 años de actividad, por lo que se ajusta muy bien a la historia de las últimas ocupaciones neandertales y sapiens en Europa. Además, existe un amplio abanico de materiales susceptibles de ser datados, de manera que con relativa facilidad pueden obtenerse muestras en cualquier contexto.

No obstante, el método también presenta algunas desventajas. A pesar de que con la introducción de la espectrometría de masas la cantidad de muestra requerida es muy poca, sigue siendo un método destructivo. Por otro lado, si bien el abanico de materiales susceptibles de ser fechados es muy amplio, está limitado a los materiales de origen orgánico y no puede aplicarse a otro tipo de materiales, caso de los restos cerámicos o de cristal, también muy presentes en los contextos arqueológicos.

Otro de los principales problemas del método que hemos abordado a lo largo de este capítulo es la relación no directa entre la muestra que se decide mandar al laboratorio y el evento que deseamos fechar. Esto nos obliga a ser cuidadosos al seleccionar las muestras que deseamos fechar, dando prioridad a las de vida corta halladas *in situ*. Si no es posible, se debe tener en cuenta el "efecto madera vieja" intrínseco en los fragmentos de madera o los carbones, ya que es posible que nos den resultados más antiguos que el contexto que queremos fechar. Por lo que respecta a los huesos, si bien son muestras de vida corta, tal y como se ha apuntado, es importante que vayan acompañados de análisis de isótopos estables que verifiquen o refuten el "efecto reservorio" como consecuencia del consumo de recursos marinos. Y es que si no se valora este efecto podríamos obtener resultados erróneos.

Otra dificultad añadida al método también comentada es la relación no biunívoca entre la escala calendárica y la escala BP. La no simetría entre las dos escalas da resultados que no son absolutos, sino intervalos de probabilidad en el sí de los cuales puede encontrarse la "verdadera" fecha.

En resumen, solemos estar acostumbrados a considerar el método de  $^{14}\text{C}$  como un procedimiento de "datación" absoluto olvidando, a veces, las incertidumbres que implica la conversión de una medida químico-física a una referencia calendárica. Esta conversión

no es precisa, ya que no solo conlleva el propio carácter aleatorio del proceso isotópico, sino también los errores de medida, procesamiento y calibración. Los análisis estadísticos y el cálculo de modelos bayesianos de dataciones radiocarbónicas han tenido como objetivo paliar este problema intrínseco en la naturaleza del método y conseguir disminuir su incertidumbre. A continuación, en la segunda parte del capítulo abordaremos estas propuestas.

### **3.3. RADIOCARBONO Y ESTADÍSTICA**

#### **3.3.1. Introducción**

De una datación radiocarbónica puede inferirse mucha más información que la mera datación en sí. El desarrollo y la aplicación de métodos estadísticos han permitido dar un paso más allá en el análisis de este tipo de datos mejorando la precisión de las discusiones temporales en Arqueología.

A grandes rasgos, podríamos decir que los análisis cronológicos tienen el propósito de estimar la probabilidad de que determinados eventos hayan empezado o acabado en un momento particular (Doerr et al. 2004). Sin embargo, más que una inferencia directa, este objetivo requiere la prueba de una hipótesis estadística.

Definir un período histórico o la permanencia de una determinada práctica funeraria, por poner un ejemplo, significa delimitar un intervalo de tiempo en el que un número indeterminado de eventos sucedió. Definir un límite temporal a partir de un único evento isotópico (esto es, una única datación) no es suficiente, sino que es necesario comparar los intervalos de probabilidad de varias dataciones (Bronk Ramsey 1995 & 2001; Barceló 2008B; Steele 2010; Williams 2012; Capuzzo 2014; Contreras & Meadows 2014). Esta comparación, sin embargo, no puede hacerse a simple vista, ya que, tal y como hemos abordado anteriormente, no se trata de comparar un único valor calendárico, sino varios intervalos de incertidumbre.

Este es el motivo por el cual la estadística es una herramienta fundamental para poder analizar con rigurosidad nuestros datos cronológicos. No obstante, al tratarse de intervalos no simétricos, no todos los enfoques estadísticos son aplicables. A continuación, nos

centraremos en los dos más extendidos en el campo de la datación por radiocarbono y que se han empleado en esta tesis: los análisis estadísticamente descriptivos y las modelizaciones bayesianas.

### **3.3.2. El análisis estadísticamente descriptivo de dataciones radiocarbónicas**

La estadística descriptiva se caracteriza por explicar, ordenar y/o resumir cuantitativamente las características de un grupo de datos. El enfoque se sostiene en la idea de que los datos cuantitativos son la única fuente de información relevante. A partir de aquí, este tipo de estadística aborda frecuencias de probabilidad conjeturando una serie infinita de experimentos idénticos y repetibles. Así, un intervalo de confianza del 95%, por ejemplo, se interpreta como que existe una probabilidad del 95% de que el parámetro que desconocemos se encuentre en alguno de sus puntos. No se trata de la prueba de una hipótesis, ya que únicamente se apunta lo que sucedería a largo plazo si el experimento fuese continuamente repetido. El enfoque descriptivo infiere probabilidades a través de la observación y de los datos, asumiendo que la hipótesis nula es cierta.

No obstante, describir estadísticamente un grupo de datos no es lo mismo que realizar una inferencia sobre ellos. Para probar una hipótesis es necesario dar un paso más allá y determinar la probabilidad de que la hipótesis nula sea verdadera dada la información observada. La estadística descriptiva es útil para observar ciertas tendencias, grados de variabilidad o dispersiones en un conjunto de datos, tales como el cálculo de la media, la mediana o la desviación estándar, pero no verifica ni refuta hipótesis. Aun así, se trata de una herramienta fundamental que debería ser empleada previamente sobre cualquier otro análisis estadístico, porque nos permite realizar descripciones de los datos disponibles, a partir de las cuales formular nuestras hipótesis sin dejarnos llevar por impresiones preliminares y subjetivas. Esto es, dotar a nuestras preguntas de fundamento y consistencia empírica.

En los siguientes subapartados desarrollaremos con mayor profundidad las dos técnicas estadísticamente descriptivas más comúnmente utilizadas en el análisis de dataciones radiocarbónicas y que han sido empleadas en este trabajo: la prueba de Chi-Cuadrado y la Suma de Distribuciones de Probabilidad.

### 3.3.2.1. La prueba de Chi-Cuadrado.

Esta prueba estadística permite combinar diferentes fechas de un mismo evento arqueológico con el fin de conseguir una estimación más precisa y evitar una posible sobrerrepresentación de los datos. La función evalúa la consistencia estadística de la superposición de los intervalos de probabilidad de las diferentes dataciones. Concretamente, la prueba calcula la media estimada del conjunto de fechas y la compara con cada una de ellas individualmente. También estima un error total de conjunto, resultado de la combinación de las desviaciones típicas de todas las dataciones. Si el resultado es estadísticamente consistente, puede interpretarse que las muestras combinadas fueron contemporáneas en el tiempo. Cuantas más dataciones tengamos de un mismo evento, más precisa y fiable será la fecha obtenida (Long & Rippeteau 1974; Ward 1978).

Este test suele utilizarse con dos finalidades distintas: en primer lugar, para combinar dos o más dataciones procedentes de un mismo organismo (el fémur y el húmero de un mismo individuo, por ejemplo) y evaluar si sus mediciones son coherentes entre sí o si existen errores de medición; en segundo lugar, para probar el grado de contemporaneidad de una serie de fechas que, desde el punto de vista arqueológico, se considera que podrían ser próximas en el tiempo (diferentes enterramientos en una misma sepultura o necrópolis, por ejemplo). Para el primer caso, el software *OxCal* utiliza la función llamada *R\_Combine* y, para el segundo, la función *Combine* (Bronk Ramsey 2009).

La figura 15, representa un ejemplo hipotético: supongamos que tenemos dos dataciones procedentes de un mismo individuo de un enterramiento (Ind1\_Húmero  $5475 \pm 20$ , calibrada: 4358-4266 cal BC y Ind2\_Fémur  $5460 \pm 30$ , calibrada: 4356-4258 cal BC), que presentan resultados ligeramente distintos. La función ha combinado las dos fechas y nos propone una nueva fecha fruto de esta combinación (Ind1\_Húmero\_y\_Fémur  $5470 \pm 17$ ): 4355-4266 cal BC.

A pesar de que el intervalo propuesto es ligeramente más amplio que el sugerido por la datación Ind2\_Fémur, es más fiable, ya que se fundamenta en dos dataciones y no solo en una, por lo que los errores de ambas se corrigen mutuamente.

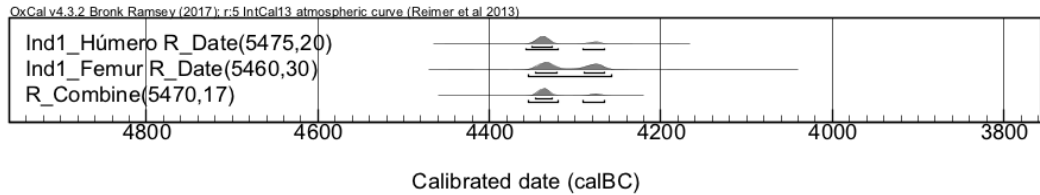


Figura 15. Gráfico de la simulación de la combinación de dos fechas radiocarbónicas procedentes de un mismo individuo a través de la prueba de Chi-Cuadrado. Ha sido realizado con el software OxCal v.4.3 (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al. 2013).

### 3.3.2.2. La Suma de Distribuciones de Probabilidad

La Suma de Distribuciones de Probabilidad (a partir de ahora SDP) es una herramienta estadística que permite combinar un conjunto de fechas a través de la suma promedia de sus distribuciones de probabilidad sin reducir sus márgenes de error. En términos matemáticos, la SDP calcula la tendencia central y la dispersión de la distribución de los datos a escala calendárica modulados por la incertidumbre del intervalo de calibración al que pertenecen (Aitchison 1991).

Esta función permite tener en cuenta todo el espectro de probabilidades del conjunto de dataciones y no tan solo un punto central en el intervalo. Así, propone como resultado un único intervalo de probabilidad, que define un período hipotético, y que es el resultado de sumar los distintos intervalos individuales de cada una de las fechas analizadas. En resumen, la SDP permite calcular la probabilidad de que eventos independientes hubiesen ocurrido en un momento particular.

La arqueóloga Barbara Ottaway propuso que esta función podía ser útil para identificar continuidades y/o discontinuidades en la frecuencia de dataciones disponibles para un determinado período o fenómeno arqueológico (Ottaway 1973a, 1973b & 1986), así como su duración. A partir de aquí, se planteó que los picos de frecuencia que aparecen proyectados en el gráfico de la función de distribución podían ser interpretados como una mayor frecuencia de la actividad humana en esos intervalos, mientras que los valles indicarían todo lo contrario.

En una línea similar, la SDP también ha sido empleada para evaluar la ocurrencia temporal de variables fechadas (Gamble et al. 2005; Barceló 2008B; Steele 2010;



Caracuta et al. 2012; Williams 2012; Capuzzo 2014; Wicks et al. 2014; De Mulder 2016) o como una inferencia de un análisis demográfico. Estos últimos asumen que existe una correlación directa entre el volumen de población y la producción, preservación, recolección y análisis de muestras con posibilidades de ser fechadas por  $^{14}\text{C}$ , por lo que una mayor concentración de radiocarbono puede interpretarse como un aumento demográfico (Gkiasta et al. 2003; Gamble et al. 2005; Turney et al. 2006; Shennan & Edinborough 2007; Buchanan et al. 2008; Smith & Ross 2008; González-Sampériz et al. 2009; Oinonen et al. 2010; Johnson & Brook 2011; Peros et al. 2010; Pesonen et al. 2011; Armit et al. 2013; Miller & Gingerich 2013; Shennan et al. 2013; Crombé & Robinson 2014; García Puchol et al. 2015; Bernabeu et al. 2016; Darke et al. 2016).

No obstante, opinamos que no podemos dar por supuesto que los picos y valles en la distribución correspondan necesariamente a cambios en la dinámica social y/o demográfica o bien sean el resultado de fluctuaciones estadísticas y muestrales, producto de los sesgos generados por la investigación (financiación, determinados intereses ...) o una generación y preservación diferente del registro más reciente, por ejemplo, por lo que consideramos que este tipo de resultados deben interpretarse con precauciones, teniendo en cuenta el grado de fiabilidad de los datos analizados (Surovell 2009; Weninger et al. 2009; Torfig 2015).

Las simulaciones realizadas por Mychzynsky (2004) y Balyss et al. (2007) han demostrado que matemáticamente la SDP no contrarresta la dispersión estadística de los datos, por lo que la distribución de los fenómenos acaba dependiendo del número de dataciones y de su desviación típica (cuantas más dataciones y cuanta más desviación, más amplia aparece la distribución). En este sentido, las discontinuidades en las distribuciones de las SDP no representarían tanto una discontinuidad en la frecuencia de los sucesos de deposición, como el resultado de una amplificación de la curva de calibración provocada por la metodología de muestreo.

Las distribuciones presentadas por la función también se ven afectadas por la irregularidad y no-monotonicidad de los intervalos de calibración. De tal modo que la dispersión estadística de los datos y su incertidumbre suelen confundirse con la longevidad de la acción humana en el pasado. Por este motivo, el intervalo sugerido por la función no puede interpretarse como un intervalo de tiempo (duración), ya que erróneamente nos

conduce a considerar que los acontecimientos fechados tuvieron una duración más larga de la que tuvieron en realidad (Mychzynsky 2004; Mychzynsky & Mychzynska 2006; Weninger et al. 2011; Williams 2012; Contreras & Meadows 2014; Rhode et al. 2014).

Por otro lado, los picos en la representación gráfica de esta herramienta suelen interpretarse como una mayor probabilidad de concentración de los intervalos de las fechas en uno o varios momentos. Sin embargo, estos picos también pueden ser debidos a la forma de la curva de calibración en el sí de estos tramos, por lo que considerarlos como marcadores de una mayor probabilidad puede llevarnos a explicaciones erróneas (Bayliss & Bronk Ramsey, 2004; Weninger et al., 2011; Williams, 2012; Contreras & Meadows, 2014).

Para intentar superar este problema y determinar si una sección particular de la curva de calibración ha condicionado o no la distribución de las fechas, en este trabajo (Gibaja et al. 2017C; Morell et al. 2018A & 2018B) se ha propuesto comparar la función de densidad de probabilidad de las muestras arqueológicas con la suma de probabilidades de una serie simulada de fechas (Bamforth & Grund 2012). Calibrando estas fechas y representando la función de la SDP gráficamente es posible obtener una visión precisa de los efectos de las irregularidades en la curva de calibración en la determinación de los picos de intensidad y discontinuidad. Es decir, se ha simulado un proceso estrictamente uniforme bajo el supuesto de la deposición de un evento arqueológico por año (Chiverrell et al. 2011). La incertidumbre que se ha fijado para esta simulación ha sido la desviación estándar más baja posible, es decir,  $\pm 10$ , ya que permite dar énfasis a los efectos de la curva de calibración y no a otras fuentes de ruido aleatorio.

Una vez obtenidas las dos distribuciones representadas en un gráfico, si se observa que los picos de intensidad de la serie empírica no coinciden con los picos de la serie simulada, es posible sugerir que determinados eventos arqueológicos son más probables en determinados intervalos que en otros. Si de forma inversa, los picos coinciden en las dos series, no es posible afirmar si esto es debido a una mayor probabilidad o quizá a un efecto de la curva de calibración.

La figura 16 ejemplifica una simulación de este tipo. El gráfico A corresponde a la SDP del conjunto de dataciones disponibles sobre enterramientos en cista y en fosa en el NE de la península Ibérica (Morell et al. 2018A). Según este gráfico, si bien este tipo de

enterramientos se distribuyen cronológicamente entre el 4700-3000 cal BC, gran parte de las fechas se concentra entre el 4000-3500 cal BC y, más concretamente, entre el 3800-3700 cal BC.

Sin embargo, si comparamos esta distribución con la serie simulada del gráfico B, tan solo aparece un pico de mayor concentración de los intervalos de probabilidad de las fechas en el 3600 cal BC, manteniéndose uniforme el resto de la distribución entre 3650 y el 3800 cal BC. Así pues, a través de la serie simulada podemos comprobar que los picos entre el intervalo 4050-3500 cal BC de la figura 16 coinciden con una inclinación de la curva de calibración, por lo que es más probable que sea debido a un efecto secundario de los serpenteos en la curva de calibración, que a una concentración real de un mayor número de fechas en este período.

Así pues, debido a las limitaciones de este enfoque, en el presente trabajo los intervalos obtenidos de las SDP no han sido interpretados como una estimación de la duración del fenómeno analizado, sino como una visualización previa de la distribución de las fechas que debíamos analizar. Gracias a ellas, y tal y como puede verse en los trabajos abordados en esta tesis, hemos podido identificar superposiciones, continuidades y/o discontinuidades en las distribuciones cronológicas, a partir de las cuales formular nuestras hipótesis temporales.

### **3.3.3. Los Modelos Bayesianos**

#### *3.3.3.1. Introducción*

A diferencia de la estadística descriptiva que, tal como hemos comentado anteriormente, no nos permite realizar inferencias sobre los datos que analizamos, los modelos bayesianos son una herramienta que nos permite determinar hasta qué punto nuestras hipótesis temporales pueden o no ser ciertas en base a los datos disponibles (Buck et al. 1996; Bayliss & Ramsey 2004; Bayliss et al. 2004).

A grandes rasgos, estos modelos permiten relacionar los diferentes intervalos de probabilidad de un grupo de dataciones radiocarbónicas con toda aquella información temporal obtenida por otros medios, como la seriación estratigráfica o morfotipológica. A través de la asociación de información temporal de distinta naturaleza sobre un mismo fenómeno, la estadística bayesiana restringe los intervalos temporales y cuantifica el grado

de verosimilitud de nuestras secuencias temporales. Es decir, refuerza o refuta la consistencia estadística de nuestras hipótesis cronológicas.

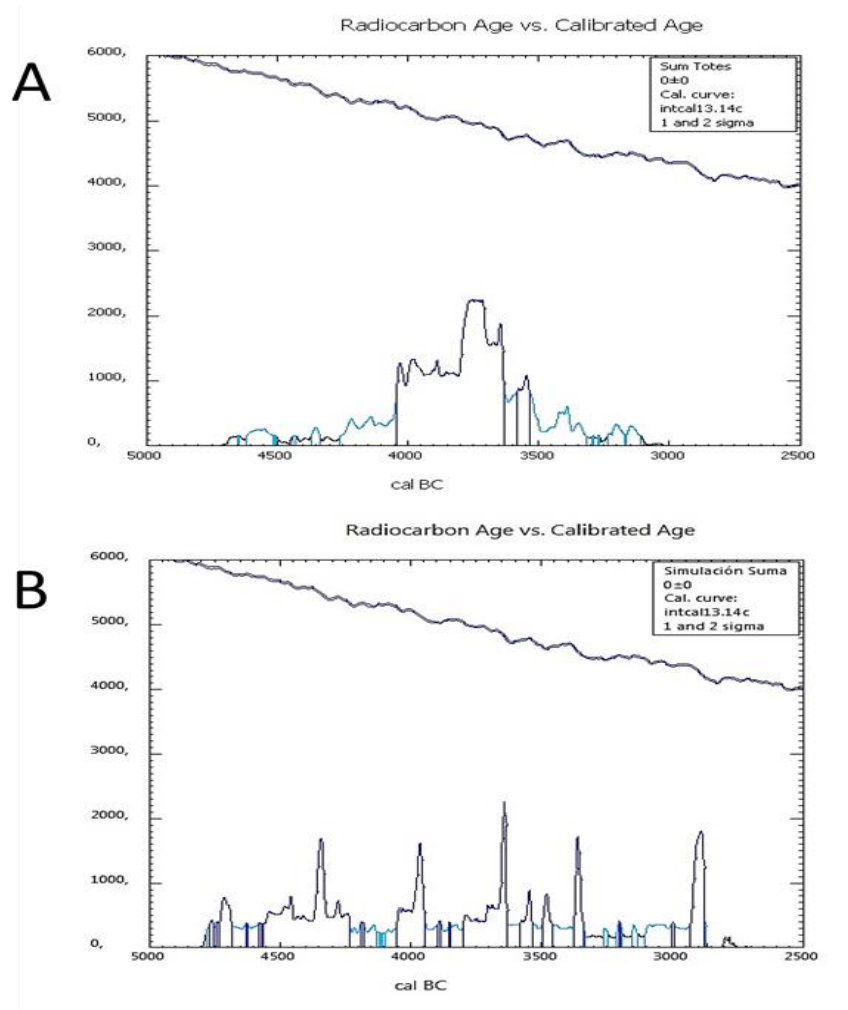


Figura 16. Suma de las distribuciones de probabilidad de las dataciones radiocarbónicas de los enterramientos neolíticos en fosa y en cista del NE de la Península Ibérica (A) y Simulación de la Suma de distribuciones de probabilidad de todo el conjunto de dataciones analizadas (B) (Morell et al. 2018A). Análisis y gráficos realizados con el software Calib (Stuiver et al. 2005) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al. 2013).

Se trata de una herramienta de gran utilidad que nos permite relacionar las dataciones

radiocarbónicas con los fenómenos arqueológicos y establecer un marco formal para resolver nuestros problemas cronológicos. Tal y como apunta Caitlin E. Buck y Miguel Juárez (2017: 3) "at the heart of the Bayesian approach is the combination, in a single formal analysis, of our present understanding of a problem together with the data which bear on that problem, in order to make inferences about the problem to hand in a logical and coherent manner".

### 3.3.3.2. *La lógica inductiva bayesiana* .

La inducción es un proceso de inferencia lógica en el que se establece una ley general a partir de la observación de casos particulares. Aun así, es imposible poder afirmar con total seguridad que una determinada causa ejercerá un particular efecto: a pesar de que todos los días salga el sol, nada nos asegura que saldrá también mañana (Mill 1843; Hume 1888; Popper 1959). Así pues, si bien la inducción es un tipo de razonamiento que permite realizar hipótesis y conjeturas sobre la realidad, no permite probarlas.

Los positivistas lógicos como Reichenbach (1971[1935]) o Carnap (1952) introdujeron la noción de probabilidad como solución al problema del razonamiento inductivo. Según estos autores, al no ser posible observar la totalidad de los fenómenos, debemos argumentar nuestras inducciones en términos estadístico-probabilísticos, por lo que nuestras leyes generales no deben ser consideradas verdaderas, sino "probablemente verdaderas".

En este escenario la lógica inductiva bayesiana aparece como una alternativa a las justificaciones de inferencias universales. Los filósofos Frank Ramsey (1931) y el matemático Bruno Finetti (1937) abordaron esta cuestión fundamentándose en el cálculo de probabilidades inversas planteado por Blaise Pascal y Pierre de Fermat en el s.XVII. A través de este cálculo, estos matemáticos pretendían determinar la probabilidad de un acontecimiento futuro sin disponer de información alguna salvo la derivada de sus circunstancias pasadas, es decir, el número de veces que los acontecimientos habían tenido lugar o habían dejado de producirse. Pascal y Finetti llamaron a este tipo de razonamiento "razonamiento inductivo bayesiano" en homenaje al clérigo inglés Thomas Bayes, quien descubrió el teorema fundamental de esta lógica en el s.XVII.

El "teorema de Bayes" se fundamenta en el concepto de probabilidad condicionada: la probabilidad de una determinada hipótesis  $a$  dada la evidencia  $b$  es igual a la probabilidad

de  $b$  dada  $a$  veces la probabilidad de  $a$  divididas ambas por la probabilidad de  $b$ .

En términos matemáticos el teorema es el siguiente:

$$P(H_0|E) = \frac{P(E|H_0)P(H_0)}{P(E)}$$

Donde:

$H_0$  representa una hipótesis, llamada hipótesis nula, que ha sido inferida antes de que la nueva evidencia,  $E$ , resultara disponible.

$P(H_0)$  es la probabilidad a priori de  $H_0$ .

$P(E|H_0)$  es la probabilidad condicional de que se cumpla la evidencia  $E$  si la hipótesis  $H_0$  es verdadera.

$P(E)$  es la probabilidad marginal de  $E$ : la probabilidad de observar la nueva evidencia  $E$  bajo todas las hipótesis mutuamente excluyentes. Se la puede calcular como la suma del producto de todas las hipótesis mutuamente excluyentes por las correspondientes probabilidades condicionales:  $\sum P(E|H_i)P(H_i)$ .

$P(H_0|E)$  es la probabilidad *a posteriori* de  $H_0$  dado  $E$ .

Finalmente, el factor  $P(E|H_0) / P(E)$  representa el impacto que la evidencia tiene en la creencia en la hipótesis. Si es posible observar la evidencia cuando la hipótesis considerada es verdadera, entonces este factor va a ser mayor. Multiplicando la probabilidad *a priori* de la hipótesis por este factor, como resultado tendremos una gran probabilidad *a posteriori*.

En otras palabras, el teorema formula la inferencia como un proceso de actualización de los grados de credibilidad de una hipótesis al conocerse nuevas evidencias u

observaciones. El teorema formula una probabilidad *a priori* que viene determinada por nuestras creencias iniciales sobre un hecho o hipótesis. Seguidamente, el grado de verosimilitud de nuestras hipótesis es evaluado en base a los nuevos datos obtenidos. Por último, a través de este proceso, se establece una nueva probabilidad *a posteriori* que determina el grado de verosimilitud de nuestras creencias *a priori* una vez analizados los nuevos datos o hechos disponibles.

Así pues, la lógica inductiva bayesiana no únicamente propone la probabilidad como una herramienta para evaluar la frecuencia de aparición de un determinado hecho, sino también como una forma para medir nuestras creencias, relacionando formalmente hipótesis con evidencias.

Lo que nos permite la probabilidad condicionada es distinguir los argumentos inductivos fuertes de los débiles, esto es, medir el grado de plausibilidad de nuestras hipótesis. El objetivo no sería tanto verificar nuestras teorías generales o hipótesis como evaluar hasta qué punto son plausibles y consistentes con los datos disponibles hasta el momento. Así, la credibilidad de toda inferencia se entiende como un proceso en constante actualización, en función de las nuevas evidencias y observaciones. Una teoría debe ser valorada en términos de sus probabilidades explicativas de un determinado fenómeno. De este modo, no existen teorías verdaderas, sino teorías probablemente más explicativas que otras (Earman 1991; Howson & Urbach 1993; Bovens & Hartmann 2003; Strevens 2004).

En el siguiente apartado veremos cómo este tipo de razonamiento analítico puede sernos de gran utilidad al intentar resolver cuestiones cronológicas en el campo de la Arqueología y la construcción de cronologías a través del método de datación por radiocarbono.

#### *3.3.3.3. Los Modelos Bayesianos en Arqueología.*

Fechar un único evento no permite extraer toda la información cronológica posible sobre ese evento. El interés de la Arqueología no es la fecha calendárica de la muestra que se manda al laboratorio, sino del contexto al que está directa o indirectamente asociada. Además, las muestras suelen datarse con la idea de responder a preguntas que están relacionadas con la cronología de otros eventos y/o fases, tales como: "¿Cuándo ocurrió el evento A?", "¿Cuánto tiempo transcurrió entre el evento A y el evento B?", "¿Cuál es el

orden más probable entre los eventos C, D, y E"?, "¿Cuándo finalizó la fase A y empezó la fase B?, "¿Las fases A y B se superponen o hay un hiato entre ellas?", etc.

Los modelos bayesianos nos permiten evaluar la consistencia estadística de nuestras hipótesis cronológicas relacionando diferentes tipos de datos: por un lado, los intervalos de probabilidad de las dataciones radiocarbónicas y, por otro, toda aquella información cronológica obtenida por otras fuentes, como la estratigrafía, la seriación morfotipológica o las tasas de deposición. Esta combinación de los diferentes datos disponibles permite acortar los intervalos de nuestras secuencias temporales y cuantificar su grado de similitud (Buck et al. 1991, 1994A, 1994B, 1994C, 1996; Christen 1994; Christen & Litton 1995; Christen et al. 1995).

La idea de fondo consiste en no considerar la cronología de un suceso o fenómeno arqueológico como una entidad absoluta, sino como consecuencia de un proceso de inferencia, que integra datos y evidencias de diversa índole, con el fin de plantear el marco cronológico más probable en base a los datos disponibles. Así, cuántos más datos y de mejor calidad estén disponibles, y cuánta mayor sea la diversidad y la precisión de la información, más fiables serán nuestros planteamientos y menores nuestras incertidumbres.

Las interpretaciones y/o explicaciones de los datos en Ciencia no solo están condicionadas por los datos empíricos disponibles, sino también por el estado de conocimiento general actual en el entorno académico respecto al fenómeno estudiado. Con el fin de evitar que este hecho pueda propiciar ciertos prejuicios *a priori*, la estadística bayesiana se presenta como una herramienta de gran utilidad, que permite establecer un marco formal para evaluar efectiva y rigurosamente la consistencia de las hipótesis formuladas con los datos.

Sin embargo, es importante recordar que un modelo no es más que una representación simplificada de un aspecto determinado de la realidad para un propósito específico. Un modelo matemático, concretamente, se caracteriza por fundamentarse en conceptos como constantes, variables, funciones, ecuaciones, etc. Si nuestro conocimiento de las variables es incierto, es posible modelarlas a través de un cálculo de probabilidades y es esto lo que se conoce como un modelo estadístico.

Tal y como hemos ido comentado a lo largo de este capítulo, la determinación de



cronologías históricas a través de dataciones radiocarbónicas se fundamenta en el tratamiento de múltiples incertidumbres (la conexión entre un evento y un nivel arqueológico, los problemas de muestreo y los que puedan surgir en los laboratorios, la curva de calibración y la relación no biunívoca entre la escala BP y la escala BC), por lo que estos modelos pueden ser de enorme utilidad. Es importante que sean sencillos para poder controlar todos los parámetros y que tratemos sus resultados como posibles hipótesis y no como verdades absolutas. Tal y como afirman Box y Draper (1979:202): “All models are wrong, some models are useful”.

Actualmente existen tres softwares de acceso libre para realizar este tipo de trabajos: *Bcal*, creado en la School of Mathematics and Statistics de la Universidad de Sheffield (Buck et al. 1999), *OxCal*, creado por el profesor Christopher Bronk Ramsey y su equipo de la Universidad de Oxford (Bronk Ramsey 1995, 1998, 2001 & 2009; Bronk Ramsey & Lee 2013) y *Chronomodel*, ideado por el profesor Philippe Lanos y su equipo de la Universidad de Rennes y el *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS)-(Lanos & Philippe 2015; Lanos et al. 2017).

En esta tesis fundamentalmente se ha trabajado con *OxCal*. Actualmente se trata del software más ampliamente utilizado para la aplicación de la estadística bayesiana, no solo en Arqueología, sino también en otras disciplinas que emplean métodos de datación, como la Geología. Una de las ventajas que presenta es la versatilidad de su lenguaje, *Chronological Query Language*, que no solo permite crear una gran variedad de modelos cronológicos, sino también obtener diferentes tipos de información, como el momento de comienzo y final de una fase o secuencia, su duración, así como determinar si existen o no hiatos temporales entre ellas, por poner algunos ejemplos.

Los elementos fundamentales de la modelización bayesiana en *OxCal* son los eventos (*events*), que constituyen cada una de las fechas integradas en una fase (*phase*) o secuencia (*sequence*) temporal, así como la distribución interna de las dataciones que se decida asumir (*specific model definitions*) (Bronk Ramsey 1998). A continuación, detallaremos más específicamente los pasos esenciales para realizar un análisis cronológico bayesiano con este programa (Buck & Meson 2015).

#### 3.3.3.4. Los pasos básicos para un análisis bayesiano en Arqueología

**Paso 1. Definir el problema:** en primer lugar, se recomienda pensar y definir con claridad las cuestiones cronológicas que queremos intentar responder. Es importante que las preguntas sean razonables en relación a la cantidad y a la calidad de los datos disponibles; es decir, con el estado y las condiciones del campo de estudio en el momento en el que realizamos nuestro trabajo.

**Paso 2. Desarrollar el modelo matemático:** las cuestiones planteadas en el paso anterior se formalizan en lenguaje matemático, relacionando los distintos parámetros a través de ecuaciones y otras expresiones formales.

Como brevemente hemos introducido, *OxCal* permite generar dos tipos de modelos: el modelo de “fases” (*phases*) y el modelo de “secuencias” (*sequences*) (Bron Ramsey & Lee 2013). La diferencia entre ambos reside en cómo se agrupan las dataciones (*events*) y se relacionan entre sí. Se entiende por "fase" un grupo de dataciones pertenecientes a un mismo fenómeno arqueológico, el orden interno entre las cuales es desconocido o no se puede asumir.

Este modelo es de utilidad cuando se dispone de un conjunto de dataciones asociadas a determinados eventos, pero no se tiene la certeza de cuáles sucedieron con anterioridad o posterioridad (un grupo de dataciones procedentes de un mismo nivel estratigráfico, por ejemplo). Contrariamente, se entiende por "secuencia" un grupo de dataciones sobre las cuales sí podemos determinar su orden temporal (un grupo de fechas procedentes de niveles estratigráficos distintos e identificables, por ejemplo).

Por otro lado, estas agrupaciones no solo pueden integrar eventos, sino también otras fases y secuencias. Tal y como se puede observar en la tabla 3, en el primer código se representa una fase que incorpora a su vez otras dos, compuestas cada una de ellas por varias dataciones. Así pues, se asume que no existe una ordenación temporal entre la fase 1 y la fase 2. En el segundo código, en cambio, al incorporar las dos fases en una secuencia, se considera que la fase 1 es anterior a la 2.

<pre>Phase("1") { R_Date("Q_1", 5600, 30); R_Date("Q_2", 5650, 40); };  Phase("2") { R_Date("Q_3", 5430, 40); R_Date("Q_3", 5420, 20); };</pre>	<pre>Sequence("1") { R_Date("Q_1", 5600, 30); R_Date("Q_2", 5650, 40); };  Sequence("2") { R_Date("Q_3", 5430, 40); R_Date("Q_3", 5420, 20); };</pre>
---	---

Tabla 3. Ejemplos de los códigos de los modelos bayesianos de fases y secuencias en el programa OxCal.

De este modo, a partir de las fases y secuencias, *OxCal* nos permite formalizar cualquier tipo de relación temporal, construyendo desde modelos muy simples hasta otros más complejos.

La elección de un tipo de relación temporal u otra no es banal, puesto que influirá considerablemente en los resultados del modelo. Esta debe fundamentarse en nuestras hipótesis temporales *a priori* (*informative prior beliefs*), es decir, las conjeturas cronológicas que deseamos probar estadísticamente.

**Paso 3. Desarrollar los modelos estadísticos adecuados:** una vez construido el modelo matemático básico, se identifican y modelan todas aquellas partes que presenten componentes aleatorios o inciertos, y que estén representadas por distribuciones de probabilidad. El objetivo es contrarrestar la dispersión estadística inherente a las dataciones radicarbónicas. *OxCal* permite asumir diferentes distribuciones internas (*specific model definitions*) y delimitarlas por un “evento de inicio” (*start event*) y un “evento final” (*end event*), que en el lenguaje del programa, CQL, se conocen como *boundary events* (“eventos límites”) (Bronk Ramsey 2009).

El programa facilita diferentes tipos de distribuciones internas o *specific model definitions*, que dan nombre a diferentes tipos de modelos (Bronk Ramsey 1995; 2001; 2005; 2009; Lee & Bronk Ramsey 2012; Bronk Ramsey & Lee 2013):

-Modelo Contiguo (*Contiguous Model*): es un modelo de distribución uniforme. Se basa en la hipótesis de que todos los eventos (fechas radiocarbónicas) del fenómeno arqueológico tienen la misma probabilidad de producirse en cualquier momento entre el comienzo y el final de la fase. El modelo toma las fechas más antiguas y las más recientes como los límites (*boundaries*) de la secuencia temporal.

-Modelo de Superposición (*Overlapping Model*): también es un modelo de distribución uniforme en el que todas las dataciones tienen la misma probabilidad de situarse en cualquier momento entre el comienzo y el final de la fase o secuencia. Este modelo es útil para probar si existe una superposición temporal entre dos o más fases o secuencias. Como en el caso anterior, el *Overlapping Model* calcula el final y el inicio de cada fase o secuencia, con la peculiaridad de que también permite trazar los momentos de superposición entre ellas.

-Modelo Trapezoidal (*Trapezium Model*): este modelo se basa en la hipótesis de que el fenómeno arqueológico es el resultado de un proceso gradual de cambio. Se caracteriza por diferenciar tres momentos en el inicio y el final de fase o secuencia: un primer momento de crecimiento gradual, seguido de una tasa constante de la actividad y, finalmente, un último de disminución gradual. Partiendo de estas premisas, el modelo calcula y prueba los momentos de transición entre el inicio y el final de las distintas fases y secuencias tomando como límites los momentos de crecimiento y disminución gradual de la concentración de fechas.

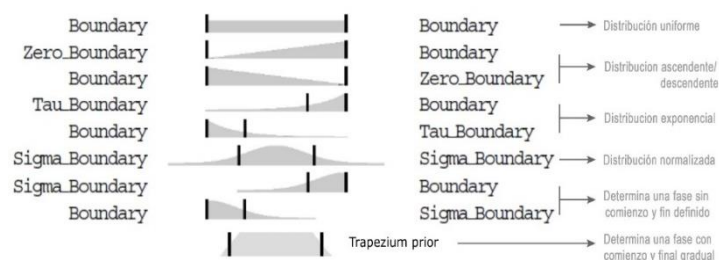


Figura 17. Distribuciones internas de los diferentes modelos bayesianos que ofrece el programa OxCal (Bronk Ramsey 2009).

Así, el tipo de *boundary* elegido determinará el tipo de distribución de las dataciones, también llamadas *uniformative prior beliefs* (“información a priori no significativa”). No obstante, a menudo no es posible demostrar arqueológicamente el porqué de la elección de una determinada distribución u otra. Por este motivo, el modelo más comúnmente utilizado es el de la distribución uniforme contiguo (*Contiguous Model*), que, tal y como ya hemos mencionado, parte de la premisa de que las dataciones se distribuyen de manera aleatoria en el sí del período analizado.

**Paso 4. Evaluar el trabajo realizado hasta este momento:** este paso consiste en valorar si el modelo matemático y las distribuciones de probabilidad seleccionadas son adecuados para responder a nuestras preguntas. Esto significa evaluar si quizá es demasiado sencillo o ambicioso, si es factible recolectar todos los datos necesarios, etc. Si las respuestas son negativas, se recomienda retroceder a los pasos anteriores y reformular los planteamientos previos del modelo.

**Paso 5. Establecer la forma de la información previa:** *OxCal* permite introducir toda la información disponible *a priori*, tanto relativa como calendárica. Los eventos (*events*) constituyen cada una de las dataciones integradas en un modelo. Estas pueden ser de distinta naturaleza: tanto radiocarbónicas, como obtenidas por otros métodos (expresadas en años calendáricos), y pueden ser tratadas de manera distinta si así lo requieren (ser calibradas con distintas curvas de calibración, por ejemplo). El programa proporciona un código específico para cada caso: para las dataciones obtenidas por  $^{14}\text{C}$  se utiliza el código *R\_date*, mientras que para las fechas históricas, *C\_date*. El único requisito es que no haya dos eventos con el mismo nombre.

**Paso 6. Recolectar los datos:** como hemos comentado en apartados anteriores, ni todos los contextos ni todas las dataciones son igual de fiables. En este sentido, no solamente es importante tener en cuenta la calidad de nuestros datos (el tipo de muestra, su desviación estándar ...), sino también la calidad de los contextos (fiables, directamente relacionados con nuestra pregunta de investigación...). Por consiguiente, no solo es fundamental escoger el modelo estadístico correcto, sino también los datos apropiados.

Para poder evaluar el número de dataciones necesarias en función de nuestro caso de estudio, *OxCal* facilita una herramienta de simulación bajo el comando *R\_Simulate* (Bronk Ramsey 1998, 2009). Esta función genera una fecha BP a partir de una fecha calendárica, de tal manera que nos permite valorar la solidez de nuestros modelos simulando las respuestas a preguntas como: “¿Qué sucedería si incluyo más dataciones en esta fase?, ¿Y con dataciones con una desviación típica más reducida?, ¿Cambiarían los resultados?”.

**Paso 7. Calcular los valores previos y el grado de verosimilitud:** una vez integrados los distintos eventos (dataciones) en las fases o secuencias que se quieren analizar, se ponderan las fechas calibradas hacia unos valores que estén más o menos en concordancia con nuestras hipótesis previas, a través del cálculo de una nueva distribución de probabilidad que recibe el nombre de "distribución previa" (*prior distribution*). A continuación, el programa modela la medida subyacente de las dataciones, así como el proceso de calibración, y determina la probabilidad de que la datación radiocarbónica nos proporcione el intervalo cronológico que estamos buscando. Esta nueva distribución recibe el nombre de "verosimilitud" (*likelihood*).

**Paso 8. Calcular los valores posteriores:** la distribución “previa” y la de “verosimilitud” determinan una nueva función de probabilidad, llamada “distribución posterior” (*posterior distribution*), que es la probabilidad condicional que se asigna a la consistencia estadística de nuestro modelo después de tener en cuenta todas las evidencias formalizadas. Así, los grupos de dataciones con distribuciones de probabilidad que coincidan suficientemente entre ellos y, al mismo tiempo, sean plausibles dada la información previa, presentarán una alta probabilidad posterior.

**Paso 9. Evaluación de la sensibilidad del modelo:** a continuación, debe realizarse una revisión del modelo y de su adecuación en términos de robustez y sensibilidad con los datos. El programa calcula automáticamente diferentes índices de correlación (*agreement indices*), que evalúan la viabilidad y consistencia del modelo (*prior*) y de cada una de los datos que lo integran (*likelihoods*). Si el valor de estos índices se sitúa por debajo del valor estipulado (60% en algunos casos y 95% en otros), la datación en cuestión (*outlier*) o el

modelo en su conjunto presentan una baja coherencia interna y deben ser revisados (Bronk Ramsey 1995: 427-8):

-Índice de concordancia (*Agreement index*): compara la distribución posterior de los datos con la distribución previa, es decir, el grado de concordancia del modelo con los datos analizados. Este índice es de gran utilidad para identificar aquellos datos concretos que no concuerdan con el modelo (*outliers*). El índice necesario para poder considerar un modelo válido (igual o superior a 60%) ha sido motivo de debate entre los especialistas, por lo que el límite ha sido fijado con una cierta arbitrariedad. En realidad, no es una medida estrictamente estadística, sino un cálculo aproximado comparando el modelo con los datos (Bayliss et al. 2007).

-Índices Aoverall y Amodel (*Aoverall and Amodel indices*): mientras que el índice *Aoverall* evalúa la consistencia estadística entre la información previa y las dataciones radiocarbónicas, el *Amodel* mide la consistencia estadística del modelo en su conjunto. Ambos deben presentar un valor igual o superior al 60% para validar la solidez de la hipótesis.

-Índice de convergencia (*Convergence index*): mide el grado en que el modelo ha generado una solución verdaderamente representativa en función de los datos cuando el programa implementa las repeticiones de la cadena Monte Carlo Markov. Así, el programa evalúa la eficacia del algoritmo analizando hasta qué punto son similares los diferentes intentos de realizar el análisis. Esto se mide calculando una integral de superposición. Para validar la convergencia de todos los parámetros del modelo el índice debe ser igual o superior al 95%.

**Paso 10. Interpretación:** tal y como hemos ido comentando a lo largo del capítulo, los resultados del modelo no deben entenderse como una “verdad” absoluta, sino como una estimación interpretativa o grado de “creencia” o “confianza” en la hipótesis temporal planteada al principio del análisis en base los datos disponibles. Esta estimación interpretativa irá cambiando a medida que se adquieran más datos o sean considerados desde perspectivas distintas.

Se sugiere que la interpretación de los datos debe hacerse en dos direcciones: hacia atrás y hacia adelante: hacia atrás, preguntándonos hasta qué punto la combinación de los datos con nuestras hipótesis previas ha mejorado nuestra comprensión del problema; y hacia adelante, entendiendo que la información obtenida *a posteriori* será la información *a priori* de los modelos futuros (Buck et al. 2004). A partir de aquí pueden recopilarse nuevos datos o hacer observaciones adicionales para actualizar nuestras interpretaciones sobre el problema abordado.

### 3.3.3.5. Estimar la duración del modelo cronológico bayesiano.

Tal y como hemos abordado en el *capítulo 2* de este trabajo, la duración de un acontecimiento histórico no puede reducirse a la enumeración de las muestras datadas por radiocarbono, sino que debemos determinar la probabilidad de que ciertos acontecimientos estén ubicados en momentos diferentes y, solo entonces, se podrá tener en cuenta la diferencia de dichas estimaciones como una medida de la duración (Steel 2001; Bayliss & Bronk Ramsey 2004; Bayliss et al. 2007).

El programa *OxCal* facilita diferentes funciones que nos permiten calcular la duración de las fases o secuencias de un modelo. Se trata de los *Span* e *Interval*, que calculan la duración de una fase o secuencia. La función *Span* lo hace calculando la diferencia entre la datación más antigua y la más reciente. El comando *Interval*, en cambio, calcula la diferencia entre el límite de inicio (*boundary start*) y el de final (*boundary end*) de cada fase o secuencia.

Así, las estimaciones generadas por el comando *Interval* serán siempre más amplias que las planteadas por el comando *Span* respecto a una misma fase o secuencia, ya que los límites (*boundaries*) siempre son más antiguos o más recientes que las dataciones propias que incorpora el modelo. El comando *Interval* permite, además, calcular la diferencia entre cualquiera de las estimaciones generadas por el modelo. Por ejemplo, si entre la fase A y B existe un período de abandono, un hiato, esta función también nos calcula su duración (Bronk Ramsey 1995 & 2001; Bronk Ramsey & Lee 2013).

Estas funciones aparecen como alternativas más fiables a la utilización de la SDP como herramienta para calcular la duración de un contexto o fenómeno arqueológico. Tal y como hemos abordado en el punto 3.3.2.2. de este capítulo, se ha demostrado que la SDP no



contrarresta la dispersión estadística de los datos, de tal manera la distribución de los fenómenos acaba dependiendo del número de dataciones y de su desviación típica. Por otro lado, las distribuciones generadas por la SDP también son sensibles a la irregularidad y no-monotonidad de la curva de calibración, hecho que provoca que la dispersión estadística de los datos nos haga considerar que los acontecimientos fechados tuvieron una duración más larga de la que tuvieron realmente (Mychzynsky 2004; Mychzynsky & Mychzynska 2006 ; Weninger 2011; Williams 2012; Capuzzo 2014; Contreras & Meadows 2014; Rhode et al. 2014 ).

### **3.4. UNA BASE DE DATOS ARQUEOLÓGICOS Y RADIOCARBÓNICOS ENTERRAMIENTOS NEOLÍTICOS DEL NE DE LA PENÍNSULA IBÉRICA, EL SUR DE FRANCIA Y SUIZA.**

#### **3.4.1. Introducción y ontología de la base de datos**

Para poder realizar este trabajo era necesaria la creación de una base de datos que nos permitiera gestionar la amplia serie de dataciones radiocarbónicas que queríamos analizar. En los últimos años han sido múltiples las bases de datos radiocarbónicas y arqueológicas publicadas con objetivos y planteamientos distintos: las realizadas por los propios laboratorios, las de las universidades de Lyon<sup>4</sup>, Kiel<sup>5</sup> y Oxford<sup>6</sup>, las realizadas por instituciones como el *Royal Institute for Cultural Belgium Heritage*<sup>7</sup> y aquellas fruto de proyectos de investigación que recogen información de regiones o países concretos, como Escocia<sup>8</sup> (Ashmore et al. 2000), Reino Unido e Irlanda<sup>9</sup>, o el NE de la península ibérica<sup>10</sup>, o las creadas con objetivos de estudio muy concretos y que, por lo tanto, tratan marcos geográficos y temporales más específicos, como es el caso de CRONOLOGEA<sup>11</sup> (Aranda

---

<sup>4</sup> <http://www.arar.mom.fr/banadora>

<sup>5</sup> <http://radon.ufg.uni-kiel.de/>

<sup>6</sup> <http://c14.arch.ox.ac.uk/database/>

<sup>7</sup> <http://c14.kikirpa.be/>

<sup>8</sup> *Scottish Radiocarbon Database*: <http://canmore.org.uk/project/919374>

<sup>9</sup> *Archaeological Site Index to Radiocarbon Dates from Great Britain and Ireland*:  
[http://archaeologydataservice.ac.uk/archives/view/c14\\_cba/](http://archaeologydataservice.ac.uk/archives/view/c14_cba/)

<sup>10</sup> <http://telearchaeology.org/c14/>

<sup>11</sup> <http://www.webgea.es/dataciones/>

& Lozano 2014; Aranda et al. 2015 & 2017), CRUMBEL<sup>12</sup> (Dalle et al. 2019; De Mulder et al. 2018); PACEA<sup>13</sup> (D'Errico et al. 2011) o EUROEVOL<sup>14</sup> (Manning et al. 2016).

La ontología de la base de datos radiocarbónicos y arqueológicos presentada en este trabajo parte de experiencias previas realizadas en diversos proyectos de investigación en el seno del Laboratorio de Arqueología Cuantitativa de la Universidad Autónoma de Barcelona y de la *Institució Milà i Fontanals* del CSIC (Barceló 2008B; Barceló et al. 2012 & 2013; Capuzzo 2014; Capuzzo et al. 2014; Gibaja et al. 2017). Esta ontología se asienta en la secuencia inferencial que solemos realizar los arqueólogos y arqueólogas a la hora de conjeturar la cronología de un yacimiento o contexto. Es decir, desde la unidad de análisis más pequeña (la muestra que queremos fechar) hasta la más grande (la acción social que desencadenó la localización de esta muestra en un espacio y un tiempo determinados).

Así, siguiendo el esquema inferencial de la figura 18, cada entrada de la base de datos viene definida por un *evento isotópico*, que sería el resultado de la datación radiocarbónica (el momento concreto en el que un organismo vivo ha dejado de interactuar con la atmósfera y la biosfera). Seguidamente, este *evento isotópico* se relaciona con los hechos tafonómicos y geomorfológicos (*eventos deposicionales*), que han generado su localización en un momento y sitio particulares. Estos eventos, a su vez, están contenidos en secuencias ordenadas de *eventos arqueológicos* (niveles de ocupación), que aparecen descritos por criterios tipológicos y funcionales. Los *eventos arqueológicos* pueden cimentarse, al mismo tiempo, por distintos *eventos deposicionales* con distintas edades calendáricas y duraciones. Finalmente, los *eventos arqueológicos* se relacionan con el *evento social* que produjo la evidencia material que encontramos en el registro arqueológico.

Estos principios ontológicos se concretan y esquematizan en una base de datos radiocarbónicos y arqueológicos de la siguiente forma:

---

<sup>12</sup> <https://www.crumbel.org/>

<sup>13</sup> <http://www.14sea.org/>

<sup>14</sup> <http://discovery.ucl.ac.uk/1469811/>

1. **Muestra datada:** contiene toda la información proporcionada por el laboratorio, incluyendo la edad medida y la desviación estándar, la calibración y aquella información relevante para realizarla.
  
2. **Ítem muestreado:** representa la materialidad de un *suceso isotópico*, es decir, el tipo de muestra fechada (carbón, hueso, concha, etc.). Este ítem contiene la información relevante para la valoración de su fiabilidad y para considerar si debe ser fechada.
  
3. **Contexto inmediato:** corresponde a la materialidad del suceso deposicional. En otras palabras, una caracterización de aquellos materiales y estructuras relacionadas (espacial o tafonómicamente) con la muestra datada de manera directa (un hogar, un agujero de poste, un enterramiento, etc.).
  
4. **Contexto relacionado:** representa una caracterización de la materialidad de los *sucesos arqueológicos* relacionados espacial y temporalmente con el contexto que ha proporcionado la muestra fechada. Este contexto está formado por los materiales arqueológicos no-inmediatamente vinculados (espacial y tafonómicamente) con la muestra datada, pero sí relacionados en términos espaciales y temporales (una cerámica de una tipología concreta, la habitación en la que se encuentra el hogar del que se ha extraído la muestra, etc.).
  
5. **Contexto generalizado:** representa las generalizaciones (históricas) inferidas de los contextos relacionados (una determinada práctica ritual, un espacio dedicado al trabajo tecnológico de un determinado material, etc.).

La ventaja de una base de datos que parta de estos principios es que permite que cada suceso isotópico esté relacionado con sus correspondientes sucesos deposicionales, teniendo en cuenta la situación estratigráfica y la información tafonómica de cada muestra fechada. Esto permite validar con cierta rapidez la fiabilidad de la muestra y de su contexto para poder obtener una verdadera relación entre los intervalos de probabilidad del

radiocarbono y el suceso deposicional al que nos estamos refiriendo.

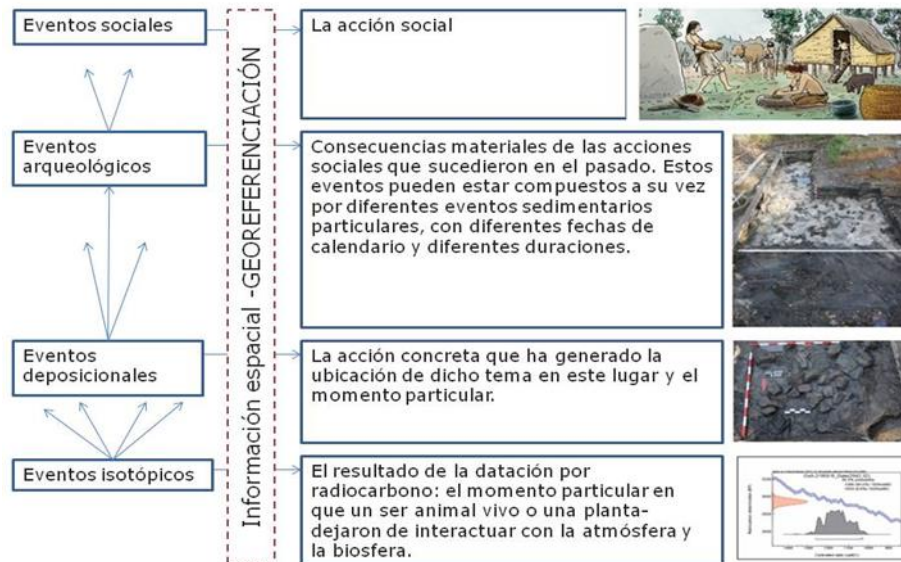


Figura 18. Esquema de la ontología en la que se sustenta la base de datos del presente trabajo y que parte de las propuestas de Barceló 2008B y Barceló et al. 2012 & 2013.

A continuación, abordaremos cómo hemos concretado estas relaciones inferenciales en la estructura de la base de datos radiocarbónicas y arqueológicas realizada en el marco de esta tesis. Los objetivos principales han sido, por un lado, organizar de manera estructurada y jerarquizada todos los datos para que su consulta fuera rápida y fácil al realizar los distintos modelos y análisis estadísticos y, por otro lado, crear un recurso de acceso libre para toda la comunidad científica. Esta base de datos puede consultarse en los anexos digitales de esta tesis (ver Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database), que pueden descargarse de forma libre en este enlace web:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vULAB9sPj7C1oxxoSgkFaZElyPbkDla3>

### 3.4.2. Estructura de la base de datos

A nivel concreto, la base de datos se estructura (Figura 19.) en registros independientes para

cada una de las dataciones, asociándolas de manera sistemática a los siguientes campos: código de laboratorio, edad BP, desviación estándar, tipo de muestra (carbón, semilla, hueso, etc.), especie (*ovis aries*, *sapiens*, *sus scrofa*, *quercus*, *triticum*, etc), en el caso específico de los huesos, también el tipo (tibia, humero, fémur, etc.), método de medición (por AMS o método convencional) y fecha calibrada a  $2\sigma$ <sup>15</sup>. Por otro lado, siempre que han estado disponibles, se han incluido los valores isotópicos  $\delta^{13}C(\text{‰})$  y  $\delta^{15}N(\text{‰})$  por la posible incidencia del efecto reservorio en la muestra (Stuiver & Polach 1977).

A continuación, cada fecha se relaciona con el nombre del yacimiento al que pertenece, su tipología (asentamiento al aire libres, cueva, necrópolis, mina, etc.) y sus respectivas coordenadas geográficas por sistema UTM. La información contextual documentada y establecida durante el proceso de excavación también ha sido incorporada a cada uno de los registros. De este modo se precisa la nomenclatura dada para el nivel y/o estructura arqueológica de donde procede la muestra, el tipo de enterramiento (fosa, cista, mina, etc.) y su tipología de acuerdo con los últimos trabajos de Martín (2017) y Duboscq (2017) mencionados en el *capítulo I*. Con el objetivo de evaluar la fiabilidad del contexto, también se registra su estado de conservación en función del tipo de perturbaciones que el contexto haya podido padecer (expoliación, superposición de otras estructuras, infiltraciones de agua, trabajos agrícolas, etc.).

Por otro lado, cada contexto se asocia con la con la presencia o ausencia de los objetos arqueológicos, la temporalidad de los cuales, tal y como hemos señalado en los objetivos del trabajo, queríamos analizar: el utillaje en sílex melado (HF), los ornamentos de varicita (VAR), las hachas y azuelas de jadeíta, amfibolita, nefrita y eclogita (AXE), los vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada” (VBQ) y los soportes laminares confeccionados en obsidiana (OBS). También se establece la periodización y la asociación crono-cultural asignada por los arqueólogos que excavaron y documentaron el contexto (en la mayor de los casos en función de la tipología cerámica hallada: *cardial*, *epicardial*, *postcardial*,

---

<sup>15</sup> Todas las dataciones han sido calibradas con el programa OxCal y la curva de calibración más reciente, IntCal13, redondeándose los resultados a 10 cuando la desviación típica es igual o superior a 25 años, o a 5 años cuando la desviación es menor de 25 (Stuiver & Polach 1977; Millard 2014).

etc.), con la idea de contrastar la cronología relativa con la absoluta.

Los dos últimos campos contienen las referencias bibliográficas, tanto de las publicaciones de las fechas, como de la literatura utilizada para documentar y caracterizar sus contextos. Finalmente, bajo la etiqueta “observaciones”, se ha registrado toda aquella información que no ha podido sistematizarse en la base de datos y que, sin embargo, se considera relevante.

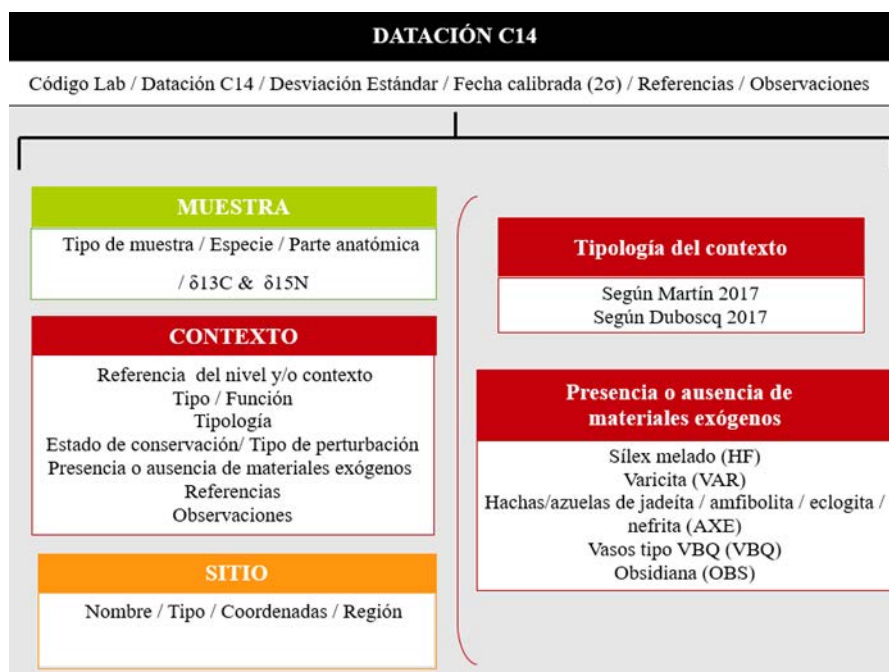


Figura 19. Estructura de la base de datos radiocarbónicos y arqueológicos.

Tal y como hemos comentado en el apartado anterior, esta estructura nos ha permitido caracterizar y sistematizar toda la información que queríamos integrar en la base de datos, de tal forma que resulte rápido y sencillo realizar los modelos y análisis estadísticos y valorar la fiabilidad del contexto al relacionar los intervalos radiocarbónicos de probabilidad con los eventos deposicionales y arqueológicos que queríamos analizar.

### 3.2.1. Recopilación de los datos: criterios y procedimientos.

La recopilación de los datos procede de dos vías: por un lado, de la búsqueda bibliográfica de los datos radiocarbónicos y arqueológicos publicados con anterioridad a nuestro trabajo y, por el otro, de la realización de una nueva batería de dataciones en el marco del ya mencionado proyecto “(HAR2011-23149) Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” dirigido por el Dr. Juan F. Gibaja.

La mayor dificultad con la que nos hemos encontrado al realizar la recopilación bibliográfica de los datos, ha sido que la información, a menudo, no solo se encuentra publicada de forma fragmentada, sino que en ocasiones es confusa. Así, una parte importante del trabajo ha consistido en el rastreo bibliográfico y en la caracterización de toda la información disponible en las publicaciones que hemos revisado.

A este respecto, debemos mencionar que para la valoración de información radiométrica ha sido indispensable evaluar los trabajos publicados sobre los análisis osteológicos y tafonómicos (Allièse 2016), sobre los ornamentos encontrados en los enterramientos (Oliva 2015), y su tipología, sobre los restos antropológicos y las asociaciones de los diferentes elementos de ajuar en función del sexo y la edad de los individuos (Duboscq 2017) y sobre la industria lítica y los artefactos pulidos y biselados (Gibaja 2003; Masclans 2017; Masclans et al. 2016).

La confección de un paquete de dataciones inéditas también ha sido una importante tarea en el marco del proyecto en el que se inscribe esta tesis. De forma previa a nuestro programa de dataciones (teniendo como referencia el año 2014, cuando se inició esta tesis), tan solo se habían fechado 40 contextos funerarios de los aproximadamente 650 enterramientos documentados y caracterizados como “Sepulcros de Fosa” en el NE de la península ibérica (Tabla 4). De estos 40, sólo 6 procedían de enterramientos en cista<sup>16</sup>, frente a 34 de sepulcros en fosa (uno de ellos, concretamente, en el interior de una mina).

---

<sup>16</sup> Esto es debido, en parte, al hecho de que el *boom* de la construcción de la década de 1990 e inicios de los 2000 se concentró en las áreas cercanas a la costa donde son habituales los enterramientos en fosa, y no en las zonas pirenaicas y áreas del interior en que las cistas son el tipo de sepultura más común.

Esta clara descompensación en relación al número de dataciones radiocarbónicas disponibles para los diferentes tipos de estructuras funerarias nos impedía establecer comparaciones cronológicas rigurosas entre ella

Código Lab.	Edad C14	Des.Est.	Muestra	Método	Cal.BC (2σ)	Sitio	Estructura	Tipo	Referencias
UBAR443	4560	80	Hueso humano	MC	3510-3375	Bòbila Madurell	BM-M7	Fosa	Martín et al. 1997
UBAR586	4810	70	Carbón	MC	3710-3420	Bòbila Madurell	BM-S78	Fosa	Martín et al. 1997
UBAR442	5310	90	Hueso humano	MC	4330-3975	Bòbila Madurell	G17	Fosa	Martín et al. 1997
BETA147811	5080	80	Hueso humano	AMS	4040-3700	Ca l'Oliaire	F6	Fosa	Martín et al. 2005
AA19183	4800	110	Hueso humano	MC	3915-3350	Camí de Can Grau	CCG33	Fosa	Martí et al. 1994
BETA120561	4850	50	Hueso humano	AMS	3760-3520	Camí de Can Grau	CCG38.Ind. 2	Fosa	Martí et al. 1994
BETA120559	4870	50	Hueso humano	AMS	3770-3530	Camí de Can Grau	CCG44.Ind 2	Fosa	Martí et al. 1994
BETA120560	4920	40	Hueso humano	AMS	3780-3640	Camí de Can Grau	CCG5. Ind. 3	Fosa	Martí et al. 1994
UBAR576	4950	80	Hueso humano	MC	3955-3545	Camí de Can Grau	CCG38. Ind.1	Fosa	Martí et al. 1994
UBAR903	4570	60	Hueso humano	MC	3515-3090	Can Gambús	E515	Fosa	Roig et al. 2010
UBAR900	4850	80	Hueso humano	MC	3895-3380	Can Gambús	E110	Fosa	Roig et al. 2010
UBAR902	4865	40	Hueso humano	MC	3760-3530	Can Gambús	E246	Fosa	Roig et al. 2010
UBAR901	4980	40	Hueso humano	MC	3940-3655	Can Gambús	E167	Fosa	Roig et al. 2010
BETA189075	5130	50	Hueso humano	AMS	4040-3795	Can Roqueta II	E329	Fosa	Oliva et al. 2008
BETA189077	5220	50	Hueso humano	AMS	4230-3955	Can Roqueta II	E651	Fosa	Oliva et al. 2008
Miami.280358	5490	40	Hueso humano	AMS	4450-4260	Can Roqueta-Can Revella	CRCRV255 -Ind.3	Fosa	Carlús et al. 2008
Miami.28056	5500	40	Hueso humano	AMS	4450-4265	Can Roqueta-Can Revella	CRCRV255. Ind.1	Fosa	Carlús et al. 2008
Miami.28035	5620	40	Hueso	AMS	4530-4360	Can	CRCRV255.	Fosa	Carlús et al.



7			humano			Roqueta- Can Revella	Ind.2		2008
-	5220	110	Carbón	MC	4325-3790	Can Tintorer	Mina 83	Fosa- Mina	Borrell & Bosch 2010
BETA259280	5520	40	Hueso humano	AMS	4455-4270	Carrer Reina Amàlia	UFIII	Fosa	González & Harzbecher 2011
BETA259279	5720	40	Hueso humano	AMS	4685-4465	Carrer Reina Amàlia	E-XIV (UF1)	Fosa	González & Harzbecher 2011
UBAR735	4960	60	Hueso humano	MC	3945-3640	Ceuró II	CII	Cista	Castany 2008
UBAR127	4950	70	Hueso humano	MC	3945-3640	Costa dels Garrics de Caballol	Cista I	Cista	Castany 1991
UBAR209	4860	90	Hueso humano	MC	3930-3375	Costa dels Garrics de Caballol	Cista II	Cista	Castany 1991
UBAR891	5345	45	Hueso humano	MC	4325-4050	El Collet Puiggrós	E1/PEC29	Fosa	Piera et al. 2008
UBAR892	5480	45	Hueso humano	MC	4450-4245	El Collet Puiggrós	E5/PEC39	Fosa	Piera et al. 2008
UBAR583	5170	80	Hueso humano	MC	4230-3790	Els Mallols	E114	Fosa	Mestres 2007
UBAR100	5100	100	Hueso humano	MC	4225-3660	Garrofers del Torrent Sta.Maria	Esquelets fossa	Fosa	Martín & Miret 1990
UBAR625	5015	55	Hueso humano	MC	3955-3695	La Plana del Torrent	PT	Cista	Castany 2008
BETA280854	4890	40	Hueso humano	AMS	3770-3635	La Serreta	E27	Fosa	Oms & Esteve 2011
BETA280855	5150	40	Hueso humano	AMS	4045-3805	La Serreta	E32	Fosa	Oms & Esteve 2011
BETA280850	5180	40	Hueso humano	AMS	4220-3815	La Serreta	E6	Fosa	Oms & Esteve 2011
BETA280849	5190	40	Hueso humano	AMS	4225-3825	La Serreta	E6	Fosa	Oms & Esteve 2011
BETA280848	5240	40	Hueso humano	AMS	4230-3970	La Serreta	E5	Fosa	Oms & Esteve 2011
-	4800	100	Hueso humano	-	3785-3365	Palà de Coma	PC1	Cista	Castany 2008
UGRA349	5040	100	Hueso humano	MC	4040-3645	Pla del Riu de les Marcetes	Esquelets	Fosa	Guitart 1988

UBAR1178	4945	40	Hueso humano	MC	3890-3645	Plaça Major del Castellar	E41	Fosa	Buxó & Coll 2005
BETA62852	4690	100	Hueso humano	MC	3660-3105	Pujolet de Moja	E13	Fosa	Mestres et al. 1997
UBAR263	5160	130	Hueso humano	MC	4320-3700	Sant Pau del Camp	S18	Fosa	Molist et al. 2010
BETA160374	5350	40	Hueso humano	AMS	4325-4050	Tomba de Segudet	TS	Cista	Yáñez 2003

Tabla 4. Dataciones publicadas con anterioridad al inicio del proyecto de investigación “(HAR2011-23149) Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” dirigido por el Dr. Juan F. Gibaja tomando como referencia el año 2014 (cuando se inició esta tesis).

Por otro lado, las muestras de estas dataciones no solían proceder directamente de los inhumados, sino que eran semillas o carbones supuestamente asociados al enterramiento, sin tener la certeza de que quizá también podían proceder del sedimento de colmatación de la sepultura. Además, la mayor parte de ellas habían sido realizadas por método convencional y tenían desviaciones estándar superiores a  $\pm 80$ , por lo que se enmarcaban en intervalos temporales demasiado amplios para precisar y comparar su cronología.

Esta situación empujó la nueva batería de dataciones radiocarbónicas. Los criterios de selección de las muestras a fechar han sido los siguientes: en ningún caso procedían de depósitos secundarios, sino de estructuras bien preservadas y perfectamente reconocibles, no reutilizadas y con inhumaciones primarias en conexión anatómica y buen estado de conservación.

En todos los casos se ha optado por fechar restos antropológicos, ya que ofrecen dos ventajas: por un lado, se trata de muestras de vida corta, que evitan el denominado efecto madera vieja y, por el otro, se trata del tipo de material más representativo de la práctica ritual y del evento deposicional de la sepultura. Siempre que ha sido posible se han seleccionado huesos largos, no planos y sin estructura esponjosa (fémures, tibias, clavículas), ya que, tal y como hemos comentado en la primera parte de este capítulo, son los que presentan un mayor nivel de colágeno para ser fechados.

Todas las fechas han sido realizadas en el Centro Nacional de Aceleradores (CNA) de Sevilla y en el *Centre de Datation par le Radiocarbone* del *Centre National de la*

*Recherche Scientifique (CNRS)* y la Universidad de Lyon. Las muestras procedían de huesos compactos sin alteraciones diagenéticas ni consolidantes o sustancias adhesivas. Estas muestras sobre hueso en primer lugar se han tratado en el laboratorio *Unitat d'Antropologia Biològica* de la Universidad Autónoma de Barcelona, con el fin de limpiar los restos de sedimento y de otras sustancias adheridas. Posteriormente, se realizaron diversos procedimientos químicos para desmineralizar, extraer y purificar el colágeno del hueso, ya que la parte mineral está más sujeta a la contaminación por la interacción con el entorno (Brock et al. 2007; Hajdas et al. 2010; Strydonck et al. 2016).

A continuación, se ha neutralizado la gelatina y se ha añadido una solución de NaOH 0,1 M a temperatura ambiente durante 15 minutos, con el fin de eliminar posibles contaminantes húmicos. La gelatina se ha neutralizado y solubilizado en HCl a pH = 3 durante una noche a 80°C. La solución se ha secado para obtener el colágeno final, que se ha transformado en grafito para la medición AMS utilizando un equipo AGE (Wacker et al. 2010a & 2010b). Todas las muestras se han tratado mediante la técnica del AMS, siendo el proceso muy similar en ambos laboratorios: las muestras de grafito se han pulverizado con un haz de cesio para obtener un haz de iones negativos de la muestra, utilizando varios filtros cinemáticos para eliminar los componentes no deseados del haz. Para lograr la sensibilidad necesaria, las moléculas se han roto en el tubo de extracción en una terminal de alta tensión.

Además, este paquete de nuevas dataciones también fue acompañado por análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ , con el objetivo de determinar la dieta de estas poblaciones y averiguar si existió un consumo de recursos de origen marino o de aguas continentales que pudiese afectar al proceso de calibración por el efecto reservorio (Fontanals 2015; Fontanals et al. 2015 & 2017).

Asimismo, se han recopilado las dataciones procedentes de enterramientos asociados al Neolítico Antiguo y al Neolítico Final-Calcolítico del NE de la Península Ibérica. Tal y como recomiendan numerosas publicaciones (Griffiths 2011; Whittle et al. 2011; Bayliss 2015), la utilización de dataciones radiocarbónicas pertenecientes a contextos inmediatamente más antiguos y más recientes a los que se desea analizar, no solo aportan robustez a los límites temporales sugeridos por los modelos, sino que también son de gran ayuda al evaluar las periodizaciones y calcular transiciones entre fenómenos que pueden

ser de enorme interés. Concretamente, estos datos nos han sido útiles para evaluar los cambios entre las distintas prácticas rituales, así como en relación a la presencia y ausencia de los materiales confiados en los ajuares.

Finalmente, la base de datos también cuenta con dataciones radiocarbónicas procedentes de enterramientos (ver hoja 2 del *Annexe\_1\_Radiocarbon\_Database*) neolíticos similares documentados en zonas vecinas o que parecen tener elementos de influencia o contacto. Es el caso de los hallados en Francia el horizonte “Chasséen” cerca de los Pirineos y el actual Languedoc, el horizonte “Pre-chasséen” de Auvernia, el contexto cultural de “Chambon” en el norte francés y, en Suiza, el horizonte de “Chamblandes” (Moinat & Chambon 2007; Vaquer 2007 & 2014; Vaquer et al. 2007 & 2012; Zémour 2013; Schmitt 2015). Tal y como hemos apuntado en los objetivos del trabajo, estos datos han sido recogidos con la idea de evaluar de manera comparativa la temporalidad de estas prácticas funerarias tan similares entre las distintas regiones.

Sin embargo, en este caso no se ha registrado la presencia o ausencia de las materias primas exógenas halladas en los ajuares por dos motivos: el primero, porque en muchos casos esta información no es precisa y se encuentra dispersa en publicaciones y memorias de excavación de acceso difícil. El segundo, y el más relevante, porque en la mayoría de los casos no es posible determinar la procedencia de las materias primas confinadas en los ajuares, ya que a menudo no se han realizado o no se han publicado los análisis de caracterización petrológica que confirmen su origen. Así pues, a pesar de que al principio de este trabajo se inició el vaciado documental de este tipo de información procedente de estos contextos europeos, el trabajo resultó ser tan dificultoso y los datos extraídos tan inciertos, que finalmente se decidió acotar el análisis de procedencia de las materias primas al horizonte de los “Sepulcros de Fossa”, que sí era posible controlar y contrastar con rigor, gracias al trabajo en equipo realizado en el marco del proyecto.

### **3.4.3. Los datos: tipología y filtrado.**

En relación a los contextos del NE de la Península Ibérica, la base de datos cuenta con un total de 227 dataciones registradas pertenecientes a 68 yacimientos distintos. Desde el año 2013 hasta el 2017 se han realizado un total de 130 nuevas dataciones en el marco del

proyecto dirigido por el Dr. Gibaja. De estas, nos hemos visto obligados a descartar un total de 12, porque, o bien las muestras no ofrecían suficiente colágeno para considerarlas fiables (10), o bien porque finalmente pertenecían a estructuras no neolíticas (2)<sup>17</sup>.

De las 118 restantes, un total de 78 han sido publicadas de forma inédita en los artículos que componen esta tesis. A la espera de que se publiquen en breve las otras 40, nosotros las hemos utilizado para los análisis publicados en el *capítulo 5* (discusión), pero no hemos incluido toda la información, caso de la referencia y el código de laboratorio, en la base de datos (donde han sido resaltadas con un asterisco).

A este total de 130 nuevas dataciones debemos sumarle las 40 publicadas con anterioridad a nuestro proyecto (Tabla 4). Todo ello conforma un total de 170 dataciones pertenecientes a enterramientos adscritos al horizonte de los “Sepulcros de Fossa” registradas.

Por otro lado, la base de datos también contiene un total de 39 dataciones procedentes de enterramientos cronológicamente asociados al Neolítico Antiguo (12) y al Neolítico Final-Calcolítico (28). La descompensación del número de dataciones entre un período y otro es debido al hecho, ya comentado en el *capítulo 1*, de que son muy pocas las evidencias funerarias halladas en el NE de la Península Ibérica anteriores al V milenio (Blasco et al. 2005; Pou et al. 2010; Oms et al. 2017).

Referente a la tipología de los enterramientos, 159 dataciones proceden de enterramientos en fosa, 24 de sepulturas en cista, 30 en cueva, 6 en minas y 8 en estructuras de tipo megalítico. Así, pese a la diferencia cuantitativa respecto al número de dataciones en fosa y en cista, las nuevas dataciones realizadas en cierta medida han paliado la descompensación que había con anterioridad al inicio del trabajo.

Sobre el tipo de yacimiento, un total de 98 dataciones proceden de necrópolis, 78 de asentamientos al aire libre, 28 de cuevas, 15 de estructuras aisladas y 6 de minas (Figura 20).

---

<sup>17</sup> Ambos casos se resaltan en cursiva en la base de datos (*Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database*) y se especifican en el campo de observaciones.

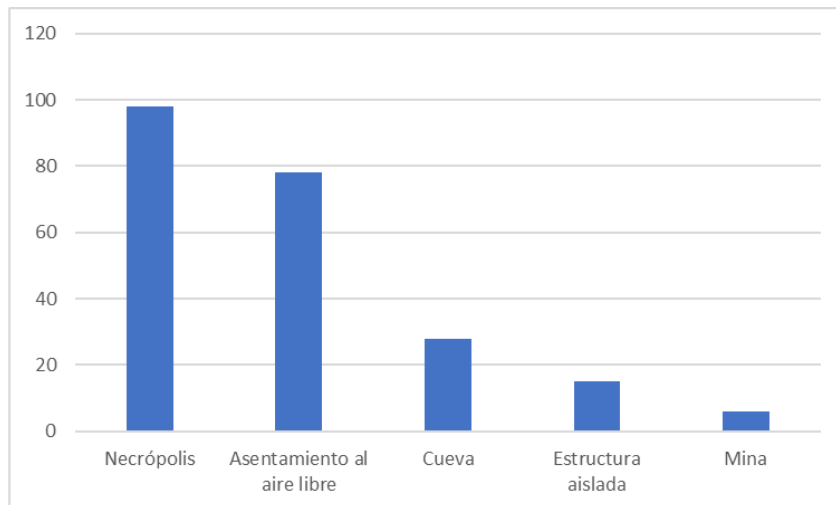


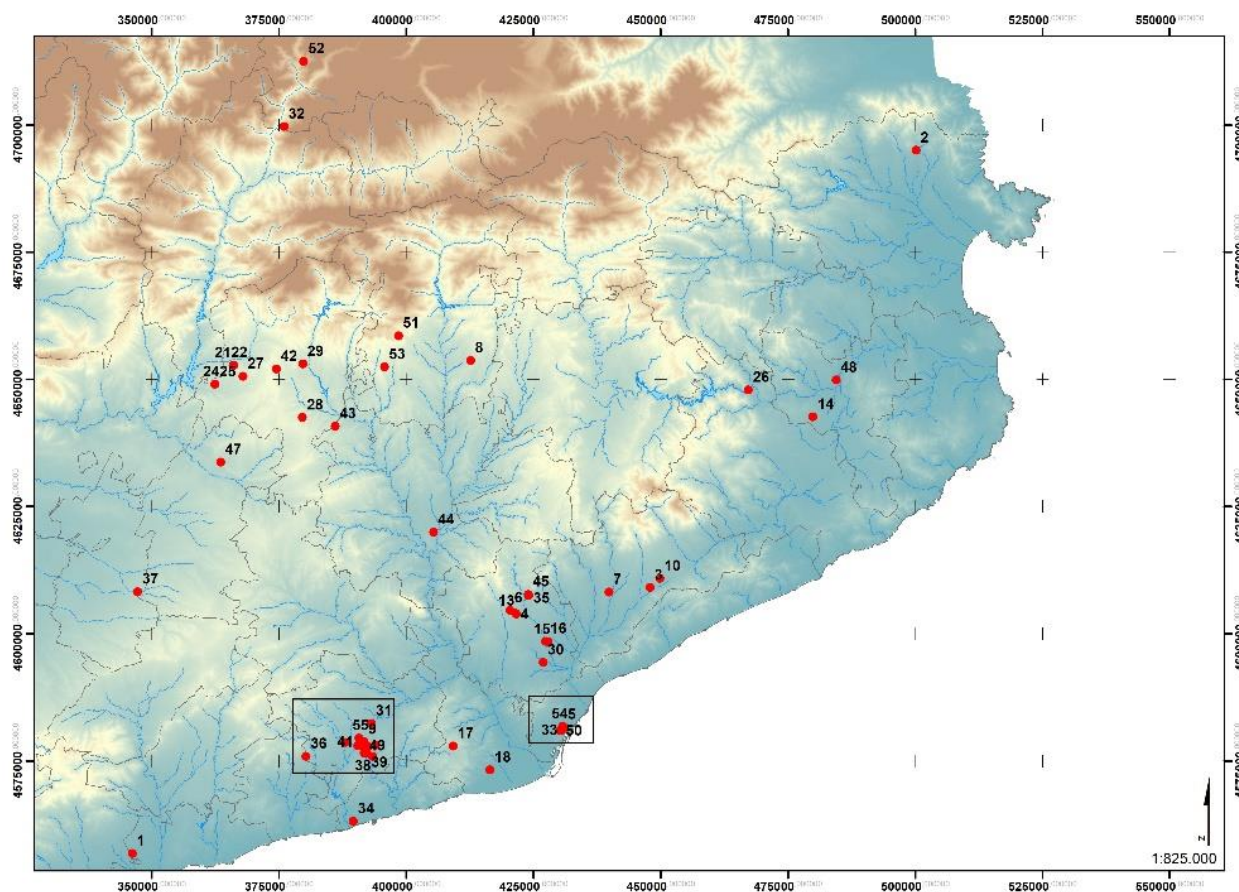
Figura 20. Número total de dataciones por tipo de yacimiento integradas en la base de datos.

A nivel geográfico, las zonas más representadas son el litoral y el prelitoral barcelonés y las comarcas interiores del centro de Cataluña (Figura 21).

Los resultados isotópicos realizados a partir del  $\delta^{13}\text{C}$  y del  $\delta^{15}\text{N}$  estaban disponibles en un total de 64 individuos fechados. Estos han demostrado una dieta terrestre rica en productos vegetales de ciclo C3 y una ingesta de proteína animal que no sobrepasa el 25% del total de la proteína consumida (Fontanals 2015; Fontanals et al. 2015 & 2017; Remolins et al. 2016). Estos vegetales de ciclo metabólico C3 serían, principalmente, el trigo y la cebada (Antolín et al. 2015). Por otro lado, la proteína animal procedería, fundamentalmente, del consumo de productos lácteos obtenidos de la cabaña doméstica y, ocasionalmente, de la ingesta de carne.

Según la tipología de enterramiento, a grandes rasgos la dieta analizada en las inhumaciones de tipo fosa no dista de las observadas en individuos inhumados en sepulturas en cista (Fontanals 2014, Fontanals et al. 2015 & 2017; Gibaja et al. 2016A). Estos resultados descartan la posibilidad que las dataciones analizadas en este trabajo se vean afectadas por el efecto reservorio, de tal modo que no ha sido necesario calibrarlas con la curva marina o con una curva mixta (ver *discusión* en el primer apartado de este capítulo). Sin embargo, es importante resaltar que el reducido número de individuos

analizados nos obliga a tomar con precaución estas afirmaciones. Deberemos esperar a futuros estudios que amplíen la muestra analizada para evaluar nuevamente estas interpretaciones.



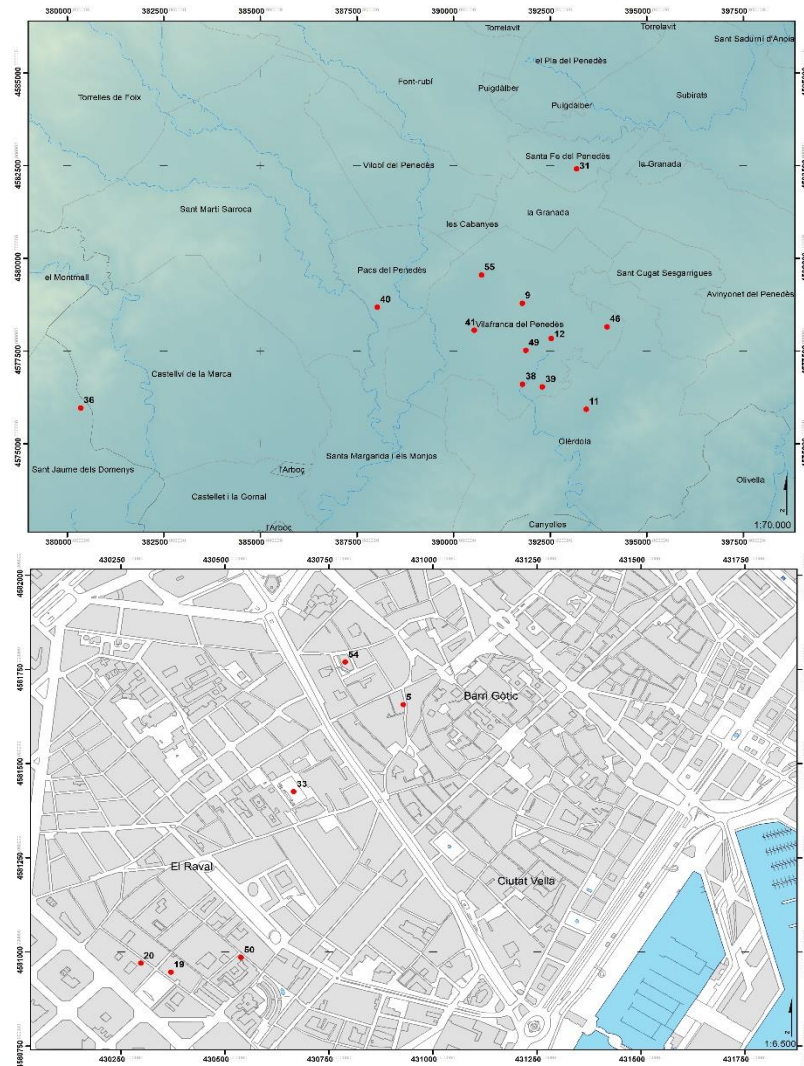


Figura 21. Mapa de los sitios fechados con aproximaciones a la zona del Penedés y de la ciudad de Barcelona (mapa realizado y cedido por Gerard Remolins).

Acerca de la presencia o ausencia de los materiales depositados en los ajuares que teníamos por objetivo analizar, 61 de las 170 dataciones adscritas hacen referencia a sepulturas asociadas a núcleos o soportes confeccionados en sílex melado, 44 a ornamentos de variscita, 10 a hachas y azuelas de jadeíta, amfibolita, nefrita y eclogita<sup>18</sup>, 13 a vasos

<sup>18</sup> En la entrada “Observaciones” de la base de datos se especifica el tipo de roca metamórfica presente en el ajuar.



cerámicos de estilo “boca cuadrada” y tan sólo 3 a láminas de obsidiana (Figura 22.).

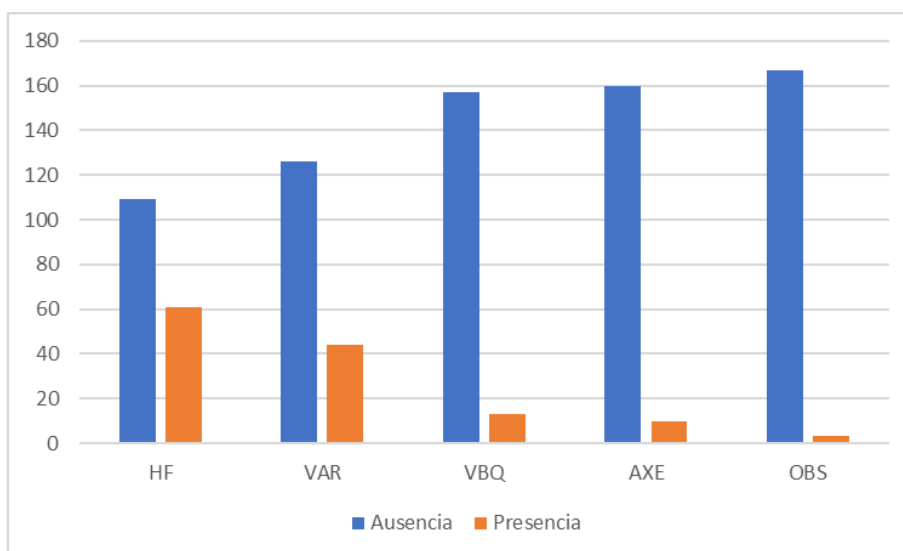


Figura 22. Número total de dataciones procedentes de enterramientos asociados a la presencia o ausencia de sílex melado (HF), varicita (VAR), vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada” (VBQ), hachas y azuelas de jadeíta, amfibolita, nefrita y eclogita (AXE) y obsidiana (OBS) integradas en la base de datos.

La poca presencia de las hachas y azuelas es debida, en parte, a una cuestión de muestreo. A diferencia de los otros materiales, determinar su procedencia requiere de análisis microscópicos no siempre sencillos. Hasta el momento tan solo existe un trabajo que haya abordado la procedencia de las hachas y azuelas de algunas sepulturas neolíticas del noreste peninsular (Masclans 2017), por lo que esos datos podrían variar en futuros estudios cuando se amplíen el número de artefactos analizados.

Finalmente, en relación a los datos procedentes de enterramientos de otras áreas de Europa, la cronología de los cuales queríamos comparar con los evaluados por nosotros, hemos tratado un total de 114 procedentes de Francia y 34 de Suiza (correspondientes a los horizontes “Chambon”, “Chasséen” y “Chamblandes” (*Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database*)).

Sin embargo, tal y como hemos ido señalando a lo largo de este trabajo, ni todos los datos ni todos los contextos gozan del mismo grado de fiabilidad. Para realizar análisis

cronológicos no únicamente es importante escoger el modelo estadístico adecuado, sino también la información apropiada (tener en cuenta el tipo de muestra y sus problemas asociados, la desviación estándar de las dataciones, el grado de perturbación, que haya sufrido intrusiones, etc.). Así, una vez recopilada y sistematizada toda la información en la base de datos, hemos realizado un filtrado de los datos con el objetivo de realizar los modelos y análisis estadísticos a partir de fechas y contextos que fueran fiables y no nos condujeran a errores explicativos.

Tal y como hemos comentado anteriormente, de las excavaciones antiguas muchos datos no se registraron o son incompletos. Además, muchas estructuras funerarias se conservan en muy mal estado, (con los huesos desplazados por erosiones debidas a saqueos o actividades agrícolas) y en numerosos casos los ajuares también han sido parcial o completamente alterados<sup>19</sup>. Por otro lado, trabajos recientes (Allièse 2016; Duboscq 2017; Gibaja et al. 2017A & 2017B) han demostrado que algunas de las estructuras tradicionalmente consideradas como funerarias, a pesar de contener restos humanos, quizás no perseguían claramente este propósito. Se trata de silos o estructuras reaprovechadas con huesos fragmentados o incluso esqueletos enteros que han sido hallados en una posición que sugiere que podrían haber sido arrojados o depositados a la estructura sin una intención claramente ritual<sup>20</sup>.

Los criterios de selección para este filtrado fueron muy similares a los establecidos para escoger las estructuras e individuos que queríamos fechar: únicamente hemos seleccionado muestras sobre huesos humanos, con desviaciones estándar inferiores a  $\pm 80$ , procedentes prioritariamente de inhumaciones primarias con huesos articulados.

Siguiendo estos criterios hemos descartado un total de 22 dataciones radiocarbónicas para los análisis y modelos estadísticos (Tabla m3.3.): 16 de ellas por presentar una desviación estándar superior a  $\pm 80$ , 5 por tratarse de muestras procedentes de carbones o semillas (dos de ellas entran en el paquete de aquellas con desviaciones superiores a  $\pm 80$ )

---

<sup>19</sup> Siempre que no ha sido posible determinar algún tipo de información que quería categorizarse, se ha utilizado el carácter “ - “.

<sup>20</sup> Podrían ser restos de otras prácticas mortuorias, que implicaban el abandono o el rechazo de cadáveres. Si realmente fuese el caso, esto significaría que no todos los muertos recibieron el mismo tratamiento funerario, y podría ser un aspecto que respalde la idea de la existencia de desigualdades sociales (Gibaja et al. 2017).

y 3 por mostrar resultados bastante dispares de la cronología relativa y, además, niveles bajos de colágeno, por lo que resultaron poco fiables (*CNA2647.1.1*, *CNA2659.1.1* y *CNA3043.1.1*). Todas ellas aparecen resaltadas en cursiva en la base de datos (*Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database/hoja 1*).

Código Lab.	Edad C14	Des.E st.	Muestra	Método	Cal.B C (2σ)	Sitio	Estructura	Tipo	Periodo	Referencias
UBAR442	5310	90	Hueso humano	MC	4330-3975	Bòbila Madurell	G17	Fosa	Neolítico Medio	Martín et al. 1997
UBAR586	4810	70	Carbón	MC	3710-3420	Bòbila Madurell	BM-S78	Fosa	Neolítico Medio	Borrell & Bosch in press
UBAR 209	4860	90	Hueso humano	MC	3930-3375	Costa dels Garrics de Caballol	Cista 2	Cista	Neolítico Medio	Castany 1991
I11533	4225	90	Carbón	MC	3085-2500	Can Sadurní	-	Cueva	Neolítico o Final-Calcolítico	Oms 2014
BETA125440	4160	90	Hueso humano	MC	2915-2490	Cova Marge del Moro	Niv. II	Cueva	Neolítico o Final-Calcolítico	Oms 2014
UGRA148	5400	100	Carbón	MC	4450-3995	Arreganyats	Paleosol	Sepulcre de Corredor	Neolítico Medio	Oms 2014
UBAR100	5100	100	Hueso humano	MC	4225-3660	Garrofers Torrent Sta.Maria	Burial	Fosa	Neolítico Medio	Oms 2014
UGRA349	5040	100	Hueso humano	MC	4040-3645	Pla del Riu de les Marcetes	Burial	Fosa	Neolítico Medio	Oms 2014
-	4800	100	Hueso humano	-	3785-3365	Palà de Coma	PC1	Cista	Neolítico Medio	Oms 2014
BETA62852	4690	100	Hueso humano	-	3660-3105	Pujolet de Moja	E13	Fosa	Neolítico Medio	Oms 2014
-	5220	110	Carbón	MC	4325-3790	Can Tintorer	Mina 83	Mina	Neolítico Medio	Bosch & Borrell in press.

AA19183	480 0	110	Hueso humano	MC	3915-3350	Camí de Can Grau	CCG33	Fosa	Neolítico Medio	Oms 2014
I13313	413 0	110	Hueso humano	MC	3010-2350	Can Sadurní	Burial Mina 83	Cueva	Neolítico Final-Calcolítico	Oms 2014
UGRA156	404 0	110	Hueso humano	MC	2890-2295	Cau de la Guineu	Burial	Paradolmen	Neolítico Final-Calcolítico	Oms 2014
UBAR263	516 0	130	Hueso humano	MC	4320-3700	Sant Pau del Camp	S18	Fosa	Neolítico Medio	Oms 2014
CSIC31	407 0	130	Hueso humano	MC	2920-2210	Savassona	Pit	Fosa	Neolítico Final-Calcolítico	Oms 2014
I1518	431 0	140	Hueso humano	MC	3360-2575	Savassona	Pit	Fosa	Neolítico Final-Calcolítico	Oms 2014
CNA2647.1.1	403 0	35	Hueso humano	MC	2830-2470	Camí de Can Grau	CCG23	Fosa	Neolítico Medio	Morell et al. 2018A
CNA2659.1.1	457 2	55	Hueso humano	AMS	3510-3095	Camí de Can Grau	CCG26	Fosa	Neolítico Medio	Morell et al. 2018A
CNA3043.1.1	536 7	37	Hueso humano	AMS	4330-4055	Camí de Can Grau	CCG33	Fosa	Neolítico Medio	Morell et al. 2018A
OXA23641	415 6	28	Carbón	AMS	2880-2630	Cova de la Guineu	Ibext	Cueva	Neolítico Final-Calcolítico	Oms 2014
BETA280852	505 0	50	Semilla ( <i>Poacea</i> )	AMS	3960-3715	La Serreta Nord	E12	Fosa	Neolítico Medio	Esqué et al. 2015

Tabla 5. Dataciones de la base de datos descartadas de los análisis y modelos estadísticos realizados en este trabajo según los criterios de fiabilidad establecidos.

Así pues, finalmente hemos trabajado con un total de 195 dataciones radiocarbónicas. De estas, 19 proceden de enterramientos del Neolítico Antiguo, 156 del Neolítico Medio (horizonte de los “Sepulcros de Fossa”) y 20 del Neolítico Final-Calcolítico.

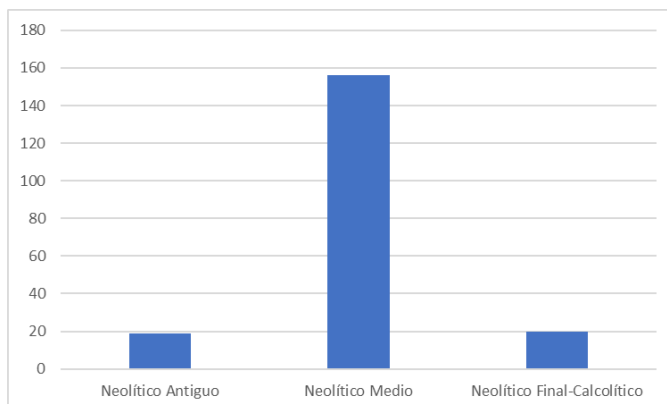


Figura 23. Total de dataciones radiocarbónicas utilizadas para los análisis y modelos estadísticos de este trabajo según su periodización.

Respecto a la tipología del enterramiento, 135 proceden de enterramientos en fosa, 22 de enterramientos en cista, 5 de enterramientos en minas (Gavà) y 9 de estructuras megalíticas. Asimismo, un total de 83 dataciones proceden de necrópolis, 73 de asentamientos al aire libre, 23 de cuevas, 12 de estructuras aisladas y 5 de minas.

Por lo que respecta a la presencia o ausencia de las materias primas exógenas, el sílex melado se asocia a un total de 58 sepulturas datadas, la variscita a 79, las hachas y azuelas a 9, los vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada” también a 9 y, finalmente, la obsidiana tan sólo en 2.

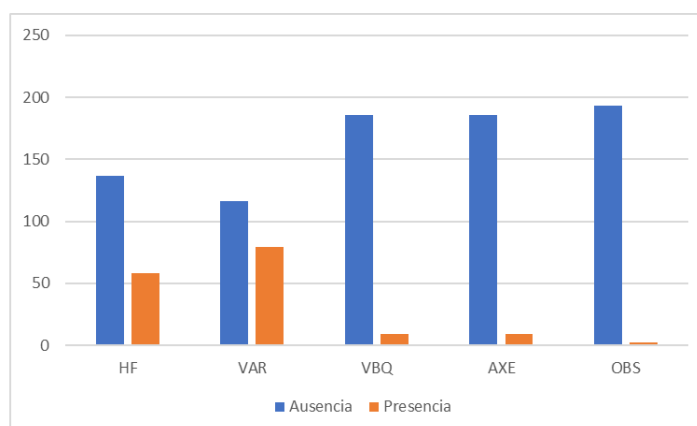


Figura 24. Número total de dataciones seleccionadas para los análisis y modelos estadísticos de este trabajo procedentes de enterramientos asociados a la presencia o ausencia de sílex melado (HF), variscita (VAR), vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada” (VBQ), hachas y azuelas de jadeíta, amfibolita, nefrita y eclogita (AXE) y obsidiana (OBS) integradas en la base de datos.

Debemos tener en cuenta que la representación descompensada de estos materiales puede deberse a factores como el número y tipo de enterramientos que se han fechado según los criterios de selección de las muestras, su estado de conservación, si se trata o no de excavaciones antiguas o si se han realizado análisis de procedencia de las materias primas. Así pues, la nueva batería de dataciones radiocarbónicas que hemos realizado en el marco del proyecto ha aumentado considerablemente el número de enterramientos fechados. Hemos pasado de 40 fechas a 130 de entre los aproximadamente 650 “Sepulcros de Fossa” documentados. Estos datos podrían variar en trabajos futuros cuando se amplíe el número de enterramientos a fechar.

Los mismos criterios han sido empleados al seleccionar las fechas procedentes de los enterramientos de Francia y Suiza. En este sentido, han sido descartadas un total de 15 dataciones del total de 148, por presentar desviaciones estándar superiores a  $\pm 80$  y/o por tratarse de muestras sobre carbón, semillas o huesos de fauna sin una asociación del todo clara con el enterramiento (Tabla 6). También se han señalado en cursiva en la base de datos (*Annexes\_I\_Radiocarbon\_Database/hoja 2*).

A modo de resumen, finalmente hemos trabajado con un total de 328 dataciones radiocarbónicas: 195 procedentes de enterramientos neolíticos del NE de la Península Ibérica y 101 de Francia y 32 de Suiza. Si bien los criterios de selección y validez han reducido la cantidad de dataciones radiocarbónicas a analizar, hasta un 10'13% en los del NE peninsular, un 11'40% en los franceses y un 5'8% en los suizos, tenemos la certeza de que todas ellas no solo proceden de muestras fiables, sino también de contextos fiables.

Código Lab.	Edad C14	Des.Es t.	Muestra	Método	Cal.BC. (2 $\sigma$ )	Sitio	Estructura	Horizonte Cultural	País	Referencias
CRG205	5085	162	Hueso humano	MC	4320-3535	Petit Tronc	Ciste Sujet 2	Cortaillod	Francia	Banadora database
LY4587	5130	150	Hueso humano	MC	4320-3650	Ricoh	Tomb e 370	Rubane	Francia	Banadora database
LY4583	5150	100	Hueso humano	MC	4230-3710	Ricoh	Tomb e 5	Rubane	Francia	Banadora database
LY1791	5660	140	Hueso humano	MC	4840-4240	Moula	Burial	Chasséen	Francia	Banadora database
LY865	5940	140	Hueso humano	MC	5210-4520	Reichstett	Fosse 43	Rubane	Francia	Banadora database

LY3748	5880	130	Hueso humano	MC	5200-4450	Fontbrégo ua	Fosse L12	Cardial	Francia	Banadora database
LY4375	5840	130	Hueso fauna	MC	5030-4375	Le Moulin de Barret	Couche 6	Epicardial	Francia	Zemour 2013
LY3302	5640	120	Hueso humano	MC	4770-4260	La Caune Balesta	Salle VII	Montboló	Francia	Clauste & Blaize 1993
CRG750	5225	120	Hueso humano	MC	4330-3785	Barmaz I	T19	Chamblan des	Suiza	Guélat et al. 1995
ARC409	5430	110	Hueso humano	MC	4485-3990	Barmaz II	T3	Chamblan des	Suiza	Guélat et al. 1995
BETA15 2134	5160	50	Carbón	MC	4145-3800	Caugnaux Agora	Sépul ture 250	-	Francia	Vaquer et al. 2008
LY2326	5340	45	Semilla	AMS	4325-4045	Caugnaux Agora	Sépul ture 30	-	Francia	Tchérémis sinoff 2008
BETA15 2137	5700	40	Carbon	AMS	4700-4500	Caugnaux Agora	Sépul ture 250	Chasséen	Francia	Vaquer et al. 2008
LY226	5355	45	Carbón	MC	4330-4050	Camp del Ginebre	S. 11 P3- 477	-	Francia	Vignaud 1998
LY395	5935	55	Carbón	MC	4950-4695	Le Pharo	Tomb e 22	-	Francia	Banadora database

Tabla 6. Dataciones de la base de datos procedentes de enterramientos de Francia y Suiza que han sido descartadas de los análisis y modelos estadísticos según los criterios de fiabilidad seleccionados.

### 3.5. DISCUSIÓN.

En este capítulo hemos desarrollado la metodología y los datos utilizados para abordar las hipótesis y objetivos del trabajo. En las dos primeras partes hemos tratado los fundamentos principales del método de datación por radiocarbono, el proceso de calibración, la tipología de las muestras (sus ventajas e inconvenientes) y cómo subsanar los posibles factores de error asociados al método. Seguidamente, hemos planteado la estadística como una herramienta de gran utilidad para precisar la cronología de contextos o fenómenos arqueológicos. Concretamente, hemos tratado las ventajas y limitaciones de la estadística descriptiva y de la modelización bayesiana; y hemos expuesto, paso por paso, el esquema analítico utilizado en los artículos que componen esta tesis.

La idea de fondo que queríamos trazar es que determinar la cronología de un contexto

o fenómeno arqueológico implica un proceso de inferencia que integra informaciones de tipo muy diverso para llegar a la mejor conclusión posible siempre en base a los datos disponibles. El grado de precisión de nuestros modelos cronológicos puede variar mucho, porque depende de varios factores como el número de dataciones, el tipo de muestras, el tramo de la curva de calibración en el que se encuentran, el tipo de información disponible *a priori* o el grado de fiabilidad del contexto, por poner algunos ejemplos. Tal y como hemos abordado a lo largo del capítulo, y como apunta Bayliss (2015), la estadística y los modelos bayesianos son la última etapa de un largo trabajo previo, en el que deben estudiarse en profundidad los contextos, seleccionar las muestras adecuadas, formular las preguntas adecuadas, realizar simulaciones, etc. Así, cuántas más fechas dispongamos y cuánta mayor sea su calidad y la fiabilidad de los contextos con que trabajemos, más plausibles serán nuestras interpretaciones.

En la tercera parte del capítulo hemos expuesto la ontología y la estructura utilizada en la base de datos confeccionada para realizar el trabajo. La estructura planteada parte de los fundamentos del método por radiocarbono y sus factores de error. Su objetivo ha sido sistematizar toda aquella información relacionada con la fecha radiocarbónica, la muestra, así como las cuestiones estratigráficas, tafonómicas y arqueológicas del contexto para poder obtener una relación lo más fiable posible entre los intervalos de probabilidad del radiocarbono y el evento que realmente queremos fechar.

En cierto modo, estas tres primeras partes de este capítulo han sido escritas con la intención de aportar una especie de manual que explique los pasos a seguir para abordar un análisis de este tipo, desde la selección de la muestra en el campo hasta la interpretación de los resultados finales, poniendo sobre la mesa la complejidad de este tipo de trabajos y el gran potencial de esta metodología para abordarlos.

Finalmente, en la última parte del capítulo hemos presentado los datos utilizados, tanto inéditos como publicados, los criterios de selección y caracterización empleados, así como ciertas tendencias y/o patrones que a nivel cuantitativo hemos podido observar de forma previa a los análisis estadísticos. Tal y como veremos a continuación, en los resultados publicados, este enfoque metodológico y el conjunto de datos empleados, nos han permitido establecer, por un lado, una secuencia cronológica sobre el horizonte de los



“Sepulcros de Fosa” y su vinculación con las redes de intercambio de materias primas asociadas a este patrón funerario. Por otro lado, hemos podido determinar las relaciones temporales con algunos de los contextos neolíticos europeos con los que comparten numerosas similitudes.

#### 4. COMPENDIO DE PUBLICACIONES / COMPENDIUM OF PUBLICATIONS.

Esta tesis está compuesta por las siguientes publicaciones / This tesis is composed of the following publications:

- Gibaja, J. F., Morell, B., López-Onaindía, D., Zémour, A., Bosch, À., Tarrús, J. & Subirà, M. E. (2018). Nuevos datos cronológicos sobre la cueva sepulcral neolítica de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles, Girona). *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 69, 145-155. <https://doi.org/10.21630/maa.2018.69.01>
  
- Gibaja, J.F., Morell, B., Barceló, J.A., 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 Madurell-Can Gambús" in the north-east of the iberian peninsula: Dating the "Pit Burials" cultural horizon and long-range raw materials exchange networks. *Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research.*, 59(6), 1713-1736. <https://doi.org/10.1017/RDC.2017.131>
  
- Morell, B., Barceló, J.A., Oms, X., Remolins, G., Subirà, M.E., Chambon, P. & Gibabja, J.F. 2018. Tracing the Chronology of Neolithic pit and cist burials in North-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 491-504. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.03.024>
  
- Morell, B., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Pou, R., Marti, M., Barceló, J.A., Oms, X., Santos, F.J., Mozota, M., Subirà, M.E. & Gibaja, J.F. 2018. Chronology of the Neolithic Necropolis at Camí de Can Grau (NE Iberian Peninsula). Funerary pattern changes and long-distance raw material exchanges. *Comptes Rendus Palevol*, 16, 399-412. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2017.10.002>



**4.1. NUEVOS DATOS CRONOLÓGICOS SOBRE LA CUEVA SEPULCRAL NEOLÍTICA DE L'AVELLANER (LES PLANES D'HOSTOLES, GIRONA).**  
*Munibe Antropologia-Arkeologia, 69, 145-155.*

**Gibaja, J.F.**. Intitució Milá i Fontanals (IMF-CSIC). Grupo de Arqueología de las Dinámicas Sociales. C/Egipcíiques 15, 08001 Barcelona, jfgibaja@imf.csic.es

**Morell, B.** Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, morell.bera@gmail.com

**López-Onaindía, D.** Grup de Recerca Aplicada al Patrimoni Cultural (GRAPAC). Unitat d'Antropologia Biològica. Facultat de Biociències (Edifici C), Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra, Barcelona, diego20lopez@gmail.com

**Zemour, A.** Ausonius-UMR 5607 CNRS, LabEx Sciences Archéologiques de Bordeaux (ANR-10-LABX-52). Maison de l'Archéologie, 8, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac Cedex, Francia, aurelie.zemour@u-bordeaux-montaigne.fr

**Bosch, A.** Prehistoriador. Girona. aboschlloret@gmail.com

**Tarrús, J.** Prehistoriador. Banyoles. joseptarrus@gmail.com

**Subirà, M.E.**. Grup de Recerca Aplicada al Patrimoni Cultural (GRAPAC). Unitat d'Antropologia Biològica. Facultat de Biociències (Edifici C), Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Bellaterra, Barcelona, Eulalia.Subira@uab.cat

## RESUMEN

La Cova de l'Avellaner es uno de los contextos arqueológicos del noreste peninsular más conocidos perteneciente cronológicamente a los inicios del neolítico. La presencia de tres cavidades con numerosos restos humanos y su cronología neolítica tan antigua, ha hecho de este yacimiento un lugar de referencia sobre las prácticas funerarias realizadas por aquellas primigenias comunidades agricultoras y pastoras. Las primeras dataciones que se realizaron a inicios de los 90 ofrecieron resultados con márgenes de incertidumbre demasiado altos, que generaban ciertas dudas sobre su validez. Por ello, recientemente decidimos iniciar un programa de dataciones para concretar la cronología de los tres espacios funerarios documentados. Se fecharon tres individuos, uno de cada espacio. Los resultados de esas dataciones y su contextualización en el marco de las primeras prácticas funerarias del noreste peninsular constituyen el objetivo del presente artículo.

**Palabras clave:** Prácticas funerarias, Cronología, Neolítico, Noreste Península Ibérica

## **ABSTRACT**

Until a few years ago, the available information regarding the funerary practices of the first Neolithic communities was negligible. Currently, this has changed significantly, thanks, particularly, to the works carried out in sites such as Cova Bonica or Can Sadurní. In this context, the Cova de l'Avellaner, the addressed site of this paper, was one of the best-known Early-Neolithic archaeological contexts from the Northeast of the Iberian Peninsula. The site has three cavities with numerous human remains. This exceptional archaeological record and its old chronology have made this cave a reference site of the funerary practices of the first farming societies.

The information provided, both by contexts such as Cova de l'Avellaner, and those currently being excavated, seem to show that the caves were selected during this time as burial sites. Different individuals were buried in those cavities, probably accompanied by different tools, containers and ornaments as grave goods. The problem is that it is practically impossible to assign such elements to each of the dead and even to recognize others who could be part of the sediment that covered the bodies. In any case, in this paper a description of the discovered materials are presented, since their characteristics can help to recognize which type of artefacts could accompany the buried and because they also have an added value as a chronological marker; this is what has helped us to define better the moment in which the burials were practiced. The first radiocarbon dates from Cova de l'Avellaner were made during the nineties and provided too wide margins, so their validity is doubtful. For this reason we have recently started a radiocarbon dating programme, in order to determine the chronology of the three funerary spaces of the cave. Three individuals have been dated, one from each cavity. The main goal of this work is to contextualise the obtained results in the frame of the first funerary practices from the Northeast of the Iberian Peninsula. The use of the caves as a funerary place disappears at the end of the fifth millennium, when the communities begin to inhumate their individuals recurrently in pits or stone boxes, especially individually. That period is known as “the Pit Burials Culture”. Curiously, at the end of the Neolithic and the beginnings of the Chalcolithic, in the last centuries of the IV millennium, caves are once again used as collective burial sites, at the same time dolmens or artificial hypogea also appear as funerary structures. We are currently working on the materials and human remains that were exhumed in this cave at the end of the 20th century. The magnificent state of conservation of the

biotic and abiotic remains has led us to address new analysis that we hope to present in the coming years. Among them, the review of all the graphic and anthropological material, in order to evaluate if there were more buried individuals, but especially how the burial process was, should be highlighted. In this aspect, the so-called *Anthropologie de Terrain* has much to say. Likewise, we have started a morphology analysis of the dentition of the individuals that should provide information regarding the connections between these communities and other groups.

**Key words:** Funerary Practices, Chronology, Neolithic, Northeast of the Iberian Peninsula.

### **1. Los inicios del neolítico en el nor-este de la península Ibérica: prácticas funerarias y cronología.**

Este trabajo tiene por objetivo presentar las nuevas dataciones realizadas en una de las cuevas sepulcrales de referencia para el neolítico del noreste de la península ibérica: la Cova de l'Avellaner (Cogolls, les Planes d'Hostoles, la Garrotxa). Excavada entre el 1985 y el 1986, es uno de los pocos contextos en cueva donde se han documentado numerosas inhumaciones, en concreto hasta 19. Por consiguiente, este artículo aporta información suplementaria a la magnífica monografía que se publicó en 1990 en relación al yacimiento y en el que había un apartado sobre la cronología de las inhumaciones documentadas (Bosch y Tarrús, 1990).

Las primeras dataciones radiocarbónicas realizadas por método convencional indicaban que alguna de las tres cavidades que conforman la cueva, en concreto la primera (muestras sobre carbones) y la tercera (muestras sobre huesos humanos), tuvieron un uso funerario entre finales del VI y mediados del V milenio cal BC. Ello convertía a la Cova de l'Avellaner en uno de los yacimientos neolíticos más antiguos con restos óseos humanos.

Si bien, desde entonces, diversas inhumaciones en cueva de inicios del neolítico han sido descubiertas en el noreste peninsular, caso de los restos hallados en la Cova de Can Sadurní (Begues, Barcelona) o, más recientemente, en Cova Bonica (Vallirana, Barcelona), siguen siendo muy escasas las evidencias funerarias en este tipo de contextos y durante este periodo (Blasco et al. 2005; Oms et al. 2017). Esta escasez

inhumaciones cambiará algunos siglos después, con la proliferación, de manera sistemática, de enterramientos realizados en fosas o en cistas excavadas en el suelo, en lo que se conoce como la Cultura de los Sepulcros de Fosa (Gibaja, 2004; Oms et al. 2016).

En este marco, las primeras dataciones realizadas en Cova de l'Avellaner debían ponerse en cuarentena por el tipo de muestra fechada y por el resultado obtenido. Por ello, iniciamos un pequeño programa de dataciones dirigido a fechar uno de los individuos de cada una de las tres cavidades. Pretendíamos cerciorarnos de la cronología de esas tres inhumaciones, tener un primer referente de cuándo podían haberse depositado el resto de cuerpos de cada cavidad sepulcral y situar cronológicamente este tipo de prácticas funerarias en relación, no sólo a las otras cuevas con inhumaciones, sino también al conjunto de enterramientos documentados desde inicios del neolítico hasta el calcolítico.

## **2. La cova de l'Avellaner**

Localizado en el municipio de Les Planes d'Hos- toles (Girona), se trata de un yacimiento localizado en una terraza travertínica, en la orilla izquierda del torrente de Cogolls, a unos 430 m. s.n.m. Las cavidades que conforman esta cueva son tres hendiduras naturales dentro de dicha roca travertínica (Latitud norte: 42° 04' 30", Longitud este: 02° 32' 30) (Figura 1.).

El 13 de agosto de 1985 se descubre el yacimiento en el curso de una prospección de esa zona a cargo de Josep Tarrús y Àngel Bosch. En noviembre de ese mismo año se inicia la primera campaña centrada en la excavación de la zona-I (con la cavidad sepulcral-1), momento en el cual se comprueba que existe una segunda zona arqueológica con dos cavidades sepulcrales más. Éstas serán excavadas en 1986 a lo largo de distintas campañas (Bosc & Tarrús 1987 & 1990; Bosch et al. 1989).

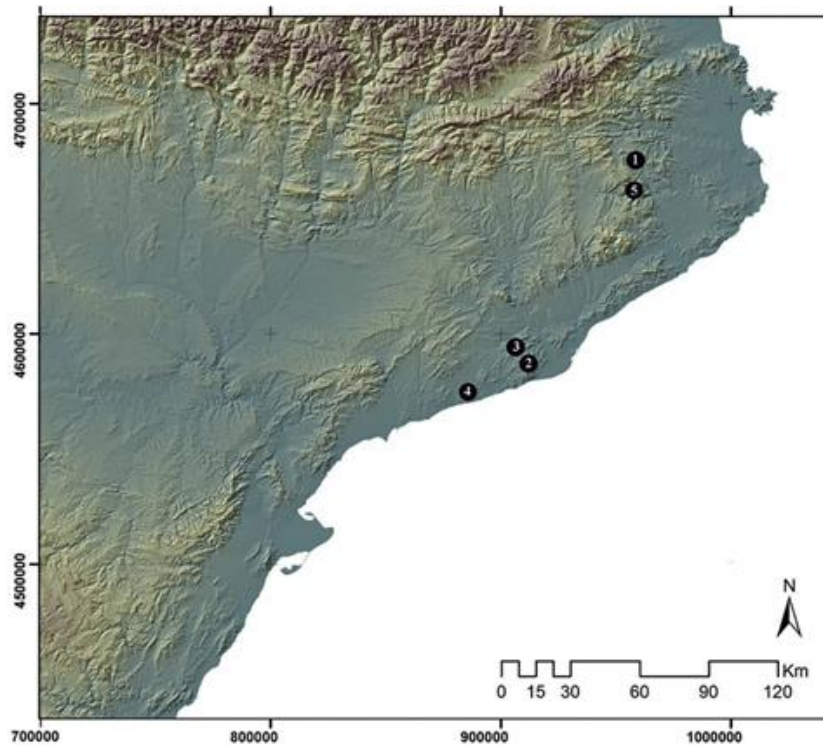


Figura. 1. Situación de yacimientos citados en el texto del noreste peninsular: 1. Cova de l'Avellaner; 2. Cova de Can Sadurní; 3. Cova Bonica; 4. Cova Foradada; 5. Cova del Pastoral / Location of the northeastern Iberian Peninsula sites cited in the text: 1. Cova de l'Avellaner; 2. Cova de Can Sadurní; 3. Cova Bonica; 4. Cova Foradada; 5. Cova del Pastoral.

La zona-I estaba formada por dos grietas, una de este a oeste (1,20 x 0,40 m. y 1,80 m. de altura) y la otra de norte a sur (1,80 x 0,40 m. y 1,60 m. de altura), dentro de las cuales estaba la cavidad sepulcral-1. Esa cavidad contenía los restos de 8 individuos (4 infantiles, 1 juvenil y 3 adultos) muy revueltos (Figura. 2).

La zona-II contenía dos cavidades sepulcrales parcialmente conservadas: una abierta hacia el sur (cavidad sepulcral-2, de 0,80 x 0,50 m. y 0,95 m. de altura) y la otra al este (cavidad sepulcral-3, de 1,20 x 0,80 m. y 1,80 m. de altura). Ambas estaban separadas por muros de piedra seca. La cavidad sepulcral-2 contenía 6 individuos (1 infantil, 4 adultos y 1 senil), mientras que en la cavidad sepulcral-3 se hallaron 5 individuos (1 infantil, 1 juvenil, 2 adultos y 1 senil). Por encima de la



cavidad sepulcral-3, aprovechando una chimenea de la hendidura travertínica, se localizaron los restos de una posible cavidad sepulcral-4, en la que no se documentó ningún resto humano.

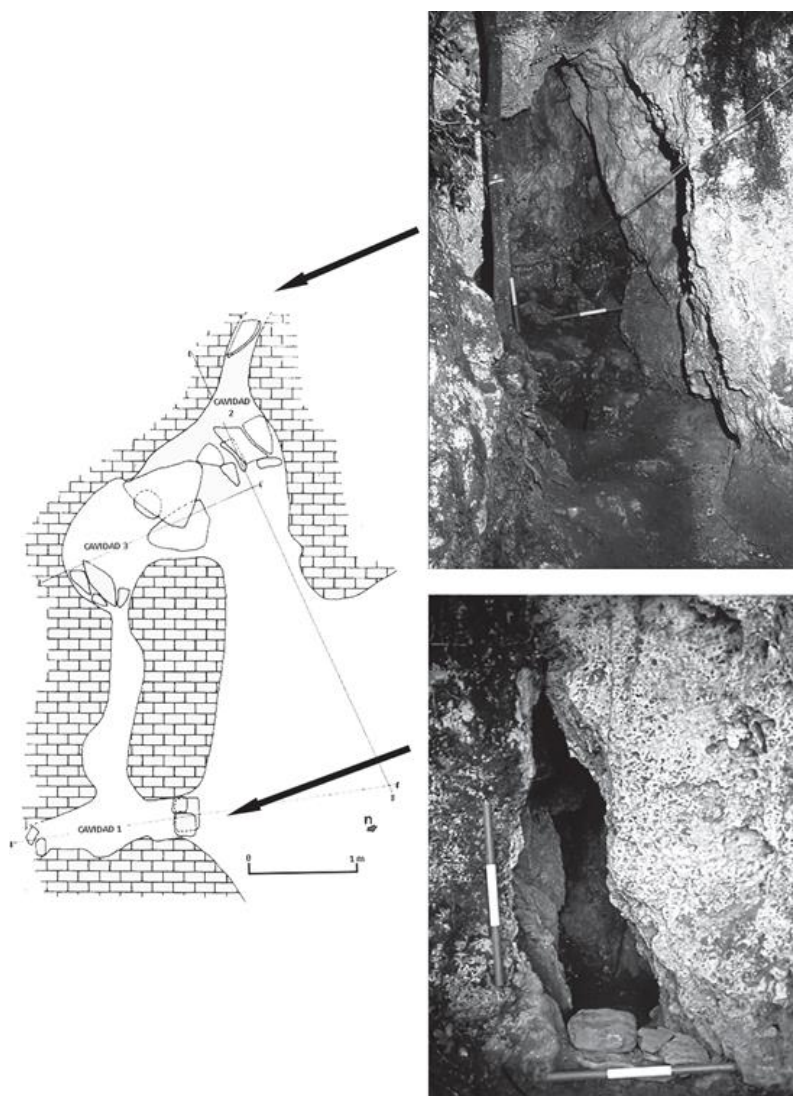


Figura. 2. Planta de la Cova de l'Avellaner: Fotos de la zona-I y zona-II / Floor plan of the Cova de l'Avellaner: Photos of the zone-I and zone-II.

El análisis antropológico realizado por Oriol Mercadal apuntaba que se depositaron

como mínimo 19 individuos en esas tres cavidades sepulcrales. A pesar de las remociones provocadas por su uso como madriguera de pequeños mamíferos, se conservó una representación de casi todos los huesos del esqueleto, aunque ninguno apareció completo. A este respecto, habría que tener en cuenta las remociones que entonces se realizaron para ir depositando los cuerpos. En relación al sexo de los individuos, se distinguieron con seguridad 5 masculinos (4 adultos y 1 senil) y 3 femeninos (2 adultos y 1 senil). El resto eran alofisos, es decir, indeterminables (Bosch et al. 1989).

En general, el estado de salud de la población inhumada era bueno. Los signos de patología son escasos y corresponden esencialmente a caries, periodontitis y algo de artrosis. El estudio isotópico realizado demuestra que los sujetos consumieron, en especial, recursos vegetales con un complemento de proteínas animales. Estos datos coinciden con los obtenidos sobre otros individuos neolíticos del noreste de la península ibérica (Fontanals et al. 2016).

Un análisis genético realizado sobre 7 de los 19 individuos y publicado en 2011 (Lacan et al. 2011), indicaba que 6 de los individuos analizados eran hombres. Este estudio señalaba una gran variabilidad de haplotipos de ADN mitocondrial (4 haplotipos en esos 7 individuos). Si bien en la península ibérica algunos de esos haplotipos ya estaban presentes en el mesolítico, otros solo están relacionados con los grupos de los primeros agricultores (Hervella et al. 2012; Lacan et al. 2011; De la Rúa et al, 2015; Szécsényi-hagy et al. 2017). En cuanto al estudio del cromosoma Y, los datos mostraron que 5 de los 6 individuos masculinos presentaban el haplogrupo G2a. Dicho haplogrupo se ha observado también en individuos de yacimientos neolíticos de Alemania y Francia, lo que, según los autores del estudio, podría estar relacionado con el significativo papel de los individuos masculinos en la expansión del neolítico en el Mediterráneo Occidental europeo (Lacan et al. 2011).

El rito funerario que se puede deducir en el caso de las pequeñas cavidades sepulcrales de la Cova de l'Avellaner sería el de depósitos, más que inhumaciones, primarias y sucesivas. Es decir, por falta de espacio y de sedimento, suponemos que no fueron enterrados en un hoyo cubierto de tierra, sino simplemente dejados en el

suelo rocoso de las cavidades. Ese tipo de rito parece idéntico al documentado, por ejemplo, en el yacimiento francés de la Baume Bourbon (Cabrières, Gard, Languedoc Oriental) (Zemour 2013).

Las tres cavidades principales funcionarían como contenidos arquitectónicos únicos destinados a la protección de los cuerpos. Probablemente quedarían selladas mediante materiales perecederos o bloques de piedras. Recordemos, que la cavidad sepulcral-1, de la zona-I, presenta un muro de piedra seca que obtura su pequeña entrada y que las cavidades sepulcrales-2 y 3, dentro de la zona-II, estaban separadas también por diversos bloques que conformaban los dos espacios funerarios. De este modo, podemos afirmar que cada una de las cavidades sepulcrales estaban pensadas para proteger a los cuerpos depositados en ellas, cosa que se consiguió seguramente durante bastante tiempo, hasta que los fenómenos naturales (agua) y la actividad de los pequeños mamíferos removieron los enterramientos hasta que fueron hallados en 1985-1986 (Bosc & Tarrús 1990).

Cada nuevo depósito supuso la remoción, y seguramente la reducción, de los individuos anteriores. En este sentido, la existencia de numerosos huesos humanos y de fauna con cremaciones parciales a baja temperatura (300°-350°) nos han inducido a pensar que el fuego era utilizado para conseguir nuevos espacios en la cavidad sepulcral. Actualmente, se ha puesto en marcha una nueva revisión de los restos osteológicos que permitirá aportar nuevos datos sobre la función funeraria del yacimiento. Tal información se incluirá en un estudio comparativo con otros contextos sepulcrales de la tradición Impreso-Cardial del Mediterráneo noroccidental (Zemour, 2014; Zemour et al. 2017).

Cabe señalar que entre los restos de fauna doméstica (cerdo, oveja-cabra) o salvaje (corzo, ciervo, jabalí) predominaban las extremidades, cosa propia de las ofrendas funerarias por ser las partes con mayor y mejor proporción de carne.

Los objetos manufacturados hallados en las tres cavidades sepulcrales fueron vasos cerámicos, piezas líticas talladas, manos de molinos de piedra, útiles sobre hueso o asta y objetos de adorno elaborados en concha, piedra, hueso o dientes de animales.

Con respecto a la cerámica, se documentaron fragmentos de hasta 41 vasos de

tradición epicardial (Figura. 3). La industria ósea fue especialmente rica al hallarse: 2 espátulas-colgantes (procedentes de un omóplato de un gran herbívoro, seguramente un bóvido), 2 punzones y 10 fragmentos de punzón sobre asta de corzo; 1 fragmento de punzón confeccionado sobre metápodo de ovicáprido; 1 objeto fusiforme con el tallo roto (un posible punzón o punta del que desconocemos la especie y el hueso con el que se elaboró); 2 fragmentos de útiles indeterminados con extracciones (de especie no determinable); y 1 arranque de asta de ciervo con extracciones (posiblemente una matriz).

La industria lítica era bastante pobre. La formaban 202 elementos, elaborados en sílex, cristal de cuarzo, cuarzo, lidita y corneana, entre los que únicamente había 12 piezas retocadas (laminillas con retoques marginales, raspadores, muescas, buriles y guijarros o cantos tallados). Completaban el registro lítico 8 núcleos poliédricos y prismáticos y 182 restos de talla. Los 25 objetos de adorno recuperados en las tres cavidades sepulcrales eran mucho más variados. Así se documentaron: 1 brazalete de pectúnculo articulado con doble perforación; 3 discos biperforados en su zona central de pectúnculo; 2 grandes colgantes sobre colmillo de jabalí, uno con una única perforación en su extremo basal y otro igual pero con dos perforaciones (Figura. 4); 1 colgante de roca verde en forma de lágrima (no analizada y que quizás podría tratarse de variscita); 1 colgante pequeño, lenticular y con una perforación trabajado sobre colmillo de jabalí; 1 colgante sobre concha de *cardium* perforada; 10 cuentas de collar discoidales u ovaladas, de las cuales 7 estaban elaboradas sobre concha, 2 sobre esteatita y 1 sobre calcita; y, finalmente, 6 fragmentos de concha (4 de *cardium* y 2 de pectúnculo) en proceso de fabricación para obtener cuentas de collar discoidales.

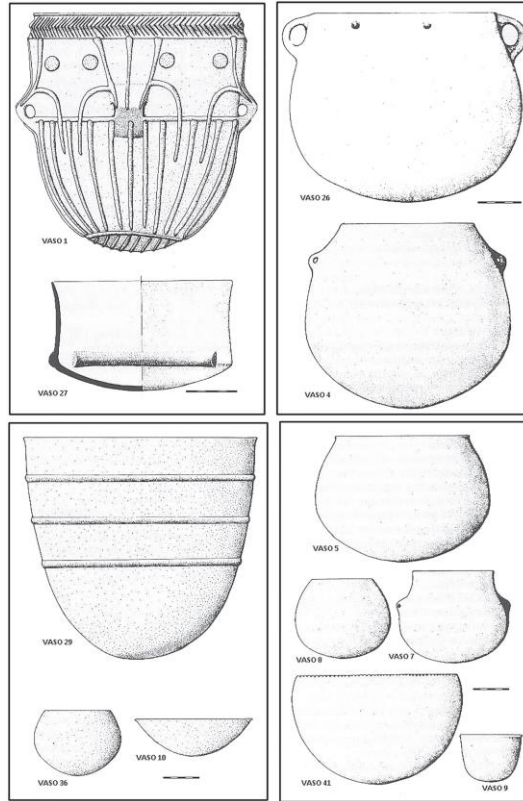


Figura. 3. Principales formas cerámicas (Epicardial reciente) de la Cova de l'Avellaner / Main pottery types (late Epicardial) of the Cova de l'Avellaner.



Figura. 4. Colmillo de jabalí biperforado de la cavidad sepulcral-3 (zona-II) / Perforated boar tusk from the sepulchral cavity-3 (zone-II).

Entre la fauna registrada había restos de distintas especies domésticas (oveja-cabra y cerdo) y salvajes (corzo, ciervo y jabalí), que hemos considerado que formaban parte del ajuar funerario. La presencia de algunos restos de perro (*Canis familiaris*) también podrían vincularse con los materiales dejados como ajuar.

Buena parte de estos recipientes, instrumentos y ornamentos llegaron a las cavidades con los difuntos, algunos depositados ex profeso – como los vasos cerámicos, los objetos de adorno y algunos objetos de hueso, caso de las espátulas y colgantes- y otros quizás como parte del utillaje que habitualmente usaba el inhumado (entre ellos, varios de los útiles líticos tallados y los elaborados en hueso).

Cabe insistir que todo el ajuar funerario era muy homogéneo y encajaba perfectamente con un momento de lo que se conoce como Epicardial final, equivalente a la fase preliminar del Neolítico Medio Inicial del grupo de Montboló. Este momento es especialmente bien conocido en la comarca de la Garrotxa (Olot), donde aparece en los hábitats de Plansallosa-II (Vall del Llierca) (Bosch et al. 1998), así como en la Dou y la Codella (Vall d'en Bas) (Alcalde & Saña 2009). Los útiles recuperados en hueso y piedra tallada, además de los objetos de adorno elaborados en concha, hueso, diente o piedra, son propios del neolítico antiguo, ya en una fase reciente, aunque no son determinantes para una cronología afinada.

En cambio, los fragmentos cerámicos decorados y las formas de los vasos de las cuatro cavidades nos sitúan, sin duda, en inicios del V milenio cal BC. En ellos sólo hallamos un fragmento pequeño con impresiones de peine, y otros tres, minúsculos, con un surco inciso, que podríamos considerar herencia de un Epicardial antiguo o Cardial final. El resto de decoraciones en el material cerámico se reduce a cordones lisos. Finalmente, apuntar la presencia de vasos sin decorar, la mayoría de ellos globulares, que dominan el conjunto.

El descubrimiento de una taza con carena baja provista de una barrita trapezoidal sobre ella, y otro fragmento con un asa tubular vertical, nos indican que las formas y prensiones características del grupo de Montboló ya estaban presentes en la Cova de l'Avellaner. Por otro lado, ninguna de estas formas cerámicas lisas encajaría en un Montboló reciente de finales del V milenio cal BC ni, aún menos, en un Neolítico Medio Pleno de la primera

mitad del IV milenio cal BC, como sería el horizonte, bien conocido, de los Sepulcros de Fosa (Bosch & Tarrús 1990).

Recordemos que tanto el grupo de Montboló en el norte, como el de Molinot en el centro-sur de Cataluña, presentan sus primeras fechas de radiocarbono en la primera mitad del V milenio cal BC. Es el caso de los hábitats de Ca n'Isach, en el Alt Empordà (Tarrús 2017), de La Dou, en la Garrotxa (Alcalde et al. 2013 & 2014) y de la cueva de Can Sadurní, en el Baix Llobregat (Blasco et al. 2011). Más tarde experimentarán su apogeo en la segunda mitad del V milenio cal BC, con el inicio de las tumbas con foso de acceso y las cistas con grandes túmulos de Tavertet (Molist & Clop 2010).

Otro hecho a tener en cuenta es la escasa capacidad de las cavidades sepulcrales de la Cova l'Avellaner. Difícilmente podemos imaginar que su uso pudiera prolongarse más allá de 100-200 años antes de quedar totalmente colmatadas.

### **3. Nuevas dataciones**

#### *3.1. Precedentes*

Hasta ahora, las referencias cronológicas que teníamos de estas cavidades funerarias de la Cova de l'Avellaner procedían, especialmente, de las características morfológicas y decorativas de la cerámica, así como de las dos dataciones realizadas sobre muestras de carbón o hueso humano mediante el método de datación convencional.

En ambos casos, los datos nos remitían a la mitad del V milenio cal BC; es decir, lo que en horizontes culturales para el noreste de la península ibérica sería un neolítico antiguo Cardial final o un Epicardial reciente.

Sin embargo, como hemos comentado, en el marco del proyecto de investigación I+D: “Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” (HAR2011-23149),

decidimos poner en marcha un pequeño programa de dataciones dirigido a fechar a uno de los muertos depositados en cada una de las tres cavidades funerarias (Tabla 1). Considerábamos que era necesario hacer nuevas dataciones por dos motivos:

1. Partimos del principio que aquellas dataciones con variaciones superiores a  $\pm 100$  años deben ser tomadas con suma precaución (Zilhaho 2001; Morales et al. 2010).

2. Las dataciones de carbones suelen ofrecer cronologías más antiguas como resultado del conocido como “efecto de madera vieja”. Al desconocer la especie y la parte del árbol de donde procedía el carbón analizado, el resultado de la fecha GAK-12933 nos generaba ciertas dudas (Dean 1978; Schiffer 1986; Ashmore 1999). Estas dudas se acrecentaron cuando revisando la información se observó que esa datación no provenía de un único carbón, sino de varios fragmentos hallados en la cavidad sepulcral-1.

Ante esta situación decidimos fechar mediante AMS (Accelerator Mass Spectrometry) los restos óseos de una de las inhumaciones de cada cavidad.

### *3.1. Cronología de la Cova de l'Avellaner: método y resultados*

Para evaluar los resultados cronométricos obtenidos hemos realizado un conjunto de tests estadísticos dirigidos a conocer el periodo en el que fueron inhumados los individuos fechados. Para ello, en primer lugar, hemos analizado la distribución cronológica del total de dataciones disponibles, tanto las nuevas como las antiguas, mediante la suma de sus distribuciones de probabilidad (Weninger 2011; Williams 2012). Tal y como podemos observar en el gráfico (Fig. 5), las inhumaciones fueron continuas en el tiempo entre el 5250 y el 4490 cal BC ( $2\sigma$ ), aproximadamente.

Sin embargo, el hecho de trabajar con muestras analizadas mediante métodos diferentes (convencional y AMS), en las que, como ya hemos comentado, las más antiguas presentan desviaciones estándar igual o mayor a  $\pm 100$  y en las que además una de ellas procedía de la unión de varios carbones, nos obligó a evaluar su distribución cronológica por separado para no generar una lectura errónea. Tal y como se puede observar en la figura 6, las muestras más antiguas sitúan la distribución cronológica de los enterramientos en un



intervalo temporal más amplio (5190-4430 cal BC) y, por lo tanto, más incierto, que las muestras fechadas mediante AMS (5250-4740 cal BC).

Estos resultados, junto a los problemas citados, nos han llevado a descartar las dos dataciones más antiguas y tomar únicamente los resultados asociados a las tres más recientes.

La prueba de Chi-Cuadrado, que permite evaluar el grado de superposición entre las tres fechas, no ha dado suficiente consistencia estadística. Por consiguiente, en base a los datos disponibles, podemos afirmar que los tres enterramientos no fueron contemporáneos en el tiempo.

Lab.Cod.	Fecha	Des.Est	Muestra	Procedencia	Referencia	Cal.2 $\sigma$	$\delta$ 15N (‰)	$\delta$ 13C (‰)	C:N	%C	%N	Ref.Bib.
GAK12933	5920	180	Grupo carbonos	Cavidad 1	Carbones	5290-4400	-	-	-	-	-	Bosch & Tarrús 1990
UBAR109	5830	100	Hueso Humano	Cavidad 3	Huesos humanos	4935-4460	-	-	-	-	-	Bosch & Tarrús 1990
CNA3304.1	5941	34	Hueso humano	Cavidad 1	AV-CO I-X 25 (Peroné)	4930-4725	8,47	-21,14	3,8	30,9	9,6	Inédita
CNA3305.1	6204	34	Hueso humano	Cavidad 2	AV-CO II-155 (Tibia)	5290-5055	8,75	-20,52	3,5	36,3	12,1	Inédita
CNA3306.1	6094	34	Hueso humano	Cavidad 3	AV-CO III-284 (Radio)	5210-4860	8,60	-20,77	3,8	33,9	10,5	Inédita

Tabla 1: Dataciones radiocarbónicas disponibles procedentes de la Cova de l'Avellaner. Todas ellas han sido calibradas con el software *OxCal* v.4.2. (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (REIMER et alii, 2013)/ Available radiocarbon dates from the Cova de l'Avellaner. All of them have been calibrated with the *OxCal* v.4.2 software (BRONK RAMSEY, 2009) and the IntCal 13 calibration curve (REIMER et alii, 2013).

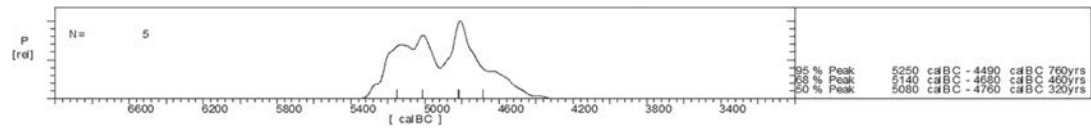


Fig. 5. Suma de las Distribuciones de Probabilidad de todas las dataciones disponibles procedentes de la Cova de l'Avellaner / Sum of Probability Distributions of all available dates from the Cova de l'Avellaner.

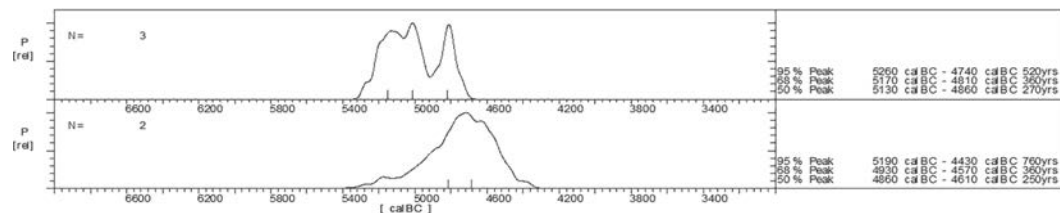


Fig. 6. Suma de las Distribuciones de Probabilidad de las dataciones radiocarbónicas realizadas en AMS (parte superior del gráfico) y por Método Convencional (parte inferior del gráfico) de la Cova de l'Avellaner / Sum of Probability Distributions of the radiocarbon dating carried out by AMS method (upper part of the graph) and by Conventional Method (lower part of the graph) of the Cova de l'Avellaner.

#### 4. La cova de l'Avellaner en relación a los otros enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo y el Neolítico Final-Calcolítico del NE peninsular.

Cabe decir, en primer lugar, que son muy escasos los contextos funerarios en cueva de inicios del neolítico del noreste de la península ibérica que han sido fechados. Tanto es así, que las únicas referencias publicadas que tenemos proceden de: Cova Bonica (Vallirana, Barcelona), Cova Foradada (Calafell, Barcelona), Cova del Pasteral (la Cellera del Ter, Girona) y Cova de Can Sadurní (Begues, Barcelona) (Bosch 1985; Blasco et al. 2005; Oms et al. 2015; 2016 & 2017) (Tabla 2)

Gracias a las dataciones efectuadas en la Cova de Can Sadurní o en Cova Bonica, ésta última a partir de intervenciones arqueológicas recientes, hoy tenemos constancia de la preferencia de aquellas primeras comunidades neolíticas por inhumar a sus muertos en cuevas. Hasta hace bien poco, esta cuestión era absolutamente desconocida, pues no teníamos dataciones de restos humanos para este periodo. Un gran vacío que poco a poco

va llenándose como resultado del esfuerzo efectuado por ciertos equipos que han vuelto a excavar yacimientos tan complejos como Cova Bonica o han empujado baterías de dataciones en los yacimientos en los que trabajan. En todo caso, y aun siendo pocos los yacimientos con dataciones radiocarbónicas sobre restos humanos por AMS, nos ha parecido interesante hacer un primer test dirigido a analizar su grado de contemporaneidad teniendo en cuenta todas las fechas presentadas en la tabla 2. A este respecto, el test del Chi-Cuadrado nos ha confirmado que existe una superposición temporal entre:

-Los enterramientos de la cavidad sepulcral-2 de la Cova de l'Avellaner y del nivel Ic de Cova Foradada se sitúan entre el 5280-5055 cal BC (Acomb 119.5),

-Los enterramientos de los niveles c10b de la Cova de Can Sadurní y el espacio III de la Cova del Pasteral entre el 4230 y el 4050 cal BC (Acomb.110.3),

-Los enterramientos del nivel IV2 de Cova Bonica entre el 5465-5320 cal BC (Acomb.100.2).

Por otro lado, el análisis de la Suma de las Distribuciones de Probabilidad nos permite observar que, mientras los enterramientos de la Cova de l'Avellaner finalizarían en torno al 4700 cal BC, el resto de inhumaciones en cueva del noreste peninsular no lo harían hasta el 3900 cal BC aproximadamente. Ello sugiere una discontinuidad temporal en relación a su finalización, alrededor de unos 800 años (Figura 7.). Más amplia sería todavía la discontinuidad entre las distribuciones cronológicas de este conjunto de enterramientos en cueva (5500-5000 cal BC aproximadamente) y las más recientes pertenecientes a inhumaciones del horizonte cultural del Neolítico Medio Inicial (4300-4000 cal BC).

Yacimiento	Lab.Cod	Datación BP	Des.Est.	Muestra	Procedencia	Cal. 2σ	Método	Ref.
Cova Bonica	OXA29639	6351	32	Hueso humano	IV2	5465-5225	AMS	OMS et alii, 2017
Cova Bonica	Beta-384726	6390	30	Hueso humano	IV2	5470-5315	AMS	OMS et alii, 2017
Cova Bonica	Beta-384727	6410	30	Hueso humano	IV2	5470-5325	AMS	OMS et alii, 2017
Cova Bonica	Beta-384724	6410	30	Hueso humano	IV2	5470-5325	AMS	OMS et alii, 2017
Cova Foradada	Beta-248524	6200	40	Hueso humano	Ic	5295-5045	AMS	OMS et alii, 2016
Cova Pasteral	UBAR-101	5270	70	Hueso humano	Espacio III	4315-3965	Convencional	BOSCH, 1985
Can Sadurní	Beta-197134	5290	40	Hueso humano	c10b	4240-3995	AMS	BLASCO et alii,2005
Can Sadurní	Beta-210652	5340	40	Hueso humano	10b	4320-4050	AMS	BLASCO et alii,2005

Tabla 2. Dataciones radiocarbónicas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo del noreste peninsular. Todas ellas han sido calibradas con el software *OxCal* v.4.2. (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al. 2013) / Radiocarbon dates of the Early Neolithic cave burials of the north-east of the Iberian Peninsula. All of them have been calibrated with the *OxCal* v.4.2 software (Bronk Ramsey 2009) and the IntCal 13 calibration curve (Reimer et al. 2013).

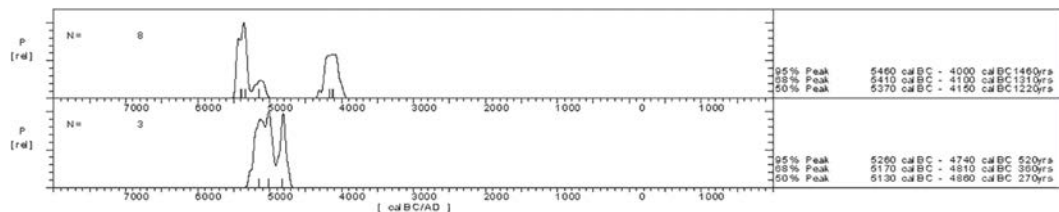


Figura 7. Suma de las Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes de la Cueva del Avellaner (parte inferior del gráfico) y del resto de enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo del noreste peninsular (parte superior del gráfico) / Sum of Probability Distributions of the radiocarbon of the Cueva del Avellaner (lower part of the graph) and the Neolithic cave burials of the northeast of the Iberian Peninsula (upper part of the graph).

Finalmente, nos parecía relevante examinar las dataciones existentes sobre contextos con inhumaciones en cueva a lo largo de todo el neolítico e inicios del calcolítico. Por ello, decidimos realizar nuevamente un Suma de las Distribuciones de Probabilidad comparativa de las dataciones disponibles (Figura 8.).

Los resultados obtenidos nos han permitido observar como la distribución cronológica de los enterramientos en cueva a lo largo de este periodo se sitúa, aproximadamente, entre el 5500 y el 2200 cal BC. No obstante, entre el 4000 y el 3500 cal BC se observa un vacío temporal que se corresponde, precisamente, con el horizonte de los Sepulcros de Fosa donde los enterramientos se hacen en fosas o cistas enterradas en el suelo, acogiendo mayoritariamente a un único individuo (Gibaja et al. 2012; Oms et al. 2016). Aunque sólo hemos evaluado la cronología de los enterramientos efectuados en cueva, es decir teniendo como referente el contexto, es más que evidente que son enormemente relevantes las diferencias que se perciben a lo largo de todo el neolítico-calcolítico con respecto al número de inhumaciones, el tratamiento de los cuerpos, la calidad y cantidad de los ajuares y elementos personales hallados junto a los restos humanos depositados, etc. En todo caso, parece que la cueva como lugar funerario fue empleado, preferentemente, a inicios y finales del neolítico, así como durante el calcolítico.

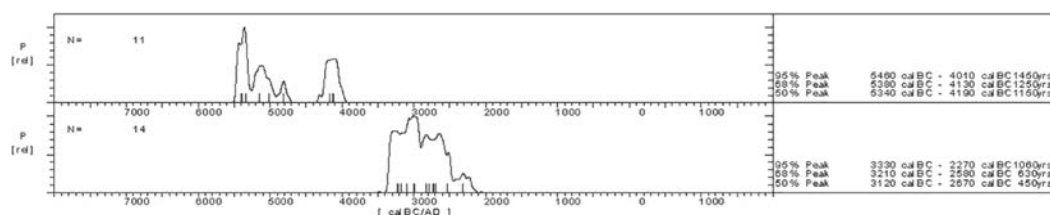


Figura 8. Suma de las Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes de los enterramientos en cuevas del Neolítico Antiguo (parte inferior del gráfico) y Final-Calcolítico (parte superior del gráfico) del noreste de la península Ibérica / Sum of Probability Distributions of the radiocarbon dates of the Early Neolithic burials (bottom part of the graph) and the Late Neolithic-Chalcolithic ones (top part of the graph) of the northeast of the Iberian Peninsula.

## 5. Conclusiones

El presente trabajo ha tenido un doble objetivo. Por un lado, dar a conocer las nuevas dataciones radiocarbónicas realizadas en las tres cavidades que constituyen la Cova de l'Avellaner y, por otro, contextualizar tales dataciones con las publicadas en otras cuevas del neolítico antiguo del noreste peninsular donde se han documentado inhumaciones.

En el caso de la Cova de l'Avellanes, los directores de la excavación (À. Bosch y J. Tarrús) sugieren que la actual horquilla cronológica a 2 sigmas (95% de probabilidad) que nos ofrecen las cinco fechas por radiocarbono, una sobre carbones y el resto sobre huesos humanos, es demasiado amplia para los materiales arqueológicos de que disponemos. Una cronología más centrada en los valores medios de las fechas disponibles nos situaría entre 5250-4740 cal BC., un período de tiempo mucho más acorde con los datos arqueológicos de esta singular cueva sepulcral de la primera mitad del V milenio cal BC. Intervalo que, a grandes rasgos, coincide con las dataciones efectuadas en las otras cuatro cuevas del neolítico antiguo de esta región donde también se han hallado inhumaciones: Cova Bonica, Cova Foradada, Cova del Pasteral y Cova de Can Sadurní.

Estos resultados nos permiten afirmar, por el momento, que el uso de las cuevas como lugar de enterramiento es una característica peculiar del neolítico antiguo. Hacia finales del V milenio, sin embargo, su uso funerario desaparece, momento que coincide con la implantación de otros modos de inhumación como son las tumbas individuales, y en menor medida dobles, realizadas en fosas o cistas excavadas en el suelo. Este tipo de estructuras funerarias, que son las que dan nombre al horizonte de la "Cultura de los Sepulcros de Fosa", desaparecerán igualmente hacia mediados del IV milenio, cuando aparecen otras formas y espacios de inhumación, entre las que el uso de las cuevas nuevamente vuelve a tener un papel importante. En este caso, y a diferencia de los enterramientos en fosa y cista, los enterramientos colectivos retoman su protagonismo.

Dicho todo esto, queda mucho por hacer. Será fundamental en un futuro aumentar el número de dataciones para poder tener más claro el cuadro cronológico en el que se enmarcan las distintas prácticas funerarias del neolítico en esta región.

## Agradecimientos

Este trabajo queremos dedicarlo a nuestro compañero Oriol Mercadal que recientemente nos ha dejado y que trabajó intensamente en el estudio antropológico de esta cueva. Las fechas aquí presentadas han sido financiadas por el Ministerio de Economía y Competitividad, y realizadas gracias a un acuerdo de colaboración entre el CSIC, la Universitat Autònoma de Barcelona y el Centro Nacional de Aceleradores (Universidad de Sevilla-CSIC). Agradecer al Museu de la Garrotxa (Olot) y a sus conservadores su amabilidad y disponibilidad a la hora de poder tomar las muestras que iban a ser datadas. Este trabajo se ha realizado en el marco de los proyectos: Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias- HAR2011-23149-, y Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del Mediterráneo nordoccidental: construyendo respuesta desde los análisis paleoantropológicos y genéticos – HAR2015-67323. La colaboración de Berta Morell ha sido posible gracias a una beca predoctoral (FI-DGR2014) financiada por l'Agència d'Ajuts Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya. También desde estas líneas dar las gracias a los dos revisores anónimos que han valorado este trabajo. Sus comentarios han mejorado, sin duda, lo aquí publicado.

## Referencias

- Alcalde, G., Saña, M., 2009. Sis mil anys vivint a la vora dels aiguamolls de la vall d'en Bas. Amics de Besalú i el seu comtat, Besalú.
- Alcalde, G., Colominas, N., Navarrete, V., Pons, E., Revelles, J., Rosillo, R., Sala, R., Saña, M., Tornero, C., Vila, O., 2013-2014. Vuit anys de recerca al jaciment de la Dou (St. Esteve d'en Bas, Garrotxa) (2006-2013): del neolític antic al bronze final. Tribuna d'Arqueologia 2013-2014, 196-209.
- Ashmore, P., 1999. Radiocarbon dating: avoiding errors by avoiding mixed samples. *Antiquity* 73, 124-130.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., Saña, M., 2005. Primeros datos sobre la utilización sepulcral de la Cova de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) en el Neolítico Cardial. In: Arias, P., Ontañón, R., García, C. (Eds.), III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica, 625-633, Universidad de Cantabria Servicio de Publicaciones.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J., 2011. La cova de Can Sadurní, guió sintètic de la prehistòria recent del Garraf. In: Blasco, A., Edo, M., Villalba, M.J. (coord.), La Cova de Can Sadurní i la prehistòria del Garraf, 13-95. Editorial EDAR, Arqueología y Patrimonio.
- Bosch, A., 1985. La cova del Pasteral. Un jaciment neolític a la vall mitjana del Ter. Quaderns del Centre d'Estudis Comarcal de Banyoles. Homenatge al Dr. J.M. Corominas, Vol. II, 29-56.
- Bosch, A., Tarrús, J., 1987. Enterramiento múltiple del Neolítico Antiguo catalán. Cova de l'Avellaner (la Garrotxa, Gerona). *Revista de Arqueología* 76, 20-24.
- Bosch, A., Tarrús, J., 1990. La cova sepulcral del Neolítico Antic de l'Avellaner (Cogolls, les Planes d'Hostoles, la Garrotxa). Centre d'Investigacions Arqueològiques de Girona, Sèrie Monogràfica nº 11, Girona.

- Bosch, A., Mercadal, O., Tarrús, J., 1989. La cova sepulcral del Neolític Antic de l'Avellaner (les Planes d'Hostoles, la Garrotxa). *Tribuna d'Arqueologia* 1988-1989, 15-27.
- Bosch, À., Buxó, R., Palomo, A., Buch, M., Mateu, J., Taberner, E., Casadevall, J., 1998. El poblament neolític de Plansallosa. L'exploració del territori dels primers agricultors-ramaders de l'Alta Garrotxa. *Publicacions Eventuals d'Arqueologia de la Garrotxa*, 5, Olot.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51(1), 337-360.
- Dean, J.S., 1978. Independent dating in archaeological analysis. In: Schiffer, B. (Ed.), *Advances in archaeological method and theory*, 223-255. New York.
- DeNiro M. J., 1985. Post-mortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. *Nature* 317, 806-809.
- Fontanals-Coll, M., Subirà, M.E., Diaz-Zorita, M., Gibaja, J.F., 2016. First insight into the Neolithic subsistence economy in the north-east Iberian Peninsula: paleodietary reconstruction through stable isotopes. *American Journal of Physical Anthropology*, DOI 10.1002/ajpa.23083
- Gibaja, J.F., 2004. Prácticas funerarias durante el neolítico en Cataluña. Los enterramientos en la Península Ibérica durante la Prehistoria Reciente. *Mainake* 26, 9-27.
- Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Terradas, X., Fernández, E., Ruíz, J., 2012. Funerary practices during the Early-Middle Neolithic in north-east Iberia. In: Gibaja, J.F., Carvalho, A.F., Chambon, P. (Eds), *Funerary practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Chalcolithic*. 29-40. *British Archaeological Reports* S417.
- Hervella, M., Izagirre, N., Alonso, S., Fregel, R., Alonso, A., Cabrera, V.M., de la Rúa, C., 2012. Ancient DNA from Hunter-Gatherer and Farmer Groups from Northern Spain supports a Random Dispersion Model for the Neolithic Expansion into Europe. *PlosOne* 7, e34417. DOI: 10.1371/journal.pone.033.4417.
- Lacan, M., Keiser, C., Ricaud, F.X., Brucato, N., Tarrús, J., Bosch, A., Guilaine, J., Crubézy, E., Ludes, B., 2011. Ancient DNA suggest the leading role played by men in the Neolithic dissemination. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108, 18255-18259.
- Molist, M., Clop, X., 2010. Los orígenes del megalitismo en Cataluña en el marco de las prácticas funerarias del Neolítico, *Coloquio Internacional sobre el Megalitismo y otras manifestaciones funerarias contemporáneas en su contexto social, económico y cultural*. Munibe. Suplemento 32, 212-224.
- Morales J.I., Fontanals M., Oms F.X., Vergès, J.M., 2010. La chronologie du Néolithique ancien cardial du nord-est de la Péninsule Ibérique. *Datations, problématique et méthodologie*. *L'Anthropologie* 114, 427-444.
- Oms, F.X., Cebrià, A., Morales, J.I., Pedro, M., 2015. Una inhumació cardial a la cova Foradada (Calafell, Baix Penedès). In: Esteve, X., Miró, C., Molist, N., Sabaté, G. (Coords.), *Jornades d'Arqueologia del Penedès*, 59-



64. Institut d'Estudis Penedes- encs, Vilafranca del Penedès.
- Oms, F.X., Martín, A., Esteve, X., Mestres, J., Morell, B., Su- birà, M.E., Gibaja, J.F., 2016. The Neolithic in North-East Iberia: Chronocultural Phases and 14C. *Radiocarbon* 58(2), 291-309.
- Oms, X., Daura, J., Sanz, M., Mendiola, S., Pedro, M., Martínez, P., 2017. First Evidence of Collective Human Inhumation from the Cardial Neolithic (Cova Bonica, Barcelona, NE Iberian Peninsula). *Journal of Field Archaeology* 42(1), 43-53.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Frie- drich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Ha- jdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., C., Held, P., García- Martínez-de- Lagrán, I., Arcusa-Magallón, H., Zesch, S., Knipper, C., Bánffy, E., Frie- derich, S., Meller, H., Bueno-Ramírez, P., Barroso-Bermejo, R., de Balbín- Behrmann, R., Herrero-Corral, A.M., Flores-Fernán- dez, R., Alonso- Fernández, C., Jiménez-Echevarria, J., Rind- lisbacher, L., Oliart, C., Fregeiro, M.I., Soriano, I., Vicente, O., Micó, R., Lull, V., Soler-Díaz, J., López-Padilla, J.A., Roca de Togores-Muñoz, C., Hernández-Pérez, M.S., Jover-Maestre, F.J., Lomba-Maurandi, J., Avilés- Fernández, A., Lillios, K.T., Silva, A.M., Magalhães-Ramalho, M., Oosterbeek, L.M., Cun- ha, C., Waterman, A.J., Roig- Buxó, J., Martínez, A., Ponce-Mar- tinez, J., Hunt-Ortiz, M., Mejías-García, J.C., Pecero-Espín, J.C., Cruz-Auñón- Briones, R., Tomé, T., Carmona- Ballester, E., Cardoso, J.L., Araújo, A.C., Liesau von Lettow-Vorbeck, C., Blasco-Bosqued, C., Ríos-Mendoza, P., Pujante, A., Royo-Gui- llén, J.I., Esquembre-Beviá, M.A., Dos Santos Goncalves, V.M., Parreira, R., Morán- Hernández, E., Méndez-Izquierdo, E., Vega de Miguel, J., Mendiña-García, R., Martínez-Calvo, V., López-Jiménez, O., Krause, J., Pichler, S.L., Garrido- Pena, R., Kunst, M., Risch, R., Rojo- Guerra, M.A., Haak, W., Alt, K.W., 2017. The maternal genetic make-up of the Iberian Peninsula between the Neolithic and the Early Bronze Age. *Scientific Re- ports* 7, 15644.
- Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M.,
- Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S. and Van der Plich, J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55, 1869–1887.
- Rúa, C. de la, Izagirre, N., Alonso, S., Hervella, M., 2015. An- cient DNA in the Cantabrian fringe populations: A mtDNA study from Prehistory to Late Antiquity. *Quaternary International* 364, 306-311.
- Schiffer, M.B., 1986. Radiocarbon dating and the “old wood” problem: the case of the Hohokam chronology. *Journal of Ar- chaeological Science* 13(1), 13–30.
- Szécsény-Nagi, A., Roth, C., Brandt, G., Rihuete-Herrada, C., Tejedor-Rodríguez, C., 2017. El poblat neolític de Ca n'Isach (Palau-saver- dera, Alt Empordà). Les excavacions de 1987-1994 i de 2001- 2003, Museu d'Arqueologia de Catalunya-Girona, Sèrie Mono- gràfica 27. Girona.
- Weninger, B., Edinborough, K., Clare, L., Jöris, O., 2011. Con- cepts of

probability in radiocarbon analysis. *Documenta Prae-historica* XXXVIII, 1-20.

Williams, A.N., 2012. The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of Archaeological Science* 39(3), 578-589.

Zemour, A., 2013. Gestes, espaces et temps funéraires au début du Néolithique (6e millénaire et 1ère moitié du 5e millénaire cal-BC) en Italie et en France méridionale. Reconnaissance des témoins archéologiques de l'après-mort. Thèse de l'Université de Nice Sophia

Antipolis et de l'Université di Roma-La Sapienza.

Zemour, A., Binder, D., Coppa, A., Duday, H., 2017. La sépulture au début du Néolithique (VIe millénaire et première moitié du Ve millénaire cal BC) en France méridionale et en Italie : de l'idée d'une "simple" fosse à une typologie architecturale, *Bulletins et Mémoires de la société d'Anthropologie de Paris* 29(1-2), 94-111.

Zilhão, J., 2001. Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98(24), 14180-14185.



**4.2. THE CHRONOLOGY OF THE NEOLITHIC NECROPOLIS “BÒBILA MADURELL-CAN GAMBÚS” IN THE NORTHEAST OF THE IBERIAN PENINSULA: DATING THE “PIT BURIALS” CULTURAL HORIZON AND LONG-RANGE RAW MATERIALS EXCHANG NETWORKS. Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research., 59(6), 1713-1736.**

**Gibaja, Juan F.** Archaeology and Anthropology Department. Milà i Fontanals Institution (IMF-CSIC). Spanish National Research Council, Egipcíiques Street, 15. 08001 Barcelona, Spain. Email: jfgibaja@imf.csic.es

**Morell, Berta.** Department of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: berta.morell@uab.cat

**Barceló Álvarez, Juan Antonio.** Department of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: juanantonio.barcelo@uab.cat

**Duboscq, Stéphanie.** Department of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: duboscqstephanie@gmail.com

**Masclans, Alba.** Department of History and Art History. University of Girona. Campus Barri Vell, Ferrater Mora square, 1. 17071 Girona, Spain. Mail: alba.masc@gmail.com

**Remolins, Gerard.** REGIRAROCS, SL. Research, conservation and dissemination of natural and cultural heritage of the Pyrenees Company. Carlemany Street, 115. AD700 Escaldes-Engordany, Andorra. Email: info@regirarocs.com

**Roig, Jordi.** Arrago S.L., Sant Cugat Street, 76, 08021 Sabadell, Spain. Email: jordiroid@arragosl.com

**Martín, Araceli.** Araceli. Government of Catalunya. Department of Culture. Portaferrisa Street, 1. 08002 Barcelona, Spain. Email: amcolliga@yahoo.es

**González, Paloma.** Department of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: paloma.gonzalez@uab.cat

**Plasencia, Javier.** Department of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: javiplasencia@hotmail.com

**Coll, Joan Manel.** Arrago S.L., Sant Cugat Street, 76, baixos, 08021 Sabadell, Spain. Email: info@arragosl.com

**Subirà, M. Eulàlia.** Department of Animal Biology, Plant Biology and Ecology. Autonomous University of Barcelona. Building C, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: Eulalia.subira@uab.cat

## **Abstract**

“Bòbila Madurell-Can Gambús” is the most emblematic neolithic cemetery in the NE of the Iberian peninsula, with a total of 179 documented pit burials. Artifacts made by exogenous raw materials, such as honey flint (SE of France), jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite ( Alps and the Pyrenees), variscite (coast of the NE of Iberia) and even obsidian (Sardinia), have been found in the burials. The presence of these raw materials is not exclusive to this necropolis, but they have also been documented in much of the graves of this region during this period. The literature has singled out this funerary practice as the “Pit Burials” cultural horizon. However, until now the chronology of this funerary practice has not been fully defined, so it was difficult to explain the development of them and the networks through which those materials reached NE Iberia. New unpublished radiocarbon dates of “Bòbila Madurell-Can Gambús” will be presented, as well as the results of different statistical analyses and Bayesian modelling that specify its chronology. Through the contribution of new data on the chronology of “Bòbila Madurell-Can Gambús” new clues regarding the temporal dynamics of “Pit Burials” and the raw materials exchange networks associated with them will be presented.

**Keywords:** “Pit Burials” cultural horizon, necropolis, raw materials exchange networks, radiocarbon dating, statistical analyses and Bayesian modelling of radiocarbon dating.

## **1. Introduction**

The Neolithic reached the north-east of the Iberian Peninsula about the middle of the sixth millennium cal BC. At that time, a economy based on domestic species, both crops (wheat, barley and pulses) and livestock (sheep, goats and cattle), was introduced and consolidated. The highest density of sites is found in coastal and pre-littoral areas, but the Neolithic occupations soon reached the Pyrenean valleys (Gibaja and Clop 2012; Oms et al. 2012; Mazzucco 2014).

Little evidence of funerary practices has been found and dated for the first millennium of Neolithic occupations in north-east Iberia. Only a few examples of collective burials in caves and individual inhumations in pits are known (Bosch and Tarrús 1991; Blasco et al. 2005; González et al. 2011). However, the situation changes radically in the late fifth

millennium and during the first half of the fourth millennium cal BC. At this time, Neolithic societies began to systematically bury their deceased in pit or cist graves. These are generally individual, occasionally double, burials with the more or less recurrent appearance of raw materials whose extraction involved a significant investment in labour and, in some cases, whose origin was exogenous. To be precise, the raw materials usually found are honey flint, probably from the south-east of France, jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite from the Alps or the Pyrenees, variscite extracted from mines on the north-eastern coast of the Iberian Peninsula and even obsidian from Sardinia (Molist et al. 2012; Terradas and Gibaja 2002; Gibaja et al. 2013 and 2014; Terradas et al. 2014; Vaquer et al. 2012).

This specific funerary pattern was termed the “Pit Burials” cultural horizon and this recurrence has also been documented in other European funerary practices in the same period, such as the “Chasséen” cultural horizon in the centre and south of France, the “Cortailod” in Switzerland and the “Square-Mouthed Pottery” cultural horizon in Italy. Traditionally, the literature has postulated long-distance relationships between these communities as an explanation (Tarrús 2002; Schmitt 2015; Moinat and Chambon 2007; Vaquer 2014; Zémour 2013). However, until now the chronology of “Pit Burials” has not been fully defined, so it was difficult to describe and explain the development of these networks.

This work aims to be a first step to fill this gap. The Neolithic necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús” is the most significant cemetery in this cultural horizon, with a total of 179 documented burials (Allièse 2016). However, it is suspected that this number may be unrealistic. Post-Neolithic human occupations, the numerous agricultural and industrial works and the many roads and railways built before the 1980s have affected areas of the site where there might have been graves.

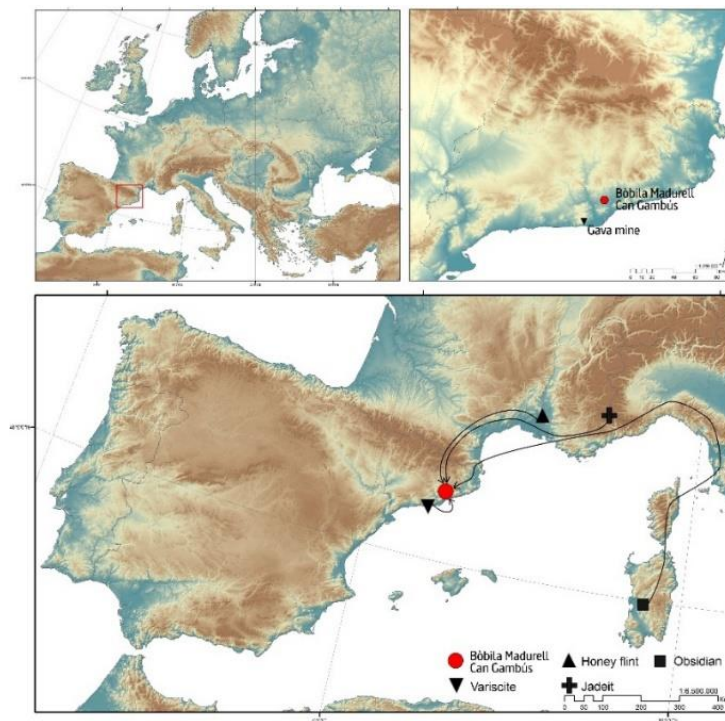


Figure 1. Geographical location of “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis (map ceded by Gerard Remolins Zamora)



Figure 2. From top to the bottom and from the left to the right: different axes and adzes (photo ceded by Alba Masclans Latorre), honey flint blades (photos ceded by Juan Francisco Gibaja Bao), variscite beads (photo ceded by SAP archive) and burial with obsidian cores (photos ceded by SAP archive) documented in “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis grave goods.

The necropolis's temporal dynamics will be addressed here, not only regarding its use, but also in relation to the presence and absence of these particular exogenous raw materials, which do not appear to be completely recurrent throughout the whole occupation of the site. The chronology regarding their presence and absence will allow us to propose hypothesis about when and up to when these exchange networks operated in the necropolis. In order to solve these questions, on one hand a systematic review has been performed with the classification of the pit burials and their associated artefacts in a dataset, through revision of old excavation monographs and the materials deposited in Sabadell Museum (Duboscq in press; Allières 2016). On the other hand, the origin of the raw materials in the grave goods has been identified in a detailed analysis (Gibaja 2003; Masclans et al.2016; Masclans in press). Finally, a set of new radiocarbon dates has been carried out and they have been analysed through different statistical tests and bayesian modelling that will be set forth below.

As mentioned above, “Bòbila Madurell-Can Gambús” is the most emblematic cemetery in the “Pit Burials” cultural horizon, due to the uniqueness of its archaeological record. There is no similar Neolithic site in Western Mediterranean Europe with so many graves. Small cemeteries not exceeding 25 graves are typical although occasionally some of them reach about 50 burials. However, as yet, no other Neolithic necropolis like “Bòbila Madurell-Can Gambús” has been documented. Thus, the new data presented in this paper not only provide new research clues about the temporal dynamics of the site, but also about the “Pit Burials” cultural horizon in general and the raw materials exchange networks associated with this funerary phenomenon.

## **2. The necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús”.**

“Bòbila Madurell-Can Gambús” (X= 424051.54 / Y= 4598257.27 / Z= 162'83 m. - 213'44 m.) cemetery is located within the valley called “Fossa tectònica Del Vallés-Penedés”, which separates the Coastal and Pre-littoral mountain ranges. The area of the necropolis is formed geologically in Quaternary sediments covering conglomerates and clay facies of the Upper Miocene. Most of the site is occupied by detrital material from the Pre-littoral range, which is composed of red Quaternary clay.



The site has been excavated intermittently in different field seasons since the early 20th century and many publications and references have been devoted to it (Martin et al.1988; Martin et al.in press A; Martin et al. in press B; Roig and Coll 2010; Roig et al.2010). As mentioned above, a total of 179 pit burials have been documented in the cemetery (Allièses 2016). A highway cut the site in a half and two sectors can be differentiated: “Bòbila-Madurell (southern part) and “Can Gambús” (northern part).”Bòbila Madurell” differs from “Can Gambús”, because there are not only funerary structures, but also domestic structures, such as refuse pits and silos. On the other hand, “Can Gambús” is located in the upper part of a slope (Z= 189'94 m. - 213,44 m.) where only adult individuals were buried, while in “Bòbila Madurell”, at a lower altitude (Z= 162'83 m. - 186'92 m.) , both adults and infantile individuals were documented. As Figure 3 shows, two areas are differentiated in Can Gambús (Can Gambús I and Can Gambús II). This distinction was used in the excavation reports to differentiate four burials (located in Can Gambús II, Z= 212'41 m. – 213'44 m.) that are slightly removed from Gan Gambús I (Z= 189'94 m. - 191'02 m.).

Multiple excavations were conducted in various parts of “Bòbila Madurell” from the 1930s to the latest fieldwork in 1992, while “Can Gambús” is the most recently excavated sector (between 2003 and 2006) (Muñoz 1965; Martín et al. 1988; Alaminos et al. 1991; Bordas et al. 1994; Roig and Coll 2010; Martín et al. in press a).The differences between the sectors pose the question of whether or not they were part of the same occupation.

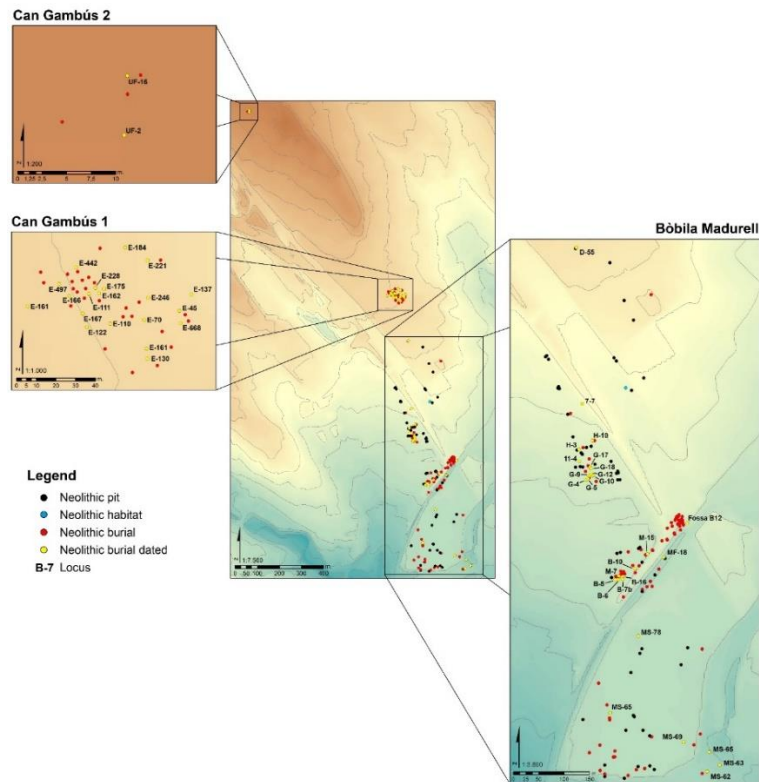


Figure 3. Plan of “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis. Dated and not dated burials are distinguished

The funerary pattern is more or less homogeneous, in terms of the type of burial and the grave goods, and also in the way in which the bodies are deposited. The burials are usually in individual pits, in some cases double and, very sporadically, there are also graves with three or more buried individuals. Men, women and children are buried. The architecture of the pits is rectangular, circular or oval. The buried were placed in a supine position with flexed arms and legs, although sometimes they are fully stretched or in lateral decubitus position with the arms and legs also folded. However, in certain graves, burials without anatomical connections or only partial connections were also found, and even bodies of individuals who were moved to the side of the grave in order to make space for the last inhumed. The latest funerary taphonomic study (Allièse 2016) has observed that these buried individuals were not simply deposited on the bottom of the funerary structure, but sometimes in rigid boxes, probably made of wood, or in sacks.



Figure 4. Different pit burials documented in “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis.

Different kinds of artefacts have been found accompanying the dead. Chipped stone tools are usually cores and various flint implements, especially blades, microliths and points (Terradas and Gibaja 2002; Gibaja 2003; Gibaja and Terradas 2012). It is also common to find coarse stone tools, especially polished and bevelled artefacts, such as axes and adzes (Vaquer et al 2012; Masclans et al. 2016; Masclans in press.). Pottery vessels are characterized by a variety of shapes and sizes. The most common are the spherical, subspherical and the “square mouth” types usually undecorated (Masvidal et al. 2003; Roig and Coll 2010). Other common elements in the graves are ornaments. Although necklaces and bracelets made with variscite beads are the most representative, sometimes rock, shell, faunal teeth and bone beads are also found (Oliva 2015). Certain skeletal parts of animals are also found and sometimes the whole animal is left. Regarding the latter, if this is the case, they are directly associated with the interred person, placed in the same burial or located somewhere in the grave, but without a clear relationship with the buried person (Martin et al. in press B). Mostly they are remains of domestic species (98%) and wild

species, such as deer, wild boar or small carnivore, are rarely found (2%). Finally, cereal remains were also documented inside some graves (Antolín 2016). However, the documented remains are so scarce that it is not possible to determine whether their presence was intentional. Moreover, most of the excavation work did not perform this kind of *in situ* analysis; so unfortunately much of this information was lost.

As mentioned above, in some of the burials, artefacts made with exogenous raw materials, or the extraction of which involves large investment in labour were found. These materials are honey flint probably from the south-east of France (Binder 1998; Léa 2005, Gibaja and Terradas 2012; Gibaja et al, 2013); various rocks used for making polished axes and adzes from the Alps and the Pyrenees such as jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite (Pétrequin et al. 2012; Vaquer et al. 2012); blades made in obsidian originally from Monte Arci in Sardinia, (Gibaja et al. 2014; Terradas et al. 2014 ); and variscite beads extracted from Gava Mine Complex, close to the north-east coast of the Iberian Peninsula (Villalba et al. 1986;. Bosch and Borrell 2009).

### **3. Materials and methods**

#### ***3.1. Materials***

##### 3.1.1. Review of the archaeological context and the associated artefacts

Firstly, after a thorough study of the published archaeological information and excavation reports, the best-preserved burials (primary inhumations with articulated bones whose structure and grave goods were perfectly recognizable) were selected to be dated. Finally, this first selection depended on the state of conservation of the skeletal remains deposited in the museum. In this regard, we discarded those graves whose bones were badly damaged (Gibaja 2003; Duboscq in press; Roig and Coll 2010). On the basis of these criteria, it was also ensured that the number of dated burials was as equitable as possible between the sectors.

Figure number five represents the presence and the absence of the exogenous raw materials in 124 of the total of 179 documented burials in the necropolis. These are the burials that we consider reliable, based on the mentioned above criteria. Obsidian is present in 3 burials, jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite in 8, honey silex flint in 88 and variscite in 32.

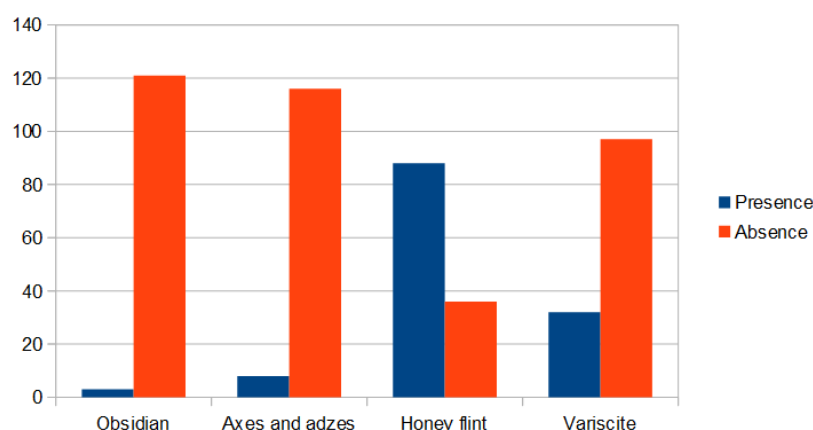


Figure 5. Plot graph of the presence and absence of the exogenous raw materials in “Bòbila Madurell-Can Gambús”.

### 3.1.2. A set of published and new unpublished radiocarbon dates

One of the most important parts of the research was to obtain a new set of radiocarbon dates. Within the framework of the research project, a total of 46 new dates were obtained, 27 from “Bòbila Madurell” sector and 19 from “Can Gambús” sector. “Bòbila Madurell” dates are published for the first time in this paper. As far as possible, it was attempted to keep the number of new dates more or less equal between the two sectors.

The entire set of radiocarbon dates used for this study can be seen in Table 1. All dates have been calibrated to  $2\sigma$  using *OxCal* v 4.2 software (Bronk Ramsey 2009) with the IntCal13 curve (Reimer et al. 2013). In addition, the association of each radiocarbon date with the presence or absence of the raw materials whose chronological differences were being analysed is also specified. They are: honey flint tools (HF), variscite beads (VAR)

and jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes (AXE). Obsidian was not considered, because only a single blade was documented in the necropolis. As it was not recurrent, there was no empirical basis to consider this material a chronological indicator of the exchange networks.

The sample selection criterion was that they should be human bone samples from reliable structures with a good level of conservation. All samples come from primary inhumations with articulated bones and none from secondary deposits, with the exception of the dating of the B12 structure, which is a domestic pit. Dating this structure was considered interesting to know if this structure was chronologically related or not with the rest of the necropolis. However, this has not been integrated into the analyzes that we will present below, because it had a different functionality than the other structures.

In the majority of cases, long bones without spongy structure (femur, humerus, tibia, clavicle...) were selected. In the few cases that have not been so and other types of bones were dates (such as craniums), it was because the long and non-spongy bones of these dead did not present enough level of collagen.

Six old determinations were not selected for our analysis, because they were performed with the conventional radiocarbon method and their standard deviations were larger than the new dates, between 80 and 100 years. However they are given in Table 2 out of interest. On the other hand, it is important to note that stable isotope studies on the diet of these populations (also carried out within the framework of our research project) determined that marine resources were not consumed (Fontanals 2015), and therefore the dates will not be affected by the reservoir effect.

Finally, a dataset on published radiocarbon dates from Early Neolithic and Final Neolithic-Chalcolithic burials of the near-east of the Iberian peninsula was also performed (Table 3). In this case, radiocarbon dates from primary inhumations with articulated bones made by AMS method were selected. These data were collected because, in order to specify the temporal limits of “Bòbila Madurell-Can Gambús” through Bayesian modelling, taking into account the later and the previous phases of the “Pit Burials” cultural horizon was considered essential.

SEC TOR	LABNR	C14 AGE	C14S TD	SAM PLE	BON E	LOC US	CALIBR ATION	$\delta 1$ 3C	$\delta 1$ 5N	H F	V A	A X	REF.
BM	CNA23 19.1.1	5275	40	Huma n	Ulna	M7	4235-3990	- 19.	9.1	Y es	Ye s	No	Unpubl ished
BM	CNA23 12.1.1	5270	40	Huma n	Tibia	G10	4230-3985	- 20.	9.1	Y es	Ye s	No	Unpubl ished
BM	CNA23 05.1.1	5260	45	Huma n	Fibula	MS6 9	4230-3975	-	-	N o	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 23.1.1	5225	35	Huma n	Tibia	11'4	4225-3965	- 19.	8.7	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 07.1.1	5210	45	Huma n	Clavic le	MS6 2	4230-3950	-	-	Y es	Ye s	No	Unpubl ished
BM	CNA23 09.1.1	5185	40	Huma n	Hume rus	G4	4220-3820	- 19.	9.1	N o	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 21.1.1	5185	40	Huma n	Tibia	M15	4220-3820	- 20.	9.5	Y es	Ye s	No	Unpubl ished
BM	CNA23 04.1.1	5175	45	Huma n	Femur	B7b	4220-3805	-	-	N o	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 15.1.1	5175	35	Huma n	Tibia	G18	4050-3820	- 19.	8.4	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 17.1.1	5160	40	Huma n	Femur	H10	4045-3805	- 19.	8.7	Y es	Ye s	No	Unpubl ished
BM	CNA23 14.1.1	5155	35	Huma n	Fibula	G17	4040-3810	- 19.	8.5	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 08.1.1	5155	45	Huma n	Femur	MS6 3	4045-3800	-	-	N o	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 10.1.1	5145	40	Huma n	Femur	G5	4040-3805	- 19.	8.4	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 13.1.1	5135	40	Huma n	Tibia	G12	4040-3800	- 19.	8.6	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 16.1.1	5135	40	Huma n	Femur	H3	4040-3800	- 20.	9.8	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 22.1.1	5125	35	Huma n	Tibia	77	3990-3800	-	-	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 11.1.1	5115	40	Huma n	Tibia	G9	3985-3785	- 19.	8.5	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	LY1058 3	5105	30	Huma n	Crani um	MS5	3970-3800	- 19.	9.5	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 02.1.1	5070	45	Huma n	Hume rus	B5	3970-3765	-	-	N o	No	No	Unpubl ished
BM	LY1057 9	5070	30	Huma n	Femur	B6	3955-3795			Y es	Ye s	No	Unpubl ished
BM	LY1058 0	5070	30	Huma n	Femur	B10	3955-3795	- 19.	8.7	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	LY1058 6	5045	30	Huma n	Fibula	MS6 5	3955-3770	- 19.	9.7	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA26 77	5023	32	Fauna bone	-	Dom estic	3945-3710	- 19.	8.6	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	LY1058 2	5005	30	Huma n	Crani um	MF1 8	3940-3705	-20	9.6	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	LY1058 7	5005	30	Huma n	Metat arsal	MS7 8	3940-3705	- 18.	12. 4	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA23 03.1.1	4895	45	Huma n	Clavic le	B16	3780-3540	-	-	Y es	No	No	Unpubl ished
BM	CNA26 76.1.1	4857	33	Huma n	Tooth	D55	3705-3535	-	-	Y es	No	No	Unpubl ished
CG	CNA22 98.1.1	5260	40	Huma n	Crani um	E- 515	4230-3980	-	-	Y es	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA23 01.1.2	5200	35	Huma n	Hume rus	UF16	4220-3955	-	-	Y es	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA22 95.1.1	5135	45	Huma n	Femur	E161	4040-3780	-	-	Y es	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA23 00.1.1	5120	45	Huma n	Hume rus	UF2	4035-3795	- 19.	9.1	Y es	No	No	Roig et al.Sub

CG	LY10591	5090	30	Human	Femur	E130	3965-3800	-16.	9.5	Yes	Yes	No	Roig et al.Sub
CG	CNA2293.1.1	5065	45	Human	Humerus	E70	3965-3715	-19.	8.8	Yes	Yes	Yes	Roig et al.Sub
CG	LY10595	5060	30	Human	Humerus	E221	3955-3790	-19.	10.2	Yes	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA3060.1.1	5044	33	Human	Femur	E497	3955-3715	-20.	9.6	Yes	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA2296.1.1	5035	40	Human	Femur	E175	3950-3715	-19.	8.8	Yes	Yes	No	Roig et al.Sub
CG	LY10594	5015	30	Human	Tibia	E184	3945-3710	-19.	8.9	Yes	Yes	Yes	Roig et al.Sub
CG	CNA2297.1.1	5005	45	Human	Humerus	E228	3945-3695	-19.	8.7	Yes	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA26	4982	44	Human	Tibia	E162	3940-3655	-20.	8.7	Yes	Yes	Yes	Roig et al.Sub
CG	LY10593	4978	35	Human	Tibia	E166	3925-3660	-19.	9.8	Yes	Yes	Yes	Roig et al.Sub
CG	LY10592	4975	30	Human	Fibula	E137	3905-3660	-19.	9.0	Yes	Yes	Yes	Roig et al.Sub
CG	CNA2456.1.1	4975	35	Human	Femur	E45	3925-3660	-	-	Yes	No	No	Roig et al.Sub
CG	LY10596	4955	30	Human	Femur	E442	3790-3660	-19.	8.7	Yes	Yes	No	Roig et al.Sub
CG	LY10590	4940	30	Human	Humerus	E111	3775-3655	-19.	8.1	No	No	No	Roig et al.Sub
CG	CNA2294.1.1	4775	50	Human	Ulna	E122	3655-3380	-19.	8.6	Yes	No	Yes	Roig et al.Sub
CG	CNA2299.1.1	4770	48	Human	Femur	E668	3650-3380	-19.	8.9	Yes	Yes	No	Roig et al.Sub

Table 1. Table with all radiocarbon dates used for the analysis. The presence or absence of honey flint (HF), variscite (VAR) or jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes (AXE) in each of their contexts is also specified. Stable carbon ( $\delta^{13}C$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}N$ ) values obtained for human samples were ceded by Maria Fontanals Coll (Fontanals, 2014).

SECTOR	LABNR	C14AGE	C14STD	SAMPLE	LOCUS	CALIBRATION (2 $\sigma$ )	REF.
CG	UBAR900	4850	80	Human bone	E110	3895-3380	Rojo et al.2012
CG	UBAR901	4980	40	Human bone	E167	3940-3655	Rojo et al.2012
CG	UBAR902	4865	40	Human bone	E246	3760-3530	Rojo et al.2012
BM	UBAR442	5310	90	Human bone	G17	4330-3975	Rojo et al.2012
BM	UBAR443	4560	80	Charcoal	M7	3620-3020	Rojo et al.2012
BM	UBAR586	4810	70	Charcoal	BMS 78	3710-3375	Rojo et al.2012

Table 2. Radiocarbon dates for “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis obtained with the Conventional Method. They are not used in this analysis.



SITE	LBNR	C14 AGE	STD	SAMPLE	LOCUS	CAL (2σ)	PHASE	REF.
Vila de Madrid	BETA18027	6440	40	Human bone	Isolated burial	5480-5330	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Bonica	BETA384724	6410	30	Human bone	Burial	5470-5325	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Bonica	BETA384727	6410	30	Human bone	Burial	5470-5325	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Bonica	IV2mix	6393	33	Human bone	Burial	5470-5315	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Bonica	BETA384726	6390	30	Human bone	Burial	5470-5315	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Bonica	OXA29639	6351	35	Human bone	Burial	5465-5225	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Avellaner	CNA3305.1.1	6204	34	Human bone	Burial	5290-5055	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Avellaner	CNA3306.1.1	6094	34	Human bone	Burial	5205-4860	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Avellaner	CNA3304.1.1	5941	34	Human bone	Burial	4930-4725	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Foradada	BETA248524	6200	40	Human bone	Burial	5295-5045	Early Neolithic	Rojo et al.2012
Cova Foradada	OXA235329	4375	31	Human bone	Burial	3090-2910	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova Foradada	OXA23539	4016	29	Human bone	Burial	2620-2470	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova Panta de Foix	OXA25037	4530	36	Human bone	Burial	3365-3100	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova Panta de Foix	OXA25038	4499	37	Human bone	Burial	3355-3035	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova Panta de Foix	OXA25036	4422	35	Human bone	Burial	3325-2920	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012

Cova Panta de Foix	OXA2539	4204	38	Human bone	Burial	2900-2665	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova de les Agulles	BetaNodetermined	4460	40	Human bone	CA04-08	3345-2945	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova de la Pesseta	LTL3892A	4090	40	Charcoal	IIA	2865-2495	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Cova de la Pesseta	LTL3893A	4249	45	Human bone	IIA	3005-2675	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Sagrera	LTL12174A	4151	45	Human bone	Burial	2880-2585	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Sagrera	LTL12678A	4125	45	Human bone	Burial	2875-2580	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Sagrera	LTL12680A	4124	45	Charcoal	Burial	2875-2580	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Sagrera	LTL12679A	4074	40	Human bone	Burial	2860-2490	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012
Sagrera	LTL12677A	3998	60	Human bone	Burial	2850-2300	Final Neolithic-Chalcolithic	Rojo et al.2012

Table 3. Early Neolithic and Final Neolithic burials from North East of the Iberian Peninsula radiocarbon dates used in this analysis.

### 3.2. Methods

#### 3.2.1. New radiocarbon dates: Data acquisition and sample selection protocols

The Accelerator Mass Spectrometry radiocarbon dates were performed at the Centro Nacional de Aceleradores (CNA) in Seville, Spain. The samples were selected from compact bone with no diagenetic alterations nor with consolidants or adhesive substances. Wherever possible, the lower limb was chosen because of the greater bone density and consequent greater possibility of conserving collagen. Bone samples were first pretreated in the laboratory (“Unitat d'Antropologia Biològica, Universitat Autònoma de Barcelona”) in order to clean them of soil and other adhered substances using water and mechanical elements. Once cleaned, the following steps were taken to extract and purify the collagen

in the bone, since this fraction is thought to give the most reliable results. The mineral part of the bone is more subject to contamination due to interaction with the surrounding environment. The whole process includes several steps detailed in other publications (Brock et al. 2007; Hajdas et al. 2010; Strydomck et al. 2016), and basically consists of the demineralization of the bone and subsequent purification steps to extract the collagen. After demineralization of the bone, gelatine was neutralized and a solution of NaOH 0.1M was added at room temperature for 15 minutes, in order to remove potential humic contaminants. Gelatine was neutralized and solubilised in HCl at pH=3 overnight at 80°C. Remnants were eliminated by centrifugation and the solution was dried to obtain the final collagen. Collagen was then transformed into graphite for the AMS measurement using an AGE equipment (Wacker et al. 2010a).

Samples for radiocarbon dating can be measured at two different facilities at CNA. SARA (Spanish Accelerator for Radionuclide Analysis) (Chamizo et al. 2015) has been in use since 2006, while Micadas (Mini Carbon Dating System) (Wacker et al. 2010b) was installed in 2012, and is currently used as the default facility for radiocarbon dating. Both systems follow the same AMS principles. Graphite samples were sputtered by a caesium beam in order to obtain a negative ion beam from the sample, and several kinematic filters were used in order to eliminate undesired components of the beam. In order to achieve the necessary sensitivity, molecules were broken in the stripper tube at the high voltage terminal.

### 3.2.2. Statistical analyses and Bayesian modelling of radiocarbon data.

The spatial discontinuity and the topographical difference between the sectors, as well as the fact that only adult individuals have been documented in “Can Gambús”, while infantile individuals and domestic structures have also been found in “Bòbila Madurell” sector, suggest the possibility of different occupations. Specifically, the horizontal stratigraphy and the higher concentration of the oldest radiocarbon dates in “Bòbila Madurell” and the earliest in “Can Gambús” could indicate that the first one started earlier than the other one.

On the other hand, the fact that most of the grave goods without exogenous raw materials

have been documented in “Bòbila Madurell” sector, suggests that the exchange networks perhaps did not operate throughout the entire period of use of the necropolis.

Different statistical analyses and Bayesian modelling were carried out in order to prove the statistical consistency of these hypotheses based on the available radiocarbon data. All of them have been performed with *OxCal* v.4.2 software with the IntCal13 curve.

First of all, the degree of synchronicity of the full set of burials and also between the spatially differentiated necropolis sectors have been explored using the “Chi-Square Test” (Ward and Wilson 1978), through the “Combine” function of the *OxCal* software.

Then, the prior hypotheses regarding the burials and/or grave goods chronological sequence have specifically been tested using different Bayesian models. Concretely, the “Contiguous Phases Bayesian Model” and the “Overlapping Phases Bayesian Model” have been used (Bronk Ramsey 2009; Lee and Bronk Ramsey 2012).

The former is a simple uniform distribution model, in which all dates have the same probability within a specific period defined by the oldest and the newest estimate. In our case, the hypothesis to test is whether the deaths of all the buried individuals in the two sectors have the same likelihood of occurring at any time between the oldest and the most recent existing dates. If this model presents a high consistency with the data, we would infer the lack of chronological discontinuity between both sectors of the cemetery; if not, different phases of occupation must be interpreted.

Although the “Overlapping Phases Bayesian Model” is similar to the previous one, the start and the end events are not simply determined by the oldest and the most recent existing dates. It is assumed that the transition between the end boundary of a phase and the start event of the next phase is not sharp, but there is some overlap in which the oldest phase begins to decrease while the latest one starts to grow. This model has been used to prove the hypothesis that, although the two sectors are part of the same phase, the burials of “Bòbila Madurell” would constitute the beginning of the phase and those of “Can

Gambús” the end. Moreover, between the temporal distribution of both sectors, a moment of overlapping between the most recent burials of “Bòbila Madurell” and the oldest of “Can Gambús” could have existed.

On the other hand, as mentioned in the introduction of this paper, before the beginning of the “Pit Burials” cultural horizon, few burial examples are known, only occasional collective burials in caves and individual inhumations in pits. After the “Pit Burials” cultural horizon, in contrast, Neolithic communities in the north-east of Iberia changed their funerary practices and started to bury their dead in collective burials, inside megalithic structures and with grave goods made from other kinds of raw materials. Most of these were locally sourced, and therefore the exchange networks developed during the “Pit Burials” cultural horizon broke down. Beyond the possible chronological differences between the two sectors, we have considered that all burials in the “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis belong to the same historical phenomenon (the “Pit Burials” cultural horizon). To test this scenario we have compared the radiocarbon dates of the necropolis with the available radiocarbon dates from the Early Neolithic and Final Neolithic-Chalcolithic funerary evidences. This model has tested that the transition between one type of funerary practice and the other one was a gradual overlapping process between them.

Finally, regarding the presence/absence of the exogenous raw materials, different “Sum of Probabilities Distribution” have been done. We have taken into account the probably biased extremes of the extended period recorded by this statistical test (Contreras and Meadows 2014; Capuzzo 2014; Mychzynsky and Mychzynska 2006; Mychzynsky 2004; Weninger 2011; Williams 2012) and it has not been used to calculate the span of the chronological distribution of these raw materials, but just to obtain a preliminary visualization of the possible hiatus, temporal overlap and discontinuities in their chronological distribution to set out possible chronological hypotheses.

This test was carried out with CalPal software 2016 version (Jöris and Weninger 1998) and also with the IntCal13 curve, because it allows for overlaying different graphics on the same diagram and scaling, which facilitates their observation and interpretation.

## 4. Results

### 4.1. The chronological sequence of the necropolis. Do both sectors belong to the same occupation?

A “One Contiguous Phase Bayesian Model” (Figure 6, Annex 1) has very high concordance with analysed data (Amodel index: 105.7 and Aoverall index: 104), and it suggests that there are no temporal discontinuities between “Bòbila Madurell” and “Can Gambús” sectors and their occupation span is about 365-485 years (4100-4015/3655-3560 cal BC). However, the Chi-Square Test rejected the synchronicity of all the burials, so we cannot affirm that all burials from both sectors were contemporaneous within a hypothetical period of 50 years (this is the maximum standard deviation of the analysed radiocarbon dates).

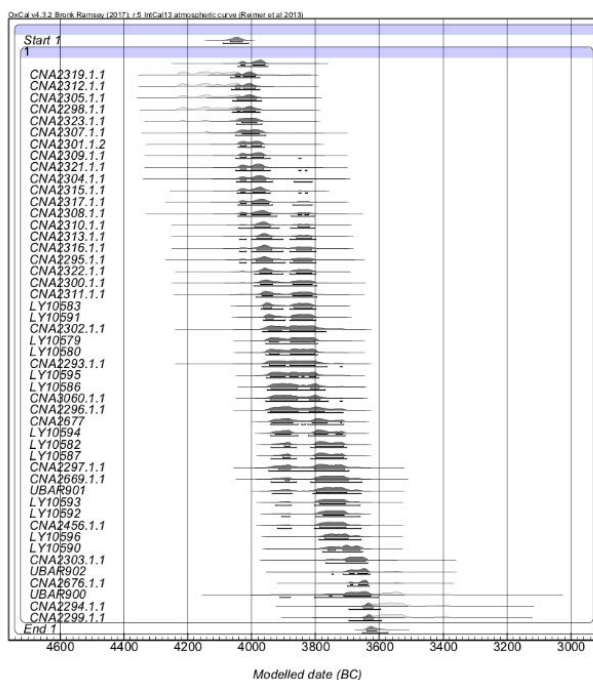


Figure 6. “One Contiguous Phase Bayesian Model” of “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis. As shown in the graph, the model suggests that there are no temporal discontinuities between “Bòbila Madurell” and “Can Gambús” sectors in their occupations (4102-4016/3655-3560 cal BC and around 365-485 years of span).

Within such a long period, we have tested whether the “Bòbila Madurell” sector was earlier than the “Can Gambús” sector, although partially overlapping. The “Two Overlapping Phases Bayesian Model” (Figure 7, Table 4 and Annex 2) has also very good agreement with available radiocarbon estimates (Amodel index: 95.1 and Aoverall index: 91.6). We can therefore suggest that individuals began to be buried in the “Bòbila Madurell” sector a little before (4130-4010 cal BC) than in the “Can Gambús” sector, which was used until later (3640-3490 cal BC). On the other hand, according to the available data, the span of “Bòbila Madurell” was around 255-435 years and the span of “Can Gambús” about 341-502 years.

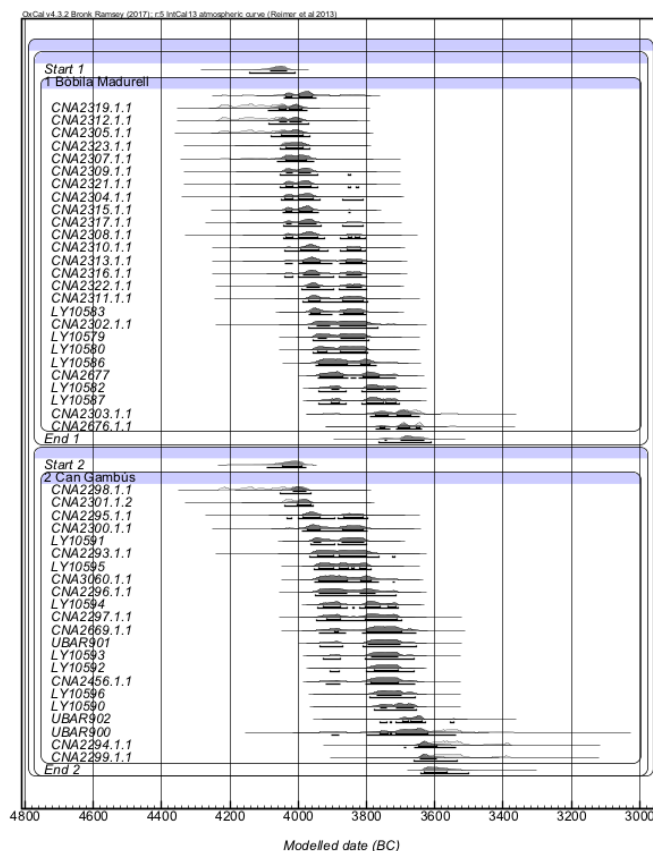


Figure 7. “Two Overlapping Phases Bayesian Model” of “Bòbila Madurell” (Phase 1) and “Can Gambús” (Phase 2). According to the model, “Bòbila Madurell” sector started a little before (4130-4010) than “Can Gambús” which was used until later (3640-3490). The span of “Bòbila Madurell” was around 255-435 years and the span of “Can Gambús” about 341-505 years.

<b>SECTOR</b>	<b>START</b>	<b>END</b>	<b>SPAN</b>
<b>Bòbila Madurell</b>	4130-4010	3765-3615	255-435
<b>Can Gambús</b>	4115-3980	3640-3490	340-500

Table 4. “Two Overlapping Phases Bayesian Model” results of “Bòbila Madurell” (Phase 1) and “Can Gambús” (Phase 2).

It is important to point out that the model differentiates one of the “Bòbila Madurell” sector burials as clearly later than the rest of the burials in the same sector. Its estimated 14C date appears as an outlier (CNA2676.11 4857 ± 33). However, if we had modelled the raw data without this model, the agreement would have been notably higher (Amodel index: 110 and Aoverall index: 109.8). This differentiated burial (D55) was found in an area separated from the sector that was excavated during the 1930s, and the bones are difficult to attribute to well-defined funerary structures. This reinforces the strong temporal continuity and lack of chronological differentiation in the majority of the “Bòbila Madurell” sector.

Thus, although slightly non-contemporaneous, both sectors display chronological continuity and therefore we can conclude they belong to the same historical phenomenon. This hypothesis is corroborated by the results of a “Three Overlapping Phases Bayesian Model” as fitted to archaeological data from Early, Middle and Late Neolithic burials in the north-eastern Iberian Peninsula (Amodell index: 98.4 and Aoverall index: 100.4). According to this model (Figure 8, Table 5 and Annex 3), the estimated duration of the complete cemetery would coincide with the results of previous models: 4100-4010/3650-3575 cal BC (span about 365-470 years). Thus, according to our data, the hypothesis about considering both sectors as a single cemetery with a long occupation is statistically consistent.



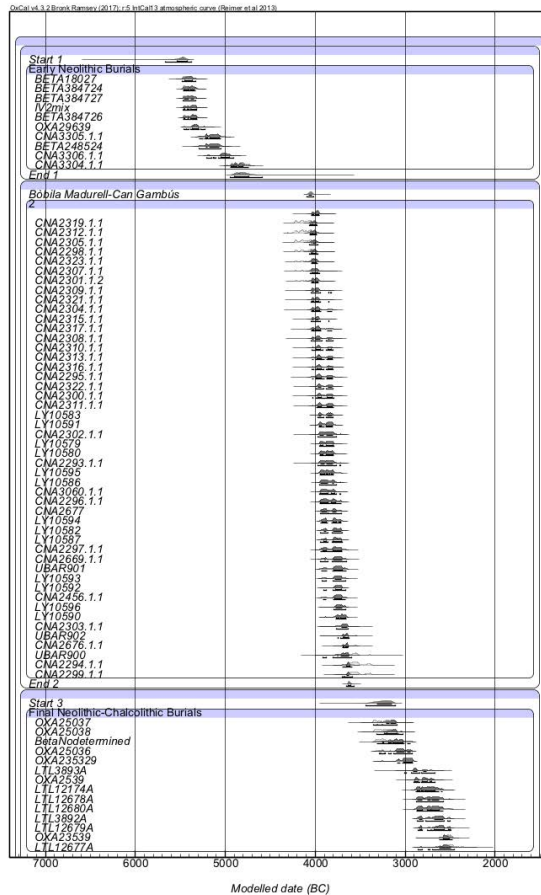


Figure 8. “Three Overlapping Phases Bayesian Model” of Early Neolithic (Phase 1), Middle Neolithic (“Bòbila Madurell-Can Gambús”) (Phase 2) and Final Neolithic-Chalcolithic (Phase 3) burials (NE Iberian Peninsula).

	<b>START</b>	<b>END</b>	<b>SPAN</b>
<b>Early Neolithic Burials</b>	5680-5380 cal.BC	4945-4595 cal.BC	460-695
<b>Bòbila Madurell-Can Gambús (Middle Neolithic)</b>	4100-4010 cal.BC	3665-3575 cal.BC	365-470
<b>Final Neolithic-Chalcolithic Burials</b>	3440-3110 cal.BC	2600-2325 cal.BC	540-835

Table 5. “Three Overlapping Phases Bayesian Model” results for Early, Middle (“Bòbila Madurell-Can Gambús”) and Late Neolithic burials (NE Iberian Peninsula).

#### 4.2. Chronological distribution of raw materials in the “Bòbila Madurell-Can Gambús” grave goods.

The oldest burial in the “Bòbila Madurell” sector has grave goods made of foreign and exotic raw materials. Consequently, we conclude that the long-range exchange networks were functioning from the very beginning of this site: 4180 cal BC. Figures 9 and 10 visualize the apparent chronological continuity of this phenomenon, so that the presence of these kinds of artefacts extended until 3550 cal BC., given their presence in the latest documented burial (in the “Can Gambús” sector). There are no statistical differences in the frequency of burials with variscite, honey flint and jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes between both sectors (Probability of No association below 0.000 using Fisher’s exact test).

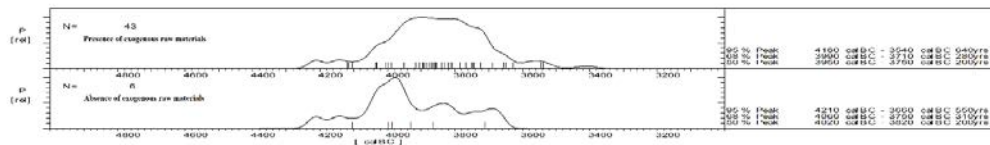


Figure 9. “Sum of Probabilities Distribution” graph showing the presence (4180-3550 cal BC) and absence (4210-3660 cal BC) of exogenous raw materials in “Bòbila Madurell-Can Gambús” grave goods.

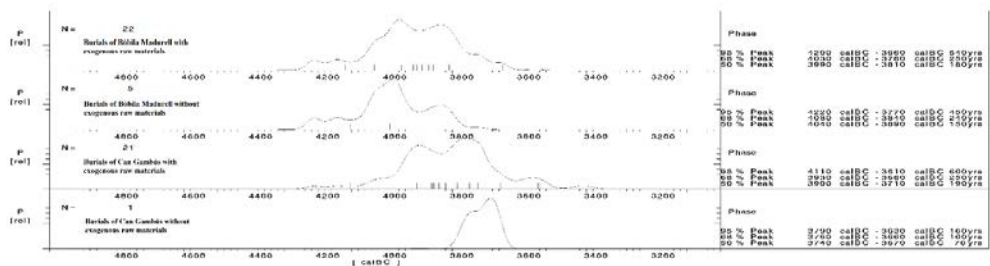


Figure 10. “Sum of Probabilities Distribution” graph showing the presence and absence of exogenous materials, differentiating the two sectors.

However, a closer look to the “Sum of Probabilities Distribution” graph suggests that most burials with exotic raw materials are concentrated in a shorter period (4000-3800 cal BC): the largest number of burials with these materials should correspond to the time when the quantity of exchanged material was also the largest. This kind of material would have been more infrequent after 3700 cal BC, when those long-range exchange networks began to fail. Given the slightly later chronology of the “Can Gambús” sector, the lack of variscite, honey flint and jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes among its later burials is more noticeable than in the earlier sector.

A working hypothesis would be that “Bòbila Madurell” burials without exogenous raw-materials were the oldest burials in the cemetery (Phase 1). Those early remains from a first phase would have been followed by burials in both sectors where the presence of exogenous raw materials has been documented (Phase 2), and would belong to the period of maximum long-range exchange. Finally, a late burial from the “Can Gambús” sector, without any grave goods made from foreign raw materials, would have belonged to the latest moments of the cemetery (Phase 3).

We have used a “Three Overlapping Phases Bayesian Modelling” to test this hypothesis (Table 6 and Annex 4). This model has a very high concordance with the known 14C dates of burials (Amodel index: 108 and Aoverall index: 108.8). We can suggest then, that the beginning of long-range exchange networks would have been later than the first occupation. Their effects would have increased until reaching their peak around 4100-4005, and the quantity of non-local exotic material would have begun to decrease around 3655-3550 cal BC onwards.

	<b>START</b>	<b>END</b>	<b>SPAN</b>
<b>Bòbila Madurell without exogenous raw materials</b>	4215-3960 cal BC	3995-3715 cal BC	0-230
<b>Bòbila Madurell and Can Gambús with exogenous raw materials</b>	4100-4005 cal BC	3655-3550 cal BC	358-484
<b>Can Gambús single burial without exogenous raw materials</b>	4230-3985 cal BC	3762-2694 cal BC	230-540

Table 6. “Three Overlapping Phases Bayesian Model” results of “Bòbila Madurell” burials without exogenous raw materials (Phase 1), with exogenous raw materials in “Bòbila Madurell” and “Can Gambús” sectors (Phase 2) and the single burial from “Can Gambús” sector without exogenous raw materials (Phase 3).

In any case, “fo foreign material” is a generic class of items. We have depicted the “Sum of Probabilities Distribution” for each kind of “exotic/foreign” raw material (Figure 11). There is a clear chronological overlapping between burials without jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes, variscite ornaments and honey flint tools, which appear to be older than burials with those materials. The first appearance of variscite and honey flint tools would have been slightly earlier than the presence of jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes, which seem to be the latest category to have travelled along those long-range networks. The beginning of the decrease in the circulation of those objects was, however, simultaneous (around 3655-3550 cal BC), suggesting that it was not a problem of a single source but the beginning of a probably sudden collapse of the entire network.

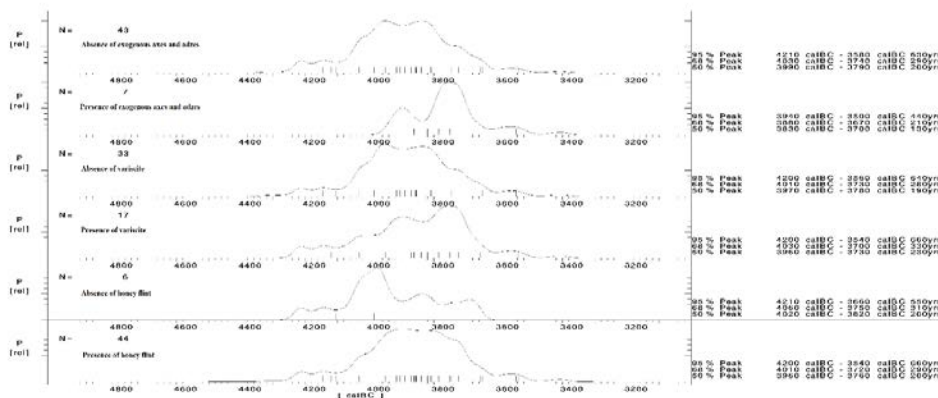


Figure 11. “Sum of Probabilities Distribution” graph showing the presence and absence of each documented raw material.

## 5. Discussion and conclusions

This article aims to clarify the chronology of one of the most important necropolises in the “Pit Burials” cultural horizon. The impressive nature of its archaeological record makes the detailed analysis of its chronology an important first step to explain the chronological development of the “Pit Burials” cultural horizon, as well as the raw materials exchange networks associated with it. In order to clarify these chronological issues, series of new radiocarbon dates have been analysed statistically in this paper.

According to our data, there is no discontinuity between the “Bòbila Madurell-Can Gambús” sectors nor within them, so it can be concluded that they were the same unit. However, despite being continuous in time, we cannot assert their contemporaneity in a lower margin than 50 years. The necropolis’s temporal limits indicate that it was founded between 4100 and 4015 cal BC, ended between 3655 and 3560 cal BC and lasted around 365-485 years. However, “Bòbila Madurell” started to be used a little earlier than “Can Gambús” (4130-4010/3765-3615 cal BC), which was the last sector to stop being used (4115-3980/3640-3490 cal BC).

On the other hand, the significant presence of honey flint and variscite appeared more or

less at the same time, around 4000 cal BC. However, this pattern changes in the case of exogenous axes and adzes, which appear a little afterwards, circa 3900 cal BC. This suggests that the arrival of these goods might respond to different network phenomena, the particularities of which are still to be explained. It is noticeable that both exchange networks finished in a significant way at the same time around 3655-3550, suggesting that it was not a problem of a single source but the beginning of a probably sudden collapse of the entire network. From this moment, around 3600-3500 cal BC, profound changes are documented in burial practices, in terms of both funerary structures and modes of burial and grave goods. From that time onwards, collective burials in different places, especially dolmens, hypogea and caves with an exclusively burial function, became common. These changes are also linked to changes in the connection networks that facilitated access to certain raw materials. At this time, honey flint, axes and adzes originally from Alpine or Pyrenean regions, and variscite ceased appearing in grave goods. Even the mines where variscite was obtained stopped operating. The new collective burials often had few artefacts associated with the burials, such as flint points and blades from different parts of the Western Mediterranean (south-east France and Aragon in the Iberian Peninsula), fauna offerings (whole or partial) and, occasionally, some pottery vessels and ornaments.

Thus, the data relating to the end of the Neolithic occupation of “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis can be interpreted as an indicator that these burial practices and exchange networks were reaching an end. As the “Overlapping Phases” Bayesian models presented here indicate, the available data suggest that these changes were not so progressive, between 3655 and 3550 cal BC, although the time that these materials appear to be significantly absent in the necropolis around 3655-3550 cal BC.

In accordance with the explanatory horizons that these new data open for Neolithic communities, in the future it will be interesting to expand the number of radiocarbon dates for this magnificent cemetery, as well as for other “Pit Burials” contexts, in order to reinforce or refute these first explanatory hypotheses about the chronology of this cultural horizon proposed in this paper.

## Acknowledgements

Part of the analyses presented in this paper were carried out within the project: "Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias" (HAR2011-23149), "Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del Mediterráneo nordoccidental: construyendo respuesta desde los análisis paleoantropológicos y genéticos" (HAR2015-67323-C2-1-P y HAR2015-67323-C2-2-P) and "La difusión del neolítico en el Mediterráneo centro-occidental: agricultura, innovaciones tecnológicas y carbono 14" (HAR2016-75201-P) funded by the Ministry of Economy and Competitiveness of the Spanish Government. This project was conducted thanks to the collaboration and the agreement between the Milà i Fontanals Institution (Spanish National Research Council), the National Accelerator Centre (CNA) and the Autonomous University of Barcelona (UAB). We also would like to thank the assistance of the Department of Archaeology of the Catalan Government and the various museums that we visited to study the materials deposited from "Bòbila Madurell-Can Gambús" necropolis (Museum of History of Sabadell, Barcelona Archaeological Museum and the History Museum of Catalonia). This work has also been possible thanks to a predoctoral fellowship (FI-DGR2014) funded by the Catalan Government.

## References

- Alaminos, A., Blanch, R. M. and Lázaro, P. (1991). Bòbila Madurell. Su contribución al Neolítico Medio en Catalunya. *Revista de Arqueologia*, 128, 14-23.
- 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. Unpublished PhD dissertation. Paris 1 Panthéon-Sorbonne University and Autonomous University of Barcelona.
- Antolín, F. (2016). Local, intensive and diverse? Early Farmers and plant economy in the North-East of the Iberian Peninsula (5500-2300 cal BC). *Advances in Archaeobotany*, 2. Groningen: Barkhuis Publishing Press.
- Binder D. (1998). Silex blond et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal. In: A. D'Anna & D. Binder (Ed.), *Production et identité culturelle. Actualité de la recherche*. Antibes: Éditions APDCA, 111-128.
- Blasco, A., Edo, M., Villalba, M., Saña, M. (2005). Primeros datos sobre la utilización sepulcral de la Cueva de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) en el Neolítico Cardial. In: P. Arias, R. Ontañón & C. García-Moncó (Ed.): *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica. Monografías del Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria*, 625-634.
- Bordas, A., Díaz, J., Pou, R., Parpal, A. Martín, A. (1994). Excavacions arqueològiques 1991-92 a la Bòbila Madurell-Mas Duran (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental). *Tribuna d'Arqueologia*, 1992-1993, 31-47.
- Bosch, J. and Borrell, F. (2009) Intervencions arqueològiques a les mines de Gavà (sector serra de les Ferreres).

- Anys 1998–2009. De la variscita al ferro: neolític i antiguitat, Gavà, Museu de Gavà. Rubricatum: 4.
- Bosch, A. and Tarrús, J. (1990). La cova sepulcral del Neolític antic de l'Avellaner, Cogolls, Les Planes d'Hostoles (La Garrotxa). Girona: Centre d'Investigacions Arqueològiques Press.
- Brock, F., Bronk, S., Higham, T. (2007). Quality assurance of ultrafiltered bone dating. *Radiocarbon*, 49(2), 187-192.
- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337–60.
- Capuzzo, G. (2014). Space-Temporal analysis of Radiocarbon Date and Associated Archaeological Record: From Danube to Ebro rivers and from Bronze to Iron Ages. Unpublished PhD dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- Chamizo, E., Santos, F.J., López, J.M., Padilla, S., García, M., Heinemeier, J., Schnabel, Ch., Scognamiglio, G. (2015). Status report of the 1MV AMS facility at the Centro Nacional de Aceleradores. *Nuclear Instruments and Methods B*, 361, 13-19.
- Contreras, D.A., Meadows, J. (2014). Summed radiocarbon calibrations as a population proxy: a critical evaluation using a realistic simulation approach. *Journal of Archaeological Science* 52, 591-608.
- Duboscq, S. In press. Organisation sociale en fonction du sexe des individus au Néolithique Moyen. Analyse des données disponibles pour le nord-est de la péninsule Ibérique entre le Vème et le IVème millénaire av.n.è. Unpublished PhD dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- Fontanals, M. 2015. Estudi dels modes de subsistència de les comunitats neolítiques del nord-est de la Península Ibèrica: Reconstrucció paleodietètica a partir dels els isòtops estables. Unpublished PhD Dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- Gibaja, 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 International Series, S1140. Oxford: Archaeopress.
- Gibaja, J.F., González, P., Martín, A., Palomo, A., Petit, M.A., Plasencia, X., Remolins G. and Terradas X. (2014). New Finds of Obsidian Blades at Neolithic Sites in North-east Iberia. *Antiquity Project*, 340, Available: (<http://journal.antiquity.ac.uk/projgall/gibaja340>)
- Gibaja, J.F., Léa, V., Lugliè, C., Bosch, J., Gassin, B. and Terradas, X. (2013). Between Sardinia and Catalonia: contacts and relationships during the Neolithic. In E. Blasco, P. Francalacci, A. Nocentini & G. Tanda (Ed.). *Iberia e Sardegna. Legami linguistici, archeologici e genetici sal Mesolitico all'Età del Bronzo*. Firenze: Le Monnier Università Press, 214-233.
- 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, 463-472.



Gibaja, J.F., Clop, X. 2012. El Neolítico en Cataluña. In M. Rojo & I. García (Ed.), *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo* (pp.333-370). Madrid: Cátedra Press.

González, J., Hadzerebacher, K., Molist, M. (2011). Un nou assentament del V mil·lenni a la costa de Barcelona. *QUARHIS*, 7, 86-100.

Hajdas, I., Michczynski, A., Bonani, G., Wacker, L., Furrer, H. (2010). Dating bones near the limit of radiocarbon dating method: study case mammoth from Niedeweningen, ZH Switzerland. *Radiocarbon*, 51(2), 675-680.

Jöris, O. and Weninger, B. (1998). CalPal. <http://www.calpal-online.de/>.

Léa, V. (2005). Raw, pre-heated or ready to use: discovering specialist supply systems for flint industries in mid-Neolithic (Chassey culture) communities in southern France. *Antiquity*, 79, 51-65.

Lee, S., Bronk Ramsey, C. (2012). Development and Application of the Trapezoidal Model for Archaeological Chronologies. *Radiocarbon*, 54(1), 107-122.

Martín A., Blanch R.M., Albizuri S., Alaminos A., Mercadal O., Vives E., Lázaro P., Bosch J. Colomer S. Miret J., Enrich R. and Aliaga S. (In press A). El paraje de Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental, Barcelona). In: J.F. Gibaja, M.E. Subirà, A. Martín, M. Mozota & J. Roig (Ed.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noreste peninsular*. Castelló de la Plana: E-ditArx Press.

Martín, A., Casas, J. (In press B). La Bòbila d'en Joca (Montornès del Vallès, Barcelona): In: J.F. Gibaja, M.E., Subirà, A., Martín, M. Mozota, & J. Roig (Ed.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el Neolítico en el Noreste peninsular*. Castelló de la Plana: Editarx Press.

Martín, A., Miret, J., Blanch, R.M., Aliaga, S., Enrich, R., Colomer, S., Albizuri, S., Bosch, J. (1988). Campaña d'excavacions arqueològiques 1987-1988 al jaciment de la Bòbila Madurell-Can Feu (Sant Quirze del Valles, Valles Occidental). *Arrahona*, 3, 9-23.

Masclans, A. (In press). Aproximació a les comunitats pertanyents a l'Horitzó c.4.000- 3.400 cal ANE al NE de la Península Ibèrica a partir dels estudis tecno-funcionals dels artefactes polits i bisellats situats en contextos funeraris i d'hàbitat. Unpublished PhD dissertation. University of Girona.

Masclans, A., Palomo, A., Gibaja, J.F., Remolins, G., Gómez D. (2016). Use-wear analysis of Neolithic polished axes and adzes: the site of "Bòbila Madurell-Can Gambús 1-2 (North East of the Iberian Peninsula). *Quaternary International*, In press.

Masvidal, C., González, P., Mora, R. (2003). El conjunto cerámico de Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona): bases para su estudio funcional y contextual. In: R. Ontañón, C. García & P. Arias (Eds.), *Actas del III Congreso de Neolítico de la Península Ibérica*, 305-316.

Mazucco, N. (2014). The Human Occupation of the Southern Central Pyrenees in the Sixth-Third Millennia cal BC: a Traceological Analysis of Flaked Stone Assemblages. Unpublished PhD

dissertation. Autonomous University of Barcelona.

Michczynsky, A.(2004).Influence of 14C concentration changes in the past on statistical inference of time intervals. *Radiocarbon*, 46(2), 997-1004.

Mickezynski, A., & Michezynska, DJ.(2006). The effect of PDF peaks ' height increase during calibration of radiocarbon data sets. *Geochronometria*, 25, 1-4.

Moinat, P., Chambon, P.(2007).Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental. Proceedings of Discussion in Lausanne; 2006.Lausanne, Switzerland: Lau Cahiers d'Archéologie Romande and Société Préhistorique Française Press.

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

Muñoz, A.M.(1965) La cultura neolítica catalana de los Sepulcros de Fosa. Publicaciones eventuales del Instituto de Arqueología y Prehistoria de la Universitat de Barcelona, 9.

Oliva, 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. Unpublished PhD dissertation. Autonomous University of Barcelona.

Oms, F.X., Petit, M.A., Morales, J.I., García, M.S.(2012). Le processus de néolithisation dans les Pyrénées orientales. Occupation du milieu, culture matérielle et chronologie. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 109(4), 651-670.

Pétrequin, P., Errera, M., Martín, A., Fabregas, R. and Vaquer, J.(2012). Les haches en jades alpins pendant les Ve e IVe millénaires. L'exemple de l'Espagne et du Portugal dans une perspective européenne. In: F. Borrell (Ed.). *Networks in the Neolithic. Exchange of raw materials, products and ideas in the Western Mediterranean (VII-III millennium BC)*. Rubricatum 5. Gavà: Museu de Gavà Press: 213-222.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S., Van der Plicht, J.(2013). *IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP*. *Radiocarbon*, 55, 1869–87. Available from: [http://dx.doi.org/10.2458/azu\\_js\\_rc.55.16947](http://dx.doi.org/10.2458/azu_js_rc.55.16947)

Roig et al. Submitted

Roig, J. and Coll, J. M. (2010). La necròpolis del neolític mitjà de Can Gambús-1 (Sabadell, Vallès Occ.): Nova tipologia dels sepulcres de fossa i pràctiques funeràries durant el IV mil·lenni Cal BC a Catalunya. *Cypsela*,

18, 93-122.

Roig, J., Coll, J.M., Gibaja, J.F., Chambon, P., Villar, V., Ruiz, J., Terradas, X., Subirà, M.A.(2010).La necròpolis 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(1), 59-84.

Rojo, M., Garrido, R., and García, I.2012.El Neolítico en la península ibérica y su contexto europeo. Madrid: Cátedra Press.

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

Strydomck, M.Van., Boudin, M., Mulder, G. (2016). C14 dating of cremated bones: the issue of sample contamination. Radiocarbon, 51(2), 553-568.

Tarrús, J.(2002).Poblats, dòlmens i menhirs. Els grups megalítics de l'Albera, Serra de Rodes i Cap de Creus.Girona: Publicacions de la Diputació de Girona Press.

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

Terradas,X.,Gibaja,J.F.2002.La gestión social del sílex melado durante el Neolítico medio en el nordeste de la Península Ibérica. Trabajos de Prehistoria, 59(1), 29-48.

Vaquer, J. (2014). Les pratiques funéraires au Néolithique moyen dans le Midi de la France. Rivista di Scienze Preistoriche, LXIV, 5-24.

Vaquer, J., Martín, A., Pétrequin, P., Errera, M. (2012). Les haches alpines dans les sépultures du Néolithique moyen pyrénéen : importations et influences. In: P. Pétrequin., S. Cassen., M. Errera.,L.Klassen., A. Sheridan. & A.M.Pétrequin (Ed.). Jade, Grandes haches alpines du Néolithique européen Ve au IVe millénaire av. J.-C. Cahier de la MSHE Ledoux, série Dynamiques territoriales, 17(2), 872-917.

Villalba, M.J., Bañola, s L., Arenas, J. and Alonso, M. (1986). Les mines neolítiques de Can Tintorer (Gavà). Excavacions 1978–1980. Barcelona: Generalitat de Catalunya (Excavacions arqueològiques a Catalunya) Press.

Wacker, L., Nemeç, M., Bourquin, J., (2010a). A revolutionary graphitisation system: fully automated, compact and simple. Nuclear Instruments and Methods B, 268, 931-934.

Wacker, L., Bonani, G., Friedrich, M., Hadjas, I., Kromer, B., Nemeç, M., Ruff, M., Suter, M., Synal, H.-A., Vockenhuber, C.(2010b). Micadas: routine and high-precision radiocarbon dating. Radiocarbon 52(2) , 252-262.

Ward, G.K., Wilson, S.R.(1978).Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique.Archaeometry, 20(1), 19-31.

Weninger, B., Edinborough, K., Clare, L., Jöris, O.(2001).Concepts of probability in radiocarbon analysis, Documenta Praehistorica, XXXVIII, 1-

20.

Williams, A.N.(2012). The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of archaeological science*, 39(3), 578-89.

Zemour, A. (2013). Gestes, espaces et temps funéraires au début du Néolithique (6<sup>e</sup> millénaire et 1<sup>ère</sup> moitié du 5<sup>e</sup> millénaire cal-BC) en Italie et en France méridionale: Reconnaissance des témoins archéologiques de l'après-mort. PhD Thesis Dissertation, Nice Sophia-Antipolis Université.



**4.3. TRACING THE CHRONOLOGY OF NEOLITHIC PIT AND STONE BOX BURIALS IN NORTH-EASTERN IBERIA.** *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 491-504.

**Morell Rovira, Berta.** AGREST Research Group. Quantitative Archaeology Laboratory. Departament of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: berta.morell@uab.cat

**Barceló Álvarez, Juan Antonio.** AGREST Research Group. Quantitative Archaeology Laboratory. Departament of Prehistory. Autonomous University of Barcelona. Building B, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: juanantonio.barcelo@uab.cat

**Oms Arias, Xavier F.** SERP Group. Department of Prehistory, Archaeology and Ancient History. University of Barcelona. Montalegre Street, 6. 08001 Barcelona. Email: xavieroms@gmail.com

**Remolins Zamora, Gerard.** REGIRAROCS, SL. Research, conservation and dissemination of natural and cultural heritage of the Pyrenees Company. Carlemany Street, 115. AD700 Escaldes-Engordany, Andorra. Email: info@regirarocs.com

**Subirà De Galdàcano, M. Eulàlia.** GRAPAC-CETEC Research Group. Department of Animal Biology, Plant Biology and Ecology. Autonomous University of Barcelona. Building C, Campus UAB 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès) Spain. Email: Eulalia.subira@uab.cat

**Chambon, Philippe.** CNRS. UMR 7206, Éco-anthropologie et ethnobiologie, Musée de l'Homme, 16 place du Trocadéro 75116 Paris. Email: philippe.chambon@mnhn.fr

**Gibaja Bao, Juan F.** AGREST and ICArHEB Research Groups. Archaeology and Anthropology Department. Milà i Fontanals Institution. Spanish National Research Council. Egipcíaques Street, 15. 08001 Barcelona. Email: jfgibaja@imf.csic.es

**Abstract**

This paper sets out how to approach the chronology of an archaeological funerary practice, through a specific case study: the Neolithic “Pit Burials” funerary horizon of the northeastern Iberian Peninsula. Towards the end of the fifth millennium cal BC, the communities settled in this region began to systematically bury a large part of their population in individual, occasionally double, pits or stone boxes burials. Clear similarities have been documented with other neolithic european funerary horizons, such as the “Chasséen” in France or the “Cortailod” in Switzerland, that suggest that it could be a larger-scale phenomenon. However, up to now the chronology of “Pit Burials” has not been fully defined, so describing and explaining this phenomenon both regionally and

globally has been difficult. This paper fills this gap by presenting, on the one hand, new unpublished radiocarbon dates, addressing the methodological possibilities of statistical analysis and Bayesian modeling of radiocarbon dates in order to specify the chronology of funerary contexts. The results presented here not only show the chronology of the “Pit Burials”, and its relationship with the other similar european burials, from this methodological point of view for the first time, but also the methodological advantages of these statistical tools in order to specify the chronology of any other archaeological funerary practice.

**Keywords:** Neolithic, Funerary practices, Chronology, Radiocarbon dating, Statistical analysis and Bayesian modelling of Radiocarbon dating.

## 1. Introduction

### 1.1. The historical problem

Towards the end of the fifth millennium cal BC, the communities settled in the NE of the Iberian Peninsula began to systematically bury a large part of their population in individual, occasionally double, pits or stone boxes. The archaeological record of this period is characterized by its richness regarding the funerary contexts and by its scarcity in relation to habitat contexts, which have been practically undocumented. Such is the importance of the presence of these graves in this region, more than 650 funerary structures have been documented up to now, that this period has originally been called the "Sepulcres de Fossa" (in English "Pit Burials") horizon (Bravo et al. 2015; Gibaja 2003 and 2004; Gibaja and Clop 2012; Gibaja et al. 2010; Martín 1998; Martín et al. 2010 and 1997; Roig and Coll 2007, 2010; Roig et al. 2010). However, the chronotypological homogeneity of these tombs has not been fully resolved.

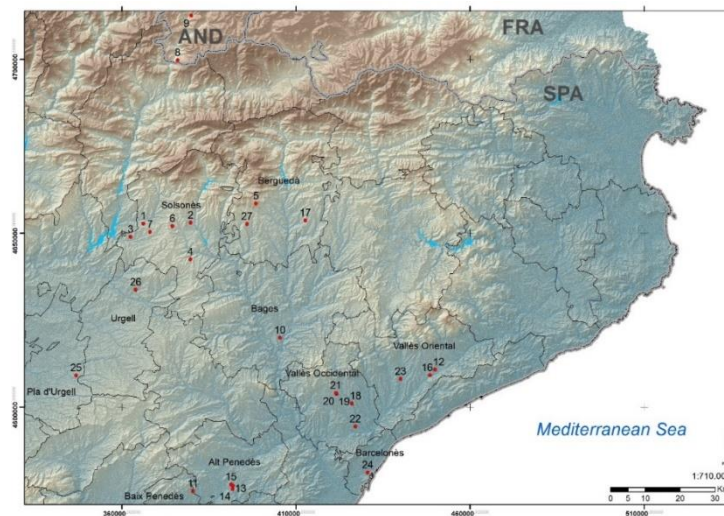


Figure 1. Location of sites with analysed dating in this work (1. Ceuró, 2. El Vilar de Simosa, 3. Costa dels Garrics de Caballol, 4. Solà III, 5. Serrat de les Tombes, 6. Megalít del Sr. Bisbe, 7. Llord, 8. Feixa del Moro, 9. Tomba de Segudet, 10. Pla del Riu de les Marcetes, 11. Hort d'en Grimau, 12. Camí de Can Grau, 13. Pujolet de Moja, 14. La Serreta, 15. Els Cirerers, 16. Bòbila d'en Joca, 17. Ca l'Olaire, 18. Can Roqueta, 19. Bòbila Madurell, 20. Can Gambús 1, 21. Can Gambús 2, 22. Els Mallols, 23. Ca l'Estrada, 24. Carrer Reina Amàlia, 25. La Plana del Torrent, 26. Povia and 27. Tomba del Moro).





Figure 2. At the top of the picture: Feixa del Moro (Juberri, Andorra) stone box burial. Photograph of the section in the slope made in 1984 during the field work (1. Frontal view of the grave; 2. Zenithal view of the grave) Photographs deposited in Andorra Cultural Heritage and published in Remolins et al. 2016. At the bottom of the picture: General view of the UF16 pit grave of Can Gambús 2 (Sabadell, Barcelona) and detail of the chipped stone tools deposited as grave goods (Bravo et al. 2015 and Gibaja et al. 2016).

The knowledge regarding funerary practices previously to this moment is very scarce. This is mainly due to two reasons: on one hand, few burials have been safely documented and, on the other one, the determined chronology of most of them is approximate, since not many absolute radiocarbon datings have been carried out, and the chronological attribution of most of the burials have been based on their constructive characteristics and the few elements associated to the grave goods of the dead.

In the framework of our research project, an extensive program of absolute datings on the different types of these burials in this area -they are cave burials, graves excavated in the ground and stone structures (pits or stone boxes) also excavated underground and

sometimes covered by tumulus- has been initiated, as well as a review of the characterization of its constructive typologies.

Previously to our dating program, only about 40 of the 650 burials of this type documented in the NE of the Iberian Peninsula had been dated. In addition, the samples were often not from the buried individual, but from several elements (seeds, charcoal remainders, etc.), that supposedly were considered associated to the burial. If this situation gave rise to several doubts concerning the chronology of these funerary practices during the Neolithic, the situation got worse when we tried to compare the radiocarbon dates from the different types of burials. Indeed, most of the radiocarbon dates came from caves and pit burials and only in just 7 cases they were from stone box burials.

However, in spite of the fact that, both the number of radiocarbon dating in general and the number coming from stone boxes burials type in particular is scarce, researchers usually have stated that all of these funerary structures belong to the same temporal gap. From these presuppositions, numerous proposals, interpretations and comparisons related to these funeral practices have been made (Martín and Mestres 1996; Miró 1994; Molist et al. 2003; Oms et al. 2012 and 2016; Remolins et al. 2016; Ripoll and Llongueras 1963; Ten 1980).

From our point of view, we consider that most of these proposals are too risky due to the scarce available chronometric information. Therefore, in our dating program we decided to obtain a significant number of new radiocarbon dates from stone box burials, not only in order to be able to evaluate their degree of contemporaneity regarding the other types of graves, but also because they have been considered the prelude to the later megalithic world, characterized by collective inhumations in dolmens, hypogeums and caves (Castany 1991; Tarrús 2002; Moinat and Chambon 2007).

Moreover, we have also considered important to evaluate the chronological differences between these stone box burials from the north east of the Iberian Peninsula and similar documented graves in the south of France and Switzerland during the same period (Moinat and Chambon 2007; Schmitt 2015; Vaquer 2007, 2014; Vaquer et al. 2007, 2012; Zémour 2013). The basic goal of this comparison is to evaluate whether it is a common

phenomenon that occurs at the same time in all of these geographical regions, or if it is a staggered practice in time and space.

These chronological questions have been addressed through the statistical analysis and Bayesian modeling of radiocarbon dates (Bayliss and Bronk Ramsey 2004; Bronk Ramsey 1994 and 2009; Buck and Meson 2015; Buck and Millard 2003; Weninger et al. 2001). The advantages of this methodological perspective to specify the chronology of archaeological contexts have been presented by multiple publications in recent years (Bayliss et al. 2015; Dye and Buck 2015; Wardle et al. 2014), also in terms of funerary practices (Aranda and Lozano 2014; Capuzzo 2014; García Sanjuán 2011; Bayliss and Whittle 2007; Scarre 2010; Whittle and Bayliss 2007). Drawing from these proposals, the methodological perspective on the dating of burial practices presented in this paper could be useful and applicable to other archaeological funerary horizons and contexts.

### ***1.2. The Neolithic in the NE of the Iberian peninsula: the funerary practices***

The earliest Neolithic evidences from the Northeast of the Iberian peninsula are documented in diverse sites near the Mediterranean coast by the middle of the 6th century BC. Until then, this region was occupied by Mesolithic hunter-gatherer communities living in the lowlands and the mountains of the Pyrenees/Pre-Pyrenees and the Pre-littoral ranges. Examples of Mesolithic sites are Cova del Parco, Cova de Can Sadurní, Cova del Vidre, Font del Ros, Balma Margineda or Bauma del Serrat del Pont (Alcalde and Saña 2008; Blasco et al. 2005; Fullola and García 2006; Guilaine and Martzloff 1995; Pallarés et al. 1997).

A great debate about how the neolithic process took place and what role the hunter-gatherer communities of the Mesolithic played is currently in progress. The few dates belonging to the occupations of these last hunter-gatherers have led some researchers to suggest that during the first half of the sixth millennium cal BC, there was a population boom in this part of the Iberian Peninsula (Oms et al. 2017). In any case, after occupying the coastal territories in a few centuries, these first communities of farmers and shepherds had already settled in the territories of the interior and even in certain mountainous contexts of the Pyrenees and the Pre-Pyrenees. Afterwards, and gradually, they occupied other areas of

the Iberian Peninsula. However, it should be pointed out that in this scenario another line of research proposes that another possible route of penetration to these regions could have been the north of Africa, through the coasts of Morocco (Bernabeu et al. 2014; Gibaja and Carvalho 2010; Isern et al. 2014; Martins et al. 2015; Mazzucco 2014; Oms et al. 2012; Zilhao 2001;).

The first Neolithic societies of Iberia were mainly characterised by agriculture and animal husbandry. Neolithic sites evidence cultivation of wheat, barley (*triticum aestivum t. compactum*, *Triticum aestivum/durum*, *Triticum dicoccum*, *Hordeum vulgare nudum* and *Hordeum vulgare*) and legumes (white beans -*vicia fava*- and peas -*pisum sativum*-) (Antolín and Buxó 2012; Zapata et al. 2004). Neolithic groups also kept several domestic animal species (sheeps -*Ovis aries* or *Capra hircus*- cattle -*Bos Taurus*- and swines -*Sus domesticus*-) (Tresset and Vigne 2007). In addition, these groups reproduced perfectly the pottery techniques and produced lithic industries that consisted both of both of knapped artifacts (blades and flakes used to make a wide range of tools) and ground stones implements (axes, adzes and querns).

Five periods have been established based on pottery's morphology and decoration, settlement's models, the techno-morphology of lithic and bone instruments, the ornament's characteristics, the funerary practices, the treatments of the buried, among others. These are: Cardial Early Neolithic, Epicardial Early Neolithic, Postcardial Neolithic, Middle Neolithic and Final Neolithic-Chalcolithic (Gibaja 2003; Martín et al. 2010; Mestres 1992; Miró 1994; Molist et al. 2003; Tarrús 1985). In many cases, the chronological attribution established for each of these periods has changed relatively according to the different authors. For this reason, during the last years we have been carrying out different research works in order to evaluate which chronological moment corresponds to the set of traditionally distinctive elements of these periods (Oms et al. 2016).

As mentioned above, little evidences of funerary practices have been found and dated before Vth Millennium in North-eastern Iberian Peninsula. Only one pit burial was dated in Early Neolithic time (burial of Plaça de la Vila de Madrid, in Barcelona) (Pou et al. 2010). In later times, during the first Neolithic we hardly know any burial, and those tentatively dated in Early Neolithic (Cardial-Epicardial) are cave inhumations and

collective graves such as Can Sadurní and Cova Bonica (Blasco et al. 2005; Oms et al. 2017; Pou et al. 2010).

The situation changed during the second part of the fifth millennium and the early fourth millennium (Gibaja 2004; Gibaja et al. 2012, 2013 and 2014; Masclans et al. 2017; Mozota and Gibaja 2015; Terradas 2005; Terradas and Gibaja 2002; Terradas et al. 2014). As we mentioned above, the Neolithic groups, mostly settled in the lowlands and valleys, began to bury part of their population systematically in the first necropolises of this period. The burials are usually in graves dug in the ground or in structures made with stone slabs in the form of a pit or stone box with different shapes (circular, oval or even quadrangular). They are individual or occasionally double. Burials with three or more individuals are very weird.

As a general rule, the necropolises tend to be quite small, from 4 or 5 graves to 25. There is an exception, the necropolis of the Bòbila Madurell-Can Gambús, where a total of 175 burials have been documented (Martín et al. 1988; Pou et al. 1996; Roig and Coll, 2007, 2010; Roig et al. 2010; Allières 2016).

As discussed above, two main types of burials can be distinguished: the pit dug in the ground located close to the Mediterranean coast and the stone boxes situated in the inland areas. Traditionally, the differential distribution of both types was linked to economical explanations, which considered that pit burials were associated with communities with an agricultural base economy, and the stone box burials, located in interior areas, closer to the mountains, were associated with communities with a pastoral based economy. However, recent research works regarding the diets of both communities have denied these proposals (Fontanals et al. 2015).

Different typologies of the graves have been agreed based on their morphology, entry, orientation, the position of the inhumed, etc. Regarding the stone boxes, three types have been distinguished (Castany 2008):

-*Megalithic chambers*: built with slabs on the sides and on the roof with a front and mobile access. Three subtypes have been defined: Buried chamber accessible by flat or

ramp foot (CMS), open chamber in a natural margin as a niche (CMM) and chamber under a mound (CMT).

-*Cists*: buried box hermetically sealed on all four sides. The camera is accessed through the slab that covers it, which is flatter and smaller than those of megalithic chambers.

However, around the 20% of these burials could not be assigned in any of these types due to their bad state of conservation. With regard to pit burials, several types have been categorized in a recent publication (Martín et al. 2016):

-*Type I*: two-levels structure (a well-defined upper platform on which the lower funerary chamber opens). Orientation NE / SW, being in occasions E / W, with the dead in with decubitus supinus position. The structure is closed with stone slabs or with perishable material. Two subtypes have been defined: with rectangular surface and chamber (*Type Ia*) or with a circular or oval surface and chamber (*Type Ib*).

-*Type II*: two-levels structure, defined by upper rectangular platform where the lower funerary chamber of rectangular or oval morphology is opened, creating a kind of apse (in cave). The dead is more or less shrunk (few examples with a stretched skeleton have been documented), aligned in decubitus supinus position. The orientation is the same as the previous type and is also closed with a large stone or perishable material slab. Two subtypes (*Type IIa* and *Type IIb*) have been defined that are differentiated by the space occupied by the inhumed in the sepulchral space.

-*Type III*: two-levels structure (upper circular, oval or quadrangular platform from which one descends to the funeral chamber, located on one side, through a ramp, a step or a well). The skeleton is shrunk in lateral decubitus position or shrunk or stretched in decubitus supinus, with SE / NW or S / N orientation; that is, transverse to the axis of the tomb. The closure of the structure is vertical, made by stones or perishable materials. There are also two subtypes: small dimensions chamber with a ramp or small step access and a shrunken skeleton (*Type IIIa*) and wide oval or circular funerary chamber, as hypogeum, also with a ramp or small step access and with a shrunken or stretched skeleton (*Type IIIb*).

-*Type IV*: funerary chamber opened at the original level of circulation. The orientation of the skeleton is NE / SW or E / W and the structure is closed by stone or perishable material slabs. It is possible that many of them could be destroyed structures of the types defined above, of which only the burial chamber is conserved. Two subtypes have been defined: those of rectangular shape (*Type IVa*) and those of oval shape (*Type IVb*).

Nevertheless, not all of the pits have been characterized in these types due to their conservation status (indeterminate type). Some of them have been defined as silos.

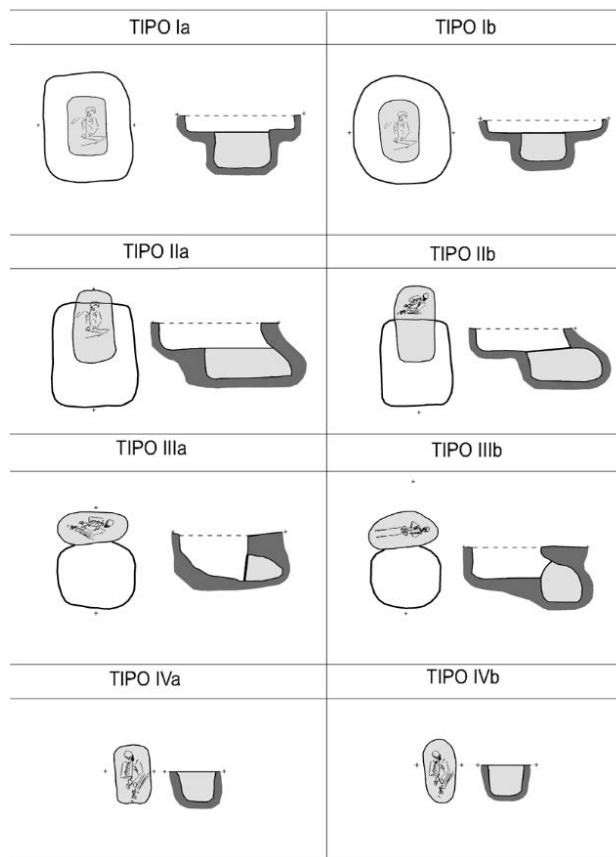


Figure 3. Pit burials types according to Martín et al. 2016

Although the interest in dating the burials of this period has increased in recent years, not all of them have received the same attention. If greater and greater the number of radiocarbon datings from pit burials type is increasing, is not so regarding stone box burials type, although they are still considered a fundamental element to understand this chronological period. This less attention to stone box burial type is also manifested in the new archaeological burial programs documentation. Thus, since the publication of Serra and Vilaro's book in 1927, mainly based on the stone box burials that the author had documented, there have hardly been any new discoveries or new in-dept analysis on neither existing documentation nor archaeological materials deposited in the museums. Among the few stone box burials excavated during the last years there are: Ceuró (3 burials), La Costa dels Garrics de Caballol (2 burials), Plana del Torrent (1 burial), El Serrat de les Tombes (1 burial) or Camp de la Bruna (1 burial). In this work, we have not only tried to address the chronology of burials in the pit and in quotation, but also to compare the temporality of the different types.

Furthermore, as mentioned above, these funerary stone slabs are not only circumscribed in the northeast of the Iberian peninsula, but clear parallels across the Pyreness, from the south of the currently France to Switzerland, have also been documented. Some examples are the burials of the “Chasséen” horizon closed to the Pyrenees in Languedoc, those of the “Pre-chasséen” in Auvergne or the horizon of “Chambon” in central-western of France and the “Chamblandes” horizon in Switzerland and the “Cultura dei vasi a bocca quadrata” or VBQ (in English: Square-Mouthed Pottery). These structures testify that this kind of funerary architecture was carried out by different communities of western Europe especially during the fourth millenium cal BC.

The radiocarbon dating programs carried out during the last decade in Swizerland and France suggest that the chronological interval of these kind of funerary structures would be between 4700-4000 cal BC approximately (Gely 2005; Moinat and Chambon 2007). In the following lines a chronological comparison between these burials from these different regions will be also addressed.



## **2. Materials and methods.**

### ***2.1. Materials***

Before starting our research project, the chronology of the pit burials was a little better known than the chronology of stone box ones. This was partly because many of the pit burials are closer to the coast and they were discovered during the recent decades thanks to the house building boom. Conversely, in the interior areas near the Pyrenees, where stone box burials are located, the number of excavations was lower and they were dated occasionally.

Thus, we decided to cover this chronological gap starting a program of new radiocarbon datings from the stone box graves. The main goal of this research was to clarify if they were or not contemporary to the pit burials and which kind of chronological relationship they had with the similar funerary structures documented in the south of France and Switzerland.

The study has been based on a total of 28 published radiocarbon dates and 17 unpublished determinations (Table 1) from the stone box graves of the north-east of the Iberian peninsula. Of these, 23 are from pit graves and 22 from stone box burials distributed in 27 different sites. We have insisted on critical analysis when building the data set, so it can be relatively small, but with the maximum relevance, with well individualized dated contexts and reducing measuring noise at the lowest possible level. Most of the dates were obtained from human bone samples, except three cases that were obtained from charcoals. Clearly stated criteria involved in the selection of radiocarbon dates prior to the analysis: all of them should have less than  $\pm 100$  years of standard deviation, they should come from reliable structures with a good level of conservation. All samples come from primary inhumations with articulated bones and none from secondary deposits. On the other hand, it is important to note that stable isotope studies on the diet of these populations (also carried out within the framework of our research project) determined that marine resources were not consumed (Fontanals 2015). Therefore, the radiocarbon dates can not be affected by the reservoir effect.

Regarding the available radiocarbon dates from the similar funerary structures located in France and Switzerland (Appendix 1.1.), in this study a total of 7 radiocarbon dates from the Alps, 64 from the Léman and 26 from the Valais areas have been collected. Of these, and as in the previous case, only those ones from human bone samples and primary inhumations with articulated bones with less than  $\pm 100$  years of standard deviation have been selected for the analysis. On the other hand, when it has been necessary, the available radiocarbon dates of the Early Neolithic and the Final Neolithic-Chalcolithic burials of the NE of the Iberian peninsula (Appendix 1.2.) have also been used in some models.

All dates have been calibrated to  $2\sigma$  with the *OxCal* v4.3 software (Bronk Ramsey 2009) using the IntCal 13 curve (Reimer et al. 2013).

Site	Provenance	Sample	Lab.Code	BP Date	S.D.	Cal (2 $\sigma$ )	Type of structure	References
<b>STONE BOXE BURIALS</b>								
Serrat de les Tombes	Ind 1	Human bone	CNA2673.1.1	4759	49	3645-3380	CMS chamber	This paper
El Llord I	El Llord I	Human bone	CNA2332.1.1	5000	45	3945-3670	CMM chamber	This paper
El Llord V	Llord Sep 5	Human bone	LYON10588	4855	30	3705-3535	CMM chamber	This paper
Ceuró I	Ceuro I 87191	Human bone	CNA2457.1.1	4995	35	3940-3665	CMM chamber	This paper
Ceuró II	Ceuro II 8720-1	Human bone	CNA2458.1.1	4970	35	3909-3657	CMM chamber	This paper
Ceuró II	Ceuro II 8720-2	Human bone	CNA2459.1.1	4965	35	3905-3655	CMM chamber	This paper
Ceuró II	Ceuro II 8720-3	Human bone	CNA2460.1.1	4915	35	3765-3645	CMM chamber	This paper
Costa dels Garrics de Caballol I	Cista 1	Human bone	UBAR127	4950	70	3945-3640	CMT chamber	Castany 1991

Costa dels Garrics del Caballol II	Garric 8566-1	Human bone	CNA2461.1.1	4720	35	3635-3375	CMS chamber	This paper
Costa dels Garrics del Caballol II	Garric 8566-3	Human bone	CNA2462.1.1	4725	35	3635-3375	CMS chamber	This paper
Costa dels Garrics del Caballol II	Garric 8566-2	Human bone	LYON10589	4535	30	3365-3105	CMS chamber	This paper
Costa dels Garrics de Caballol II	Cista 2	Human bone	UBAR209	4860	90	3930-3375	CMS chamber	Castany 199
Solar III	Enterrament 3	Human bone	CNA3048.1.1	4979	33	3925-3660	CMS chamber	This pap
Solar III	III	Human bone	CNA 1643.1.1	4983	32	3930-3665	CMS chamber	This paper
Megàlit del Bisbe	Estructura 1801	Human bone	CNA3051.1.1	5109	33	3975-3800	CMS chamber	This paper
Povia	Estructura 1854	Human bone	CNA2050.1.1	5072	33	3960-3795	CMS chamber	This paper
Tomba del Moro	Estructura 1575	Human bone	CNA3049.1.1	4965	34	3895-3655	CMS chamber	This paper
El Vilar de Simosa	1813,5	Human bone	CNA1640.1.1	4984	32	3930-3665	CMS chamber	This paper
Feixa del Moro II	FM2	Human bone	CNA2330.1.1	5025	45	3945-3710	CMM chamber	Remolins et al.2016
Feixa del Moro III	FM3	Human bone	CNA2331.1.1	5095	45	3980-3785	CMS chamber	Remolins et al.2016

Tomba de Segudet	TS	Human bone	Beta160374	5350	40	4325-4050	CXS	Yáñez 2003
La Plana del Torrent	PT	Human bone	UBAR625	5015	55	3955-3695	CMS chamber	Oms et al.2016
<b>PIT BURIALS</b>								
Camí de Can Grau	CCG-44	Human bone	BETA120559	4790	50	3660-3380	Type IIIb	Oms et al.2016
Camí de Can Grau	CCG-5	Human bone	BETA120560	4840	40	3705-3525	Type IIa	Oms et al.2016
Camí de Can Grau	CCG-38	Human bone	BETA20561	4760	50	3645-3375	Type IIIb	Oms et al.2016
Bòbila Madurell	BM-G17	Human bone	UBAR442	5310	90	4330-3975	Type IVb	Martí et al.1997
Bòbila Madurell	BM-S78	Human bone	UBAR586	4810	70	3710-3420	Indeterminate type	Oms et al.2016
Bòbila Madurell	BM-M7	Human bone	UBAR443	4560	80	3510-3375	Type IIa	Martí et al.1997
Can Gambús 1	E110	Human bone	UBAR900	4850	80	3895-3375	Type Ia	Roig et al.2010
Can Gambús 1	E167	Human bone	UBAR901	4980	40	3935-3655	Type Ia	Roig et al.2010
Can Gambús 1	E246	Human bone	UBAR902	4865	40	3760-3530	Type Ia	Roig et al.2010
Can Gambús 1	E515	Human bone	UBAR903	4570	60	3515-3090	Type IIIb	Roig et al.2010
Can Gambús 2	UF2	Human bone	CNA2300.1.1	5120	45	4035-3795	Type Ib	Bravo et al.2015
Can Gambús 2	UF16	Human bone	CNA2301.1.2	5200	35	4220-3955	Type IVa	Bravo et al.2015
Ca l'Estrada	SF-501	Human bone	POZ10391	5740	40	4695-4490	Indetermined type	Fortó et al.2008
Carrer Reina Amàlia	E-XIV (UF1)	Human bone	BETA259279	5720	40	4685-4465	Type IVb	González and Harzbecher2011
Carrer Reina Amàlia	UFIII	Human bone	BETA259280	5520	40	4455-4270	Type IIIb	González and Harzbecher2011

Els Cirerers	E16	Human bone	No reference	5205	40	4225-3950	Silo	Mestres and Martín 1996
La Serreta	E60	Human bone	BETA28061	5200	40	4230-3820	Type IVb	Oms et al.2016
Els Mallois	E114	Human bone	UBAR583	5170	80	4230-3790	Type IVb	Francès 2007
Bòbila d'en Joca	BJ	Human bone	OXA8876	4600	70	3625-3095	Indeterminet type	Martín and Casas in press
Can Roqueta	E651	Human bone	BETA189077	5220	50	4230-3955	Silo	Oliva et al.2008
Can Roqueta	E329	Human bone	BETA189075	5130	50	4040-3795	Indetermine type	Oliva et al.2008
Pla Riu de les Marcetes	4B	Human bone	CNA2452.1.1	4935	35	3780-3650	Type IVb	This paper
Ca l'Oliaire	F6	Human bone	Beta147811	5080	80	4040-3700	Indetermined type	Martín et al.2005

Table 1. Radiocarbon dates of the north-easter iberian neolithic pit and stone box burials analyzed in this study.

## 2.2. Methods

### 2.2.1. Testing the hypothesis of contemporaneity and calculating the chronological distribution of the neolithic pit and stone box burials of the NE of the Iberian peninsula.

In the first place the degrees of contemporaneity between the different radiocarbon datings have been tested through the Chi-Square test (Ward and Wilson 1978). This statistical test assesses the degree of overlapping among the probability ranges of each of the dates. If the degree of overlap is statistically consistent, the different events (radiocarbon datings) can be considered contemporary in time.

Following, the “Sum of Probabilities Distribution” (Aitchison 1991) of all the radiocarbon dates have been carried out, in order to get, exclusively, a first approximation to the chronological distribution of the dates. The main goal of this test has been to detect wheter the radiocarbon dating series were continuos or not in time.

As different publications has pointed out (Capuzzo 2014; Contreras and Meadows 2014; Mychzynsky 2004; Mychzynsky and Mychzynska 2006; Rhode et al. 2014; Weninger 2011; Williams 2012). the duration of the interval of validity cannot be reduced to a mere summary of measured isotopic concentrations. The temporal spread of sums of dates may overestimate the actual range to which the samples truly relate, given the fact that sums by themselves elongate the ranges to unrealistic lengths. Furthermore, we are aware that on many occasions the reasons for the apparent discontinuities in the probability distribution would not be so much a discontinuity in the frequency of the depositional events as the result of an amplification in the calibration curve, caused by the sampling methodology.

In an attempt to solve some of the shortcomings of the sum of probabilities approach, the probability density function of the archaeological samples has been compared with the sum of probabilities of a simulated series of dates; by calibrating these dates and representing the function of the sum of probabilities graphically, a precise view is obtained of the effects of irregularities in the calibration curve on the determination of the peaks of intensity and discontinuity. In the present case, a strictly uniform process has been simulated under the assumption of the deposition of one archaeological event per year (see discussion of this assumption in Chiverrell et al. 2011). The uncertainty has been fixed as the lowest possible standard deviation, which is  $\pm 10$ . In this way we obtain a reliable null-hypothesis, one that manifest more clearly underlying variation –assumed to be an artefact of the calibration curve-. We have performed alternative simulations with other standard deviations ( $\pm 20$ ,  $\pm 50$ ,  $\pm 80$ ), and the general shape of the simulated distribution does not change, it appears to be a scaled version of the  $\pm 10$  case. The variability increases as the standard deviations of the simulated data increases, and therefore we rely on the  $\pm 10$  standard deviation scenario, because it allows to make emphasis on calibration curve effects and not on other sources of random noise.

### 2.2.2. Testing the chronological sequence between pit and stone box burials and between the neolithic stone box graves of the NE of the Iberian Peninsula, France and Switzerland.

Several Bayesian models (Bayliss 2009; Bayliss and Bronk Ramsey 2004) based on different assumptions were run, in order to assess the different proposals about the chronological development of these sites:

-*Single Uniform Phase Model* (Bronk Ramsey 2009). This is a uniform distribution model: it is based on the hypothesis that all the events (radiocarbon dates) of the archaeological phenomenon have the same likelihood of occurring at any time between the start and end of the phase. This model has been used in order to check the hypothesis about whether or not both funerary type groups (pits and stone boxes) corresponded to the same chronological phase without temporal discontinuities.

-*Overlapping Phases Model* (Bronk Ramsey 2009; Lee and Bronk Ramsey 2012): This model is similar to the previous one, but the start and the end events are not simply determined by the oldest and the most recent existing dates. It is assumed that the transition between the end boundary of a phase and the start event of the next phase is not sharp, but there is some overlap in which the oldest phase begins to decrease while the latest one starts to grow.

This model has been used in order to prove the concordance of the data with different chronological hypotheses: in the first place, to test again if the pit and the stone box burials correspond to the same continuous chronological phase and, if so, to calculate their boundaries. However, unlike the previous case, the radiocarbon dates of the burials of the previous phase (Early Neolithic) and those ones of the subsequent one (Final Neolithic-Chalcolithic burials) have been taken into account in this model (Table 2). Before the beginning of the “Pit Burials” cultural horizon (Early Neolithic), few burial examples are known, only occasional collective burials in caves and individual inhumations in pits. After the “Pit Burials” cultural horizon (Final Neolithic-Chalcolithic), in contrast, Neolithic communities in the north-east of Iberia changed their funerary practices and started to bury their dead in collective burials inside megalithic structures. The model has also tested if the transition between one type of funerary practice to the other was not a result of an abrupt change, but of an overlapping transition process.

Then, the same model with the same structure has been run again, but differentiating the pit and the stone box burials in two different phases, so as to prove if there was a time of overlap between the end of one type of burial and the beginning of the other one.

Finally, the Overlapping Phases Model has been also used to find out the temporal relationships between the stone box burials from the NE of the Iberian Peninsula, France and Switzerland. The main idea to prove was whether the peninsular stone box burials correspond to a different chronological phase from the french and swiss ones, but both overlap at some point.

### **3. Results and discussion**

#### ***3.1. Testing the hypothesis of contemporaneity and calculating the chronological distribution of the neolithic pit and stone box burials of the NE of the Iberian peninsula.***

The Chi-Square test has demonstrated that, although not all the stone boxes and pit burials of the Iberian peninsula would be contemporaneous with each other, some small subgroups would. As can be seen in Figure 4, all the radiocarbon dates are subscribed in at least one of the contemporaneous subgroups, with the exception of BETA259280 (Reina Amàlia UF-III) that would not be synchronous with any dating. The majority of the subgroups are constituted by both pits and stone boxes indistinctly, so it is plausible to assume that both types coincided in time.

On the other hand, the resulting probability density function (Figure.5A) extends from 4700 cal BC to 3100 cal BC and it was continuous in time, but this is largely due to statistical imprecision and the shape of the calibration curve. To approximate the true time interval in which there is a non-null and calculable probability that any of the depositional events to be included within it, we have compared the resulting curve with *Oxcal*'s sum function within a Bounded Phase (Figure.5C) and the sum of probabilities of the simulated data following the assumption of uniformity (Figure.4B). When reducing the effect due to over-elongated ranges, it seems as if the most probable range for the pit and stone box graves would be the period between 4150 and 3500 cal BC (Figure 5.C). When plotting the sum of probabilities of the simulated data following the assumption of uniformity (Figure 5.B), the most probable extremes of the interval do not seem to coincide with any observable inflection in the calibration curve. The peaks between 4050 and 3500 cal BC



coincide with a dip in the calibration curve, and so it is plausible that it is more likely that the dates will be located in these periods of time as a side-effect of the wiggles in the calibration curve.

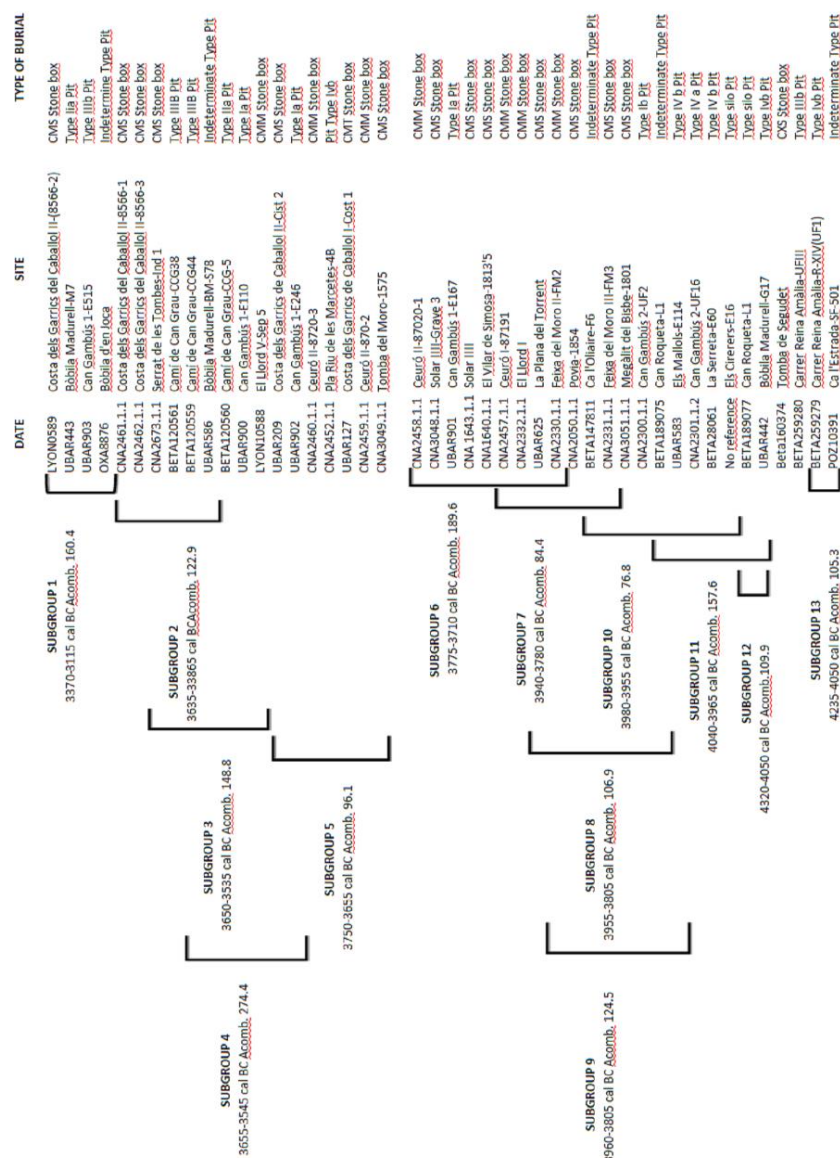


Figure 4. Contemporary subgroups of radiocarbon datings of neolithic pit and stone box burials of the NE of the Iberian Peninsula.

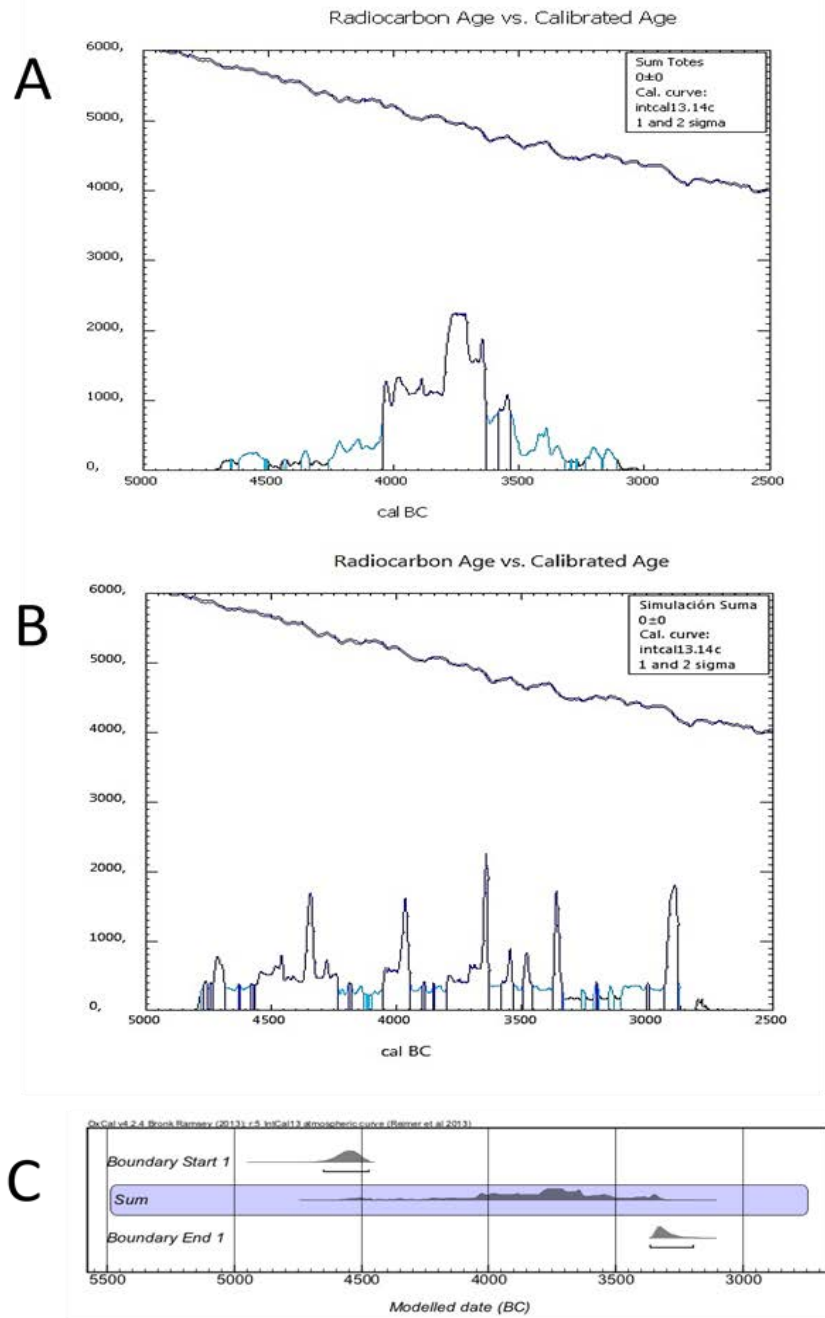


Figure 5. Sum of Probabilities Distribution of all the radiocarbon datings (A), Simulation of the Sum of Probabilities Distribution of all the radiocarbon datings (B) carried out by Calib software (Stuiver et al. 2005) and Sum of Probabilities Distributions within a Bounded Phase (C) carried out by OxCal v4.3 software (Bronk Ramsey 2009).

Bayesian modelling results allow us to go further in the precision of the temporal distribution and duration of this funerary practices. The Single Uniform Phase Model (Figure 6 and Appendix 1.3.) suggests a starting event of this phenomenon sometime between 4660 and 4475 cal. BC ( $2\sigma$ ), an ending event sometime between 3365-3175 cal. BC ( $2\sigma$ ) and a span of 1110-1340 years approximately (Amodel: 97.7 and Aoverall: 96.6).

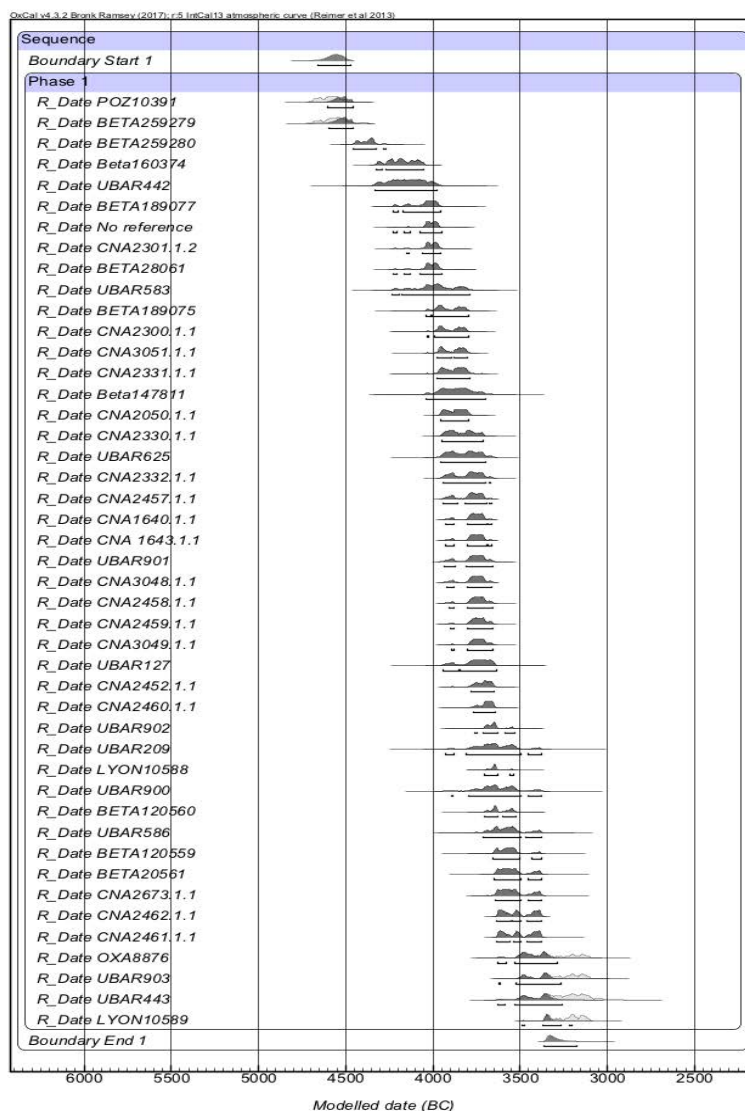


Figure 6. Single Uniform Phase Bayesian Modelling of the radiocarbon datings of pit and stone box burials.

Regarding the chronological differences between the types of the burials, in the case of the pit ones, according to the available radiocarbon datings, only a certain pattern is sensed in the case of the types I (distributed around 4000-3650 cal BC) and II (distributed around 3650-3000 cal BC). The Type III would have a temporal discontinuity around 4300-4000 cal BC and the only two available dates for the types IV and silo would be distributed between 4700-3650 cal BC and 4200-4000 cal BC successively.

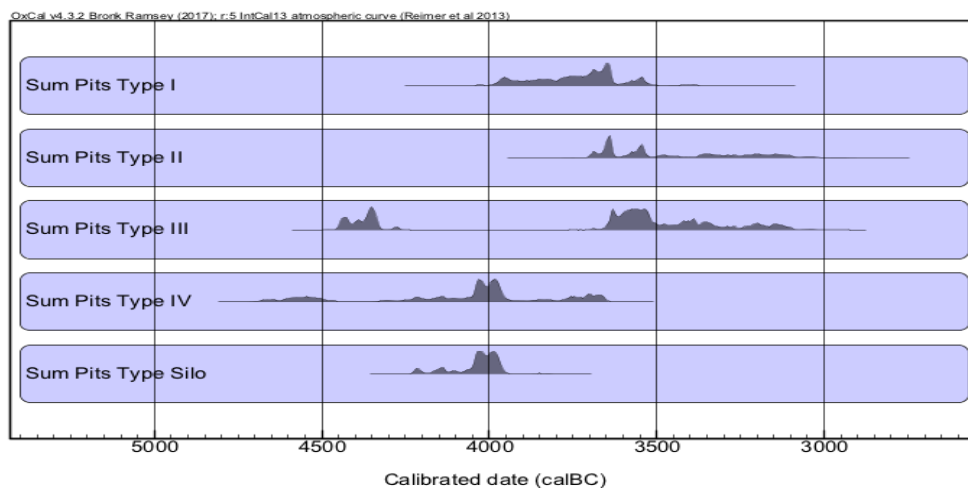


Figure 7. Sum of Probability Distribution of the different types of pit burials.

On another hand, in relation to the stone boxes, the CMM and CMT chamber types they seem to be temporarily distributed around the same time (4000-3650 cal BC), while the CMS type would be distributed around 3950-3350 cal BC and the CXS Type (based on just one single radiocarbon date) around 4050-4350).

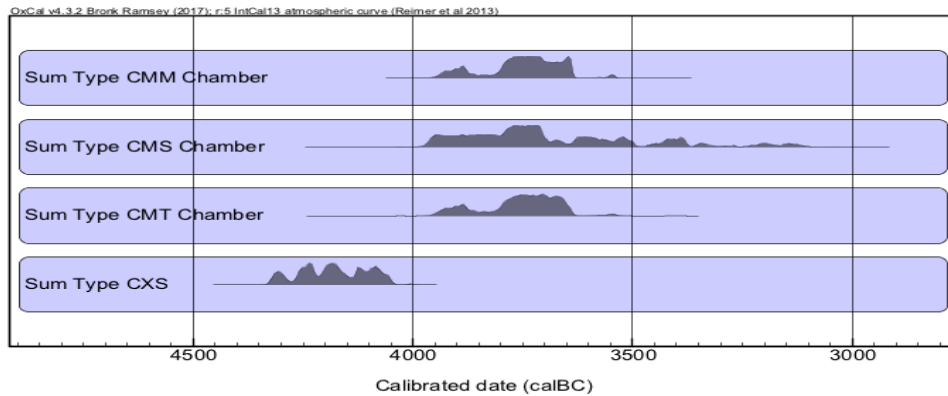


Figure 8. Sum of Probability Distributions of the different types of stone box burials.

Although the data suggest some trends, a greater number of radiocarbon datings for each of the types are necessary to be able to make this kind of assessments rigorously.

***3.2. Testing the chronological sequence between pit and stone box burials and between the neolithic stone box graves of the NE of the Iberian Peninsula, France and Switzerland.***

The Overlapping Phases Bayesian Modelling has proposed a chronological sequence between the stone box and the pit burials (see Table 2, Figure 9 and Appendix 1.4.). The boundaries of this sequence have been reinforced by the available datings of the burials of the previous phase (Early Neolithic) and the subsequent one (Final Neolithic-Chalcolithic). According to this model, the pit burials from the south-central coastal plain began a little before (4780-4500 cal BC) than the stone box burials in the northern inland Pyrenean area (4235-4000), but both types ended at about the same time (around 3490-3105 cal BC the pits and around 3495-3215 the stone boxes). Thus, the formers would have lasted longer (around 1030-1430 years) than the latters (540-840) (Amodel 89.2 and Aoverall: 89.8).

	START	END	SPAN
<b>Early Neolithic Burials</b>	5680-5380 cal. BC	4945-4600 cal. BC	460-690 years
<b>Pit Middle Neolithic Burials</b>	4780-4500 cal. BC	3490-3105 cal. BC	1030-1430 years
<b>Stone box Middle Neolithic Burials</b>	4235-4000 cal. BC	3495-3215 cal. BC	600-870 years
<b>Final Neolithic-Chalcolithic Burials</b>	3435-3110 cal. BC	2600-2320 cal. BC	540-840 years

Table 2. Results of the Overlapping Phases Bayesian Modelling regarding the Early Neolithic burials, the pit and the stone box Middle Neolithic burials and the Final Neolithic-Chalcolithic ones.

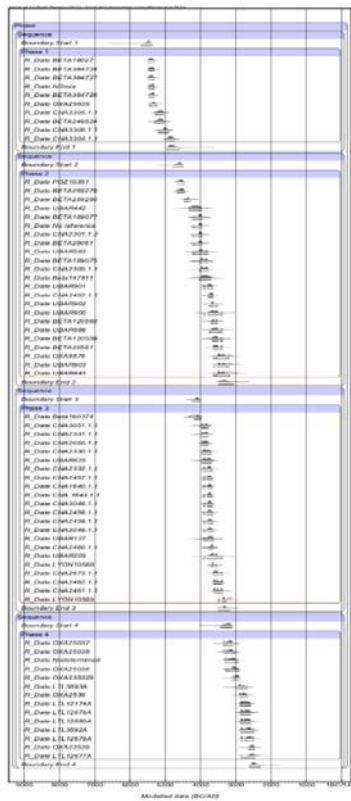


Figure 9. Graph of the Overlapping Phases Bayesian Modelling of the Early Neolithic burials (Phase 1), the pit Middle Neolithic burials (Phase 2), the stone box Middle Neolithic burials (Phase 3) and the Final Neolithic-Chalcolithic graves (Phase 4).

The Sum of Probabilities Distribution of the neolithic graves of France and Switzerland and the pit and stone box burials of the NE of the Iberian Peninsula (Figure 10) suggests that the formers were continuous in time and distributed around 4700 and 3950 cal BC and the lattests were also distributed continuously between 4100 and 3500 cal BC. On the other hand, as can be seen in Figure 11, the Sum of Probabilities Distribution of the pits and the stone box graves radiocarbon datings separetly, suggests that the pits would have been distributed between 4100 and 3500 cal BC and the stone boxes between 3900-3500 cal BC.

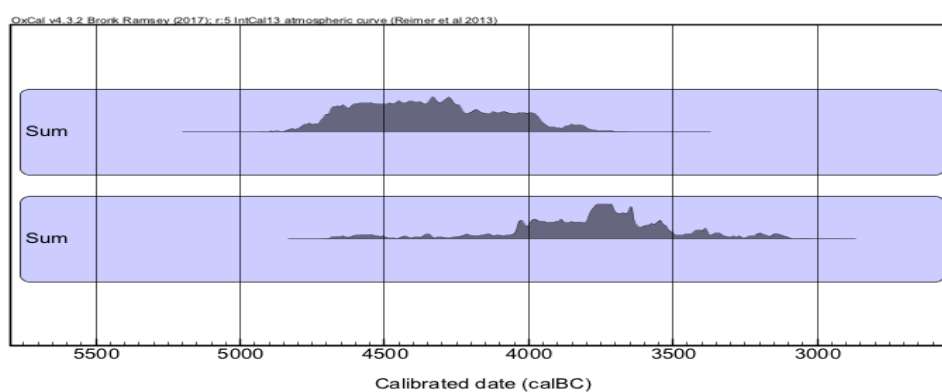


Figure 10. Sum of Probabilities Distribution of the neolithic graves of France and Switzerland (upper part of the graph) and the neolithic pit and stone box burials from the NE of the Iberian Peninsula (bottom part of the graph).

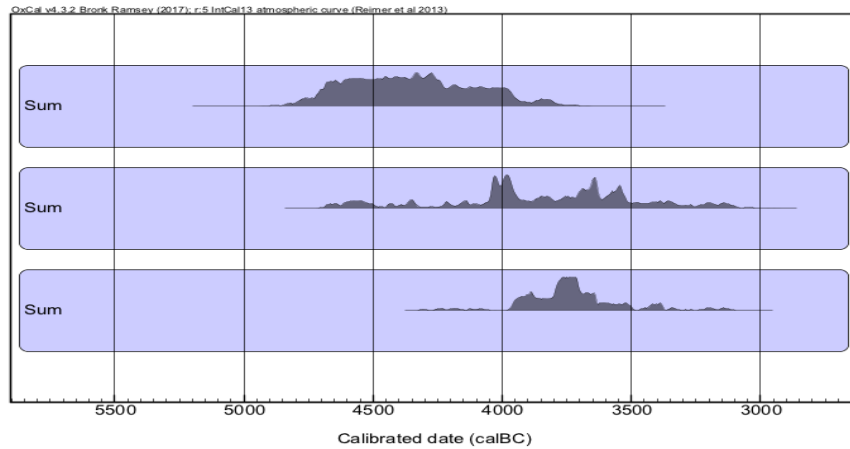


Figure 11. Sum of Probabilities Distribution of the neolithic graves of France and Switzerland (upper part of the graph) and the neolithic pit (middle part of the graph) and stone box graves (bottom part of the graph) of the NE of the Iberian Peninsula.

Furthermore, according to this statistical test, this funerary practice would have overlapped over time in these different regions. The Overlapping Phases Bayesian Modelling (Figure 12, Table 3 and Appendix 1.5.) has proved this last hypothesis with a high level of concordance (Amodel: 91.3 and Aoverall 88.3). The results propose that the graves of France and Switzerland would have been started earlier than the other ones, followed by pit graves, which would have ended more or less at the same time as the stone box ones.

	<b>START</b>	<b>END</b>	<b>SPAN</b>
<b>Neolithic burials of France and Switzerland</b>	4800-4690 cal. BC	4000-3880 cal. BC	700-855 years
<b>Pit burials of the NE of Iberia</b>	4770-4500 cal. BC	3490-3090 cal. BC	1020-1425 years
<b>Stone box burials of the NE of Iberia</b>	4230-4000 cal. BC	3490-3180 cal. BC	510-865 year

Table 3. Overlapping Phases Bayesian Modelling of the neolithic burials from France and Switzerland (Phase 1), neolithic pit (Phase 2) and stone box (Phase 3) burials of the NE of the Iberian Peninsula.



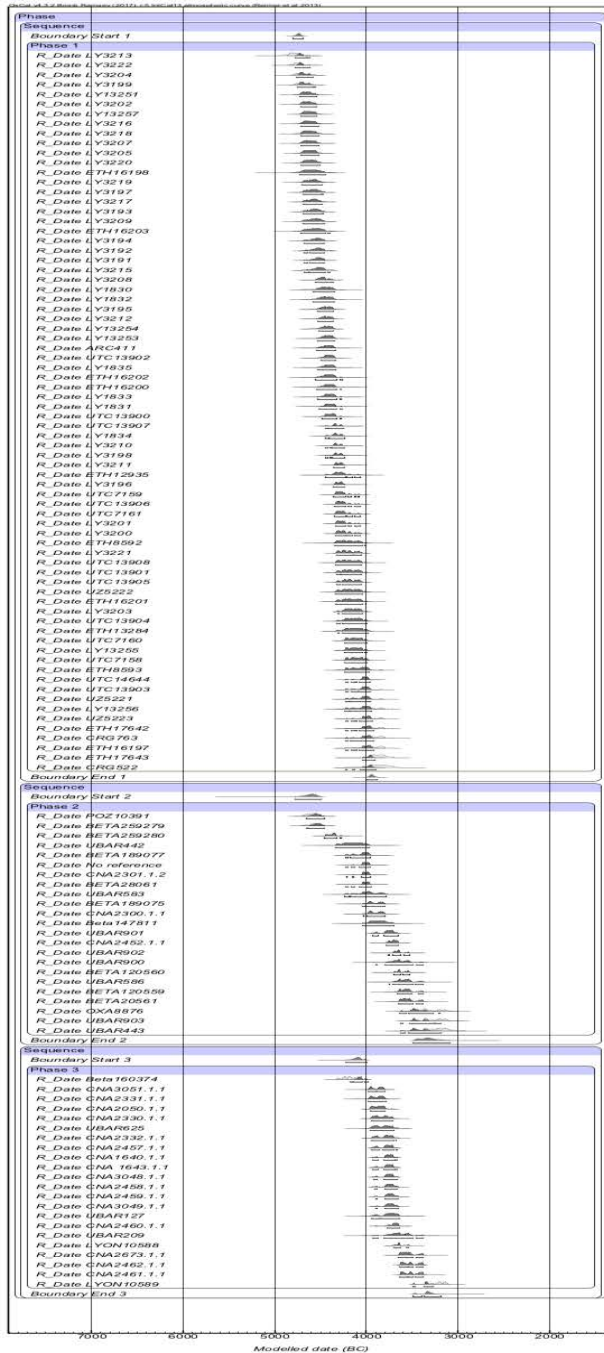


Figure 12. Overlapping Phases Bayesian Modelling of the neolithic burials from France and Switzerland (Phase 1), neolithic pit (Phase 2) and stone box (Phase 3) burials of the NE of the Iberian Peninsula.

#### **4. Discussion and conclusions.**

The present study has aimed to calculate the time and duration of the neolithic burials in stone box and pit in the north-east of the Iberian Peninsula, through the statistical analysis and Bayesian modeling tools.

The results presented in this article set out that, although not all of these funerary structures are contemporaneous with each other, this funerary practice was continuous in time between 4660-4475/3365-3175 cal BC with a span of 1110-1340 years approximately.

However, within this chronological framework, pit burials started earlier (4770-4500 cal BC) than stone box burials (4230-4000 cal BC). Even so, both types ended at the same time approximately (3490-309' and 3490-3180 cal BC respectively), but pits lasted longer (1020-1425 years) than stone box (510-865 years).

The end of this phenomenon is characterized by the first evidences of megalithic burials (collective inhumations) and new cultural features (new pottery types and decorations, new artifact morphologies, decrease in the abundance of non-local raw materials). It has been suggested a chronology between 3435-3110 and 2600-2320 cal. BC, for the new burial types of the Final Neolithic-Chalcolithic period.

Finally, the results also state that this type of burials began and finished earlier (4800-4650 cal BC/4000-3885 cal. BC) in France and Switzerland, than in the NE of the Iberian Peninsula. In fact, the radiocarbon dates confirm the distance between stone boxes linked to Chamblandes phenomenon and the ones from Pyrenees areas, as was pointed out at Lausanne colloquium (Chambon and Moinat 2007). Thus, are the stone slabs graves (Vaquer 2007) relied on same origin in Western Europe? Besides radiocaron dating, the access and the size of the graves, if the materials of the grave goods are taken as a major criterio, the influence to the north east of the iberian peninsula is very plausible.

The new data published here accurately specify the chronology of these funerary practices, as well as their temporal relationship with the other European horizons with which they share similarities. This study furthermore goes beyond a purely local research, as it presents a methodological perspective on the dating of funerary contexts and horizons that

could be useful or interesting for the chronological research of other similar archaeological funerary issues

### Acknowledgements

The authors would like to acknowledge the *Centro Nacional de Aceleradores* in Seville (CNA) and the *Centre de Datation par le RadioCarbone* in Lyon (CDRC) for the measurement of radiocarbon determinations. They also thank the *Museo Diocesà i Comarcal de Solsona* for allowing human bone samples to be taken for dating. This paper was written in the framework of the projects HAR2011-23149: *Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE Peninsular a través de sus prácticas funerarias* and HAR2012-31036 *Etnicidad en el pasado. Un análisis causal de la etnogénesis en sociedades prehistóricas por medio de técnicas avanzadas de simulación computacional* funded by the Ministry of Economy and Competitiveness of the Government of Spain, and the programme CONSOLIDER-INGENIO 2010, CSD2010-00034. The study has also been made possible by the funding of a pre-doctoral scholarship by the *Agència de Gestió d'Ajust Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya* enjoyed by Berta Morell Rovira. F.Xavier Oms carries out his research within the SGR2014-108 project of the SERP group at the University of Barcelona

### References

Aitchison, T., Ottaway, B., Al-Ruizaia, A. (1991). Summarizing a group of 14C dates on the historical time scale: with a worked example from the Late Neolithic of Bavaria. *Antiquity*, 65, 108-160.

Alcalde, G., Saña, M. (2008). Procés d'ocupació de la Bauma del Serrat del

Pont (La Garrotxa) entre 7400 i 5480 cal aC. Olot, Publicacions eventuals d'Arqueologia de la Garrotxa. Museu Comarcal de la Garrtoxa Press.

Allièse, F. (2016). L'expression des croyances et de l'organisation sociale dans les pratiques funéraires; la culture des *Sepulcres de fossa* vue à travers le complexe de la Bòbila Madurell. Unpublished PhD Dissertation. Université de Paris 1 and Universitat Autònoma de Barcelona.

Antolin, F., Buxó, R. (2012). Chasing the traces of diffusion of agriculture during the early Neolithic in the Western Mediterranean Coast. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5, 95-102.

Aranda, G., Lozano, A. (2014). The chronology of megalithic funerary practices: A Bayesian approach to Grave 11 At El Barranquete necropolis (Almería, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 50, 369-382.

Balaguer, P., García, P., Tenza, A., Antequera, F.(2013). L'hipogeu funerari de la Sagrera (Barcelona) Resultats preliminars. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 23, 77-88.

Balagué, P., Hinojo, J., Oliart, J., Soriano, I. (2011). Dinàmica d'ús de la Cova de la Pesseta (Torrelles de Foix, Alt Penedès) entre el V i el II mil·lenni cal ANE. Primers resultats. In: A. Blasco, M. Edo, M.J. Villalba (Ed.), *La Cova de Can Sadurn i la Prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació*. Barcelona: Edar Arqueologia y Patrimonio Press, 359–365.

- Bayliss, A. (2009). Rolling out revolution: using radiocarbon dating in Archaeology. *Radiocarbon*, 51 (1), 123-147.
- Bayliss, A., Brock, F., Farid, S., Hodder, I., Southon, J., Taylor, R.E. (2015). Getting to the bottom of it all: A Bayesian approach to dating the star of Çatalhöyük. *Journal of World Prehistory*, 28, 1-26.
- Bayliss, A., Bronk Ramsey, C. (2004). Pragmatic Bayesians: a decade of integrating radiocarbon dates into chronological models. In: C.E. Buck, A.R. Millar (Ed.), *Constructing Chronologies: Crossing Disciplinary Boundaries*, Lecture Notes in Statistics. London: Springer-Verlag Press, 25-41.
- Bayliss, A., Whittle, A. (2007). Histories of the Dead: Building Chronologies for Five Southern British Long Barrows. *Cambridge Archaeological Journal*, 17 (Special issue).
- Bernabeu, J., García, O., Pardo, S., Barton, M., McClure, S. (2014). Socioecological dynamics at the time of Neolithic transition in Iberia. *Environmental Archaeology*, 19(3), 214-225.
- Blasco, A., Edo, M., Saña, M. (2005). Primeros datos sobre la utilización sepulcral de la Cueva de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) en el Neolítico Cardial. In: P. Arias, R. Ontanon, C. García (Ed.), *Proceedings of the Third Conference of the Neolithic in the Iberian Peninsula held at Santander on October (2003)*, 823-832.
- Bravo, P., Hinojo, E., Subirà, M.E., Alliése, F., Masclans, A., Santana, J., Gibaja, J.F. (2015). Les sépultures néolithiques de Can Gambús-2 (Sabadell, Espagne): nouvelles données sur les pratiques funéraires de la culture des Sepulcros de fosa. *L'Anthropologie*, 119(1), 38-57.
- Bronk Ramsey, C. (2009). Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-60.
- Buck, C.E., Meson, B. (2015). On being a good Bayesian. *World Archaeology*, 47, 567-584.
- Buch, C.E., Millard, A.R. (2003). Tools for Constructing Chronologies: Crossing Disciplinary Boundaries. *Lectures Notes in Statistics*. London: Springer Press.
- Capuzzo, G. (2014). Space-Temporal analysis of Radiocarbon Date and Associated Archaeological Record: From Danube to Ebro rivers and from Bronze to Iron Ages. PhD Thesis. Autonomus University of Barcelona.
- Castany J. (1991). L'estació neolítica sepulcral de la Costa dels Garrics del Caballol (Pinell, Solsonès). *Tribuna d'Arqueologia*, 1989-1990, 53-64
- . Castany, J. 2008: Els megàlits neolítics del Solsonià. Unpublished PhD Dissertation. Universitat de Lleida.
- Cebrià, A., Fullola, JM., López, D., Mangado, X., Nadal, J., Ollé, A., Oms, FX., Pedro, M., Ruiz, J., Subirà, M.E., Torrente, A., Vergès, JM. (2013). La cova sepulcral del pantà de Foix (Castellet i la Gornal). De jaciment arraconat a jaciment modèlic. III

Monografies del Foix. Barcelona: Editorial Diputació de Barcelona Press.

Chambon P. (2016). Les coffres et la question d'un système funéraire chasséen. In: T. Perrin P., Chambon, J. Gibaja, G. Goude (Eds.), *Le Chasséen, des Chasséens; retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de fossa, Cortaillod, Lagozza*, 355-366.

Chambon P., Moinat P. (2007). Quel avenir pour les Chamblandes? In: P. Moinat, P. Chambon, P. (Eds.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental*, 9-12.

Chiverrell, R., Thomdycraft, V., Hoffmann, T. (2011). Cumulative probability functions and their role in evaluating the chronology of geomorphological events during the Holocene. *Journal of Quaternary Science*, 26, 76-85.

Contreras, D.A., Meadows, J. (2014). Summed radiocarbon calibrations as a population proxy: a critical evaluation using a realistic simulation approach. *Journal of Archaeological Science*, 52, 591-608.

Dye, T.S., Buck, C.E. (2015). Archaeological sequence diagrams and Bayesian chronological models. *Journal of Archaeological Science*, 83, 84-93.

Fontanals, M. (2015). Estudi dels modes de subsistència de les comunitats neolítiques del nord-est de la Península Ibèrica: Reconstrucció paleodietètica a partir dels els isòtops estables. Unpublished PhD Dissertation. Autonomous University of Barcelona.

Fortó, A., Martínez, P., Muñoz, V. (2008). Las estructuras de combustión de grandes dimensiones de Ca l'Estrada en el Neolítico Europeo. In: M.S. Hernández, J.A. Soler (Ed.), *Proceedings of IV Conference of Peninsular Neolithic held in Alicante (2008)*, 306-314.

Francès, J. (2007). Els Mallols. Un jaciment de la plana del Vallès entre el neolític i l'antiguitat tardana. *Excavacions Arqueològiques a Catalunya*, 17, 41-45.

Fullola, J. M., García, P. (2006). La Cueva del Parco (Alós de Balaguer, Lleida) y el Abrigo del Filador (Margalef de Montsant, Tarragona): dos secuencias clave para el conocimiento del epipaleolítico en el nordeste peninsular. In: J.M. Fullola & P. García (Ed). *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular*. Álava: Diputación Foral de Álava Press, 121-133.

García Sanjuan, L., Wheatley, D.W., Costa, M.E. (2011). La cronología numérica del fenómeno megalítico en el Sur de España: avances y problemas. In: García Sanjuan, L., Scarre, C., Wheatley, D.W. (Eds.), *Exploring Time and Matter in Prehistoric Monuments: Absolute Chronology and Rare Rocks in European Megaliths*, *Proceedings of the 2nd European Megalithic Studies Group Meeting (Seville, Spain, November 2008)*. *Menga*, 1, 121-142.

Gely, B. (2005). Nouvelles datations des restes humains néolithiques de la nécropole du Replat à Aime (Savoie). *Bilan Scientifique de la région Rhône-Alpes*, 186.

Gibaja, J.F. (2003). Comunidades neolíticas del Noreste de la Península

- Ibérica. *British Archaeological Reports*, 1140.
- Gibaja, J.F.(2004). Prácticas funerarias durante el neolítico en Catalunya. *Revista Mainake*, 26, 9-27.
- Gibaja, J. F., Carvalho, A. F. (2010). Un paso en un largo camino por recorrer. In: J.F. Gibaja, A.F. (Eds.), *The last hunter-gatherers and the first farming communities in the South of the Iberian Peninsula and North of Morocco*. Faro: Universidade do Algarve Press, 7-10.
- Gibaja, J. F., Carvalho, A. F., Chambon, P. (2012). *Funerary Practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Chalcolithic*. Oxford: Archaeopress Press, 2417.
- Gibaja, J.F., Clop, X. (2012). El Neolítico en Cataluña. In: M. Rojo, I. García (Eds.), *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo*. Madrid: Cátedra Press, 333-370.
- Gibaja, J.F., Duboscq, S., Martín, A., Roig, J., Oms, X., Martín, P., Nadal, J., Mozota, M., Oliva, M., Coll, J.M., Mestres, J., Palomo, A., Remolins, G., Terradas, X., Masclans, A., Albizuri, S., Allière, F. (2016). Caractérisation de l'outillage, des récipients et des ornements des sépultures de la culture des "Sepulcros de Fosa". In: T. Perrin, P. Chambon, J. Gibaja, G. Goude (Eds.), *Le Chasséen des Chasséens: Retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de Fossa, Cortaillod, Lagozza*. AEP Archives d'Ecologie Préhistorique, 47-57.
- Gibaja, J.F., González, P., Martín, A., Palomo, A., Petit, M.A., Plasencia, X., Remolins, G., Terradas, X. (2014). New finds of obsidian blades at Neolithic sites in north-eastern Iberia. *Antiquity Project*, 340.
- Gibaja, J.F., Léa, V., Lugliè, C., Bosch, J., Gassin, B., Terradas, X. (2013). Between Sardinia and Catalonia: contacts and relationships during the Neolithic. In: E. Blasco, P. Francalacci, A. Nocentini (Eds.), *Iberia e Sardegna. Legami linguistici, archeologici e genetici sal Mesolitico all'Età del Bronzo*. Florence: Le Monnier Università Press, 214–233.
- Gibaja, J.F., Majó, T., Chambon, P., Ruiz, J., Subirà, M.E. (2010). Prácticas funerarias durante el neolítico. Los enterramientos infantiles en el Noreste de la Península Ibérica. *Complutum*, 21(2), 47-68.
- González, J., Harzbecher, K. (2011). Un nou assentament del V mil·lenni a la costa de Barcelona. *Quaris: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 7, 86-100.
- Guilaine, J., Evin, J., Martzluff, M. (1995). Datacions isotopiques de les capes 1 a 6 de la Balma de la Margineda. *Les excavacions a la balma de la Margineda (1979-1991)*, 1, 91-95.
- Isern, N., Fort, J., Carvalho, A. F., Gibaja, J. F., Ibañez, J. J. (2014). The neolithic transition in the Iberian Peninsula: data analysis and modeling. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2), 447-460.
- Jöris, O., Weninger, B. (1998). Software 2016 version. Available in: <http://www.calpal-online.de/>.
- Lee, S., Bronk Ramsey, C. (2012). Development and Application of the Trapezoidal Model for Archaeological

- Chronologies. *Radiocarbon*, 54(1), 107-122.
- Martí, M., Pou, R., Carlús, X. (1997). Excavacions arqueològiques a la Ronda Sud de Granollers. La necròpolis del Neolític Mitjà i les restes romanes del Camí de Can Grau (La Roca del Vallès, Vallès Oriental) i els jaciments de Cal Jardiner (Granollers, Vallès Oriental). *Excavacions Arqueològiques a Catalunya*, 13, 63-79.
- Martín, A. (1998). Le nord-est de la Péninsule Ibérique (et les Balears). In: J. Guilaine, J.L. Kozłowski (Eds.), *Atlas du Néolithique européen*. Volume 2B. L'Europe occidentale, 2(B), 763-824.
- Martín, A., Casas, J. (in press). La Bòbila d'en Joca (Montornès del Vallès, Barcelona). In: J.F. Gibaja, M.E. Subirà, A. Martín, M. Mozota, M., J. Roig (Eds.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el Neolítico en el Noreste peninsular*. Castelló de la Plana: Editarx Press.
- Martín, A., Edo, M., Tarrús, J., Clop, X. (2010). Le Néolithique ancien de Catalogne (VI – première moitié du V millénaire av. J.C.). Les séquences chronoculturels. In: C. Manen, F. Convertini, D. Binder, I. Sénépart (Eds.). *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques*. *Mémoire Société Préhistorique Française*, 51, 197-214.
- Martín, A., Martín, J., Villalba, M.J., Juan-Tresserras, J. (2005). Ca l'Oliaire (Berga, Barcelona), un asentamiento neolítico en el Umbral del IV milenio con residuos de sal y de productos lácteos. In: R. Ontañón, C. García, P. Arias, P. (Ed.). *Proceedings of III Conference of Peninsular Neolithic held at Santander on October (2003)*, 175-186.
- Martín, A., Miret, J., Blanch, R.M., Aliaga, S., Enrich, R., Colomer, S., Albizuri, S., Bosch, J. (1988). Campaña d'excavacions arqueològiques 1987-88 al jaciment de la Bòbila Madurell-Can Feu (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental), *Arrahona*, 3, 9-23.
- Martí, M., Pou, R., Carlús, X. (1997). Excavacions arqueològiques a la Ronda Sud de Granollers. La necròpolis del Neolític Mitjà i les restes romanes del Camí de Can Grau (La Roca del Vallès, Vallès Oriental) i els jaciments de Cal Jardiner (Granollers, Vallès Oriental). *Excavacions Arqueològiques a Catalunya*, 13, 63-79.
- Martín, A., Pou, R., Oms, X., Mestres, J., Martí, M., Esteve, X., Duboscq, S., Gibaja, J.F., Subirà, M.E. (2016). La question de l'homogénéité des pratiques funéraires dans la « Culture des Sepulcres de Fossa » du Néolithique moyen. Révision des typologies à la lumière des dernières découvertes. In: T. Perrin, P. Chambon, J. Gibaja, G. Goude (Eds.), *Le Chasséen des Chasséens: Retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de Fossa, Cortaillod, Lagozza*. *AEP Archives d'Ecologie Préhistorique*, 407-420.
- Martins, H., Oms, F.X., Pereira, L., Pike, A.W., Rowsell, K., Zilhão, J. (2015). Radiocarbon dating the beginning of the Neolithic in Iberia: new results, new problems. *Journal of Mediterranean Archaeology*, 28(1), 105-131.
- Masclans, A., Palomo, A., Gibaja, J.F., Remolins, G., Gómez, D. (2017). Use-wear analysis of Neolithic polished axes and adzes: the site of "Bòbila Madurell-

- Can Gambús 1-2 (North East of the Iberian Peninsula). *Quaternary International*, 427(B), 158-174.
- Mazzucco, N. (2014). The Human Occupation of the Southern Central Pyrenees in the Sixth-Third Millennia cal BC: a Traceological Analysis of Flaked Stone Assemblages. Unpublished PhD Dissertation. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Mestres, J. (1992). Neolitització i territori. *Proceedings of the 9è Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà in Puigcerdà (1991)*, 72-75.
- Mestres, J.S., Martín, A. (1996). Calibración de las fechas radiocarbónicas y su contribución al estudio del neolítico catalán. *Rubricatum*, 1(2), 791-804.
- Mestres, J., Nadal, J., Senabre, M.R., Socias, J., Moragas, N. (1997). El Pujolet de Moja (Olèrdola, Alt Penedès). Ocupació d'un territori durant el Neolític i la primera Edat del Ferro. *Tribuna d'Arqueologia*, 1995, 121-148.
- Michczynsky, A. (2004). Influence of  $^{14}\text{C}$  concentration changes in the past on statistical inference of time intervals. *Radiocarbon*, 46(2), 997-1004.
- Mickezynski, A., Michezyska, D.J. (2006). The effect of PDF peaks ' height increase during calibration of radiocarbon data sets. *Geochronometria*, 25, 1-4.
- Miró, J.M. (1994). La cronologia dels estils ceràmics neolítics a Catalunya i la datació de  $\text{C}^{14}$  de la Timba del Barenys (Riudoms, Tarragona). *Safuntum, Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 27, 57-66.
- Moinat, P., Chambon, P. (2007). Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental. Lausanne, Switzerland: *Lau Cahiers d'Archéologie Romande and Société Préhistorique Française Press*.
- Molist, M., Saña, M., Buxó, R. (2003). El neolític a Catalunya: entre la civilització de pastors i agricultors cavernícoles i els primers pagesos del pla. *Cota Zero*, 18, 34-53.
- Mozota, M., Gibaja, J.F. (2015). Bone tools in Northeastern Iberia Neolithic Burials (V-IV millenia cal BC): A morpho-technical and functional approximation. *Journal of Archaeological Science Reports*, 4, 65-77.
- Muñoz, A.M. (1965). La cultura neolítica catalana de los Sepulcros de Fosa. Instituto de Arqueología y Prehistoria, Universidad de Barcelona. *Publicaciones eventuales 9*. Barcelona.
- Oliva, M., Palomo, A., Rodríguez, A., Terrats, N., Carlús, X., López, J. (2008). Estructuras neolíticas en el paraje arqueológico de Can Roqueta (Sabadell, Barcelona). In: M.S. Hernández, J.A. Soler (Eds.), *Proceedings of IV Conference of Peninsular Neolithic held at Alicante*, (2008), 157-167.
- Oms, F.X., Daura, J., Sanz, M., Mendiola, S., Pedro, M., Martínez, P. (2017). First evidence of multiple short time human inhumations from the Cardial culture (Cova Bonica, Barcelona, NE of Iberian Peninsula). *Journal of Field Archaeology*, 42(1), 43-53.



- Oms, F.X., Esteve, X., Mestres, J., Martín, P., Martins, H. (2014). La neolitización del nordeste de la Península Ibérica: datos radiocarbónicos y culturales de los asentamientos al aire libre del Penedès. *Trabajos de Prehistoria*, 71(1), 43–56.
- Oms, F.X., Martín, A., Esteve, X., Mestre, J., Morell, B., Subirà, M.E., Gibaja, J.F. (2016). The Neolithic in North-East Iberia: Chronocultural Phases and C14. *Radiocarbon*, 58, 1-19.
- Oms, F.X., Petit, M.A., Morales, J.I., García, M.S. (2012). Le processus de néolithisation dans les Pyrénées orientales. Occupation du milieu, culture matérielle et chronologie. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 109(4), 651-670.
- Pallarés, M., Bordas, A., Mora, R. (1997). El proceso de neolitización en los Pirineos Orientales. Un modelo de continuidad entre los cazadores-recolectores neolíticos y los primeros grupos agropastoriles. *Trabajos de Prehistoria*, 54(1), 121-141.
- Pou, R., Martí, M., Bordas, A., Díaz, J., Martín, A. (1996). La cultura de los “Sepulcros de Fosa” en el Vallès. Los yacimientos de “Bòbila Madurell” y “Camí de Can Grau” (St. Quirze del Vallès y la Roca del Vallès, Barcelona). I Congrés del Neolític a la Península Ibèrica, *Rubricatum*, 1, 519-526.
- Pou, R., Martí, M., Jordana, X., Malgosa, A., Gibaja, J.F. (2010). L’enterrament del Neolític Antic de la Plaça de la Vila de Madrid (Barcelona). Una estructura funerària del VIè mil·lenni aC. *Quaris. Època II*, 6, 94-107.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S., Van der Plicht, J. (2013). IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55, 1869–1887.
- Remolins, G., Gibaja, J.F., Allières, F., Fontalans, M., Martín, P., Masclans, A., Mazzucco, N., Mozota, M., Oliva, M., Oms, X., Santos, F.J., Terradas, X., Subirà, M.E., Llovera, X. (2016). The Neolithic Necropolis of La Feixa del Moro (Juberri, Andorra): new data on the first farming communities in the Pyrenees. *Comptes Rendus Palevol*, 15 (5), 537-554.
- Rhode, D.E., Brantingham, P., Perrault, C., Madsen, D.B. (2014). Mind the Gaps: Testing for hiatuses in regional radiocarbon records. *Journal of Archaeological Science*, 52, 567-577.
- Ripoll, E., Llongueras, M. (1963). La cultura neolítica de los Sepulcros de Fosa en Cataluña. *Ampurias*, 25, 1-90.
- Roig, J., Coll, J.M. (2007). El paratge arqueològic de Can Gambús 1 (Sabadell, Vallès Occidental). *Tribuna d’Arqueologia*, 2006, 85-109.
- Roig, J., Coll, J.M. (2010). La necropolis del Neolithic Mitjà de Can Gambús-1 (Sabadell, Vallès Occ.) : nova tipologia dels Sepulcres de Fossa i practiques funeràries durant el IV mil·lenni cal BC a Catalunya. *Cypsela* 18, 93-122.

- Roig, J., Coll, J.M., Gibaja, J.F., Chambon, P., Villar, V., Ruiz, J., Terradas, X., Subirà, M.A. (2010). La necròpolis de Can Gambús-1 (Sabadell, Barcelona). Nuevos conocimientos sobre las prácticas funeràries durante el Neolítico Medio en el Noreste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 67(1), 59-84.
- Scarre, C. (2010). Rocks of ages: tempo and time in megalithic monuments. *European Journal of Archaeology*, 13 (2), 175-193.
- Schmitt, A. (2015). Pratiques mortuaires en fosse au Néolithique moyen dans le midi de la France: caractérisations et éclairages interprétatifs. *L'Anthropologie*, 119, 1-37.
- Serra i Vilaró, J.(1927). Civilització megalítica a Catalunya. Contribució al seu estudi. *Musaeum Archaeologicum Diocesanum Press*.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Reimer, W. (2005). CALIB5.0. Software. Available from: <http://calib.qub.ac.uk/calib/>
- Tarrús, J. (1985). Consideracions sobre el Neolític final-Calcolític a Catalunya (2500-1800 a. C.). *Cypsela*, 5 , 47-57
- Tarrús, J. (2002). Poblats, dòlmens i menhirs. Els grups megalítics de l'Albera, Serra de Rodes i Cap de Creus. Girona: Publicacions de la Diputació de Girona Press.
- Ten, R. (1980). Notes entorn del Neolític vallesià. *Arrahona*, 10, 16-17.
- Terradas, X. (2005). Primeros resultados sobre el estudio de grandes láminas procedentes de contextos funerarios del nordeste de la Península Ibérica. In: P. Arias, R. Ontanon, C. García (Eds.), *Proceedings of the Third Conference of the Neolithic in the Iberian Peninsula held at Santander on October (2003)*, 349-358.
- Terradas, X., Gibaja, J.F. (2002). La gestión social del sílex melado durante el Neolítico medio en el nordeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 59(1), 29-48.
- Terradas, X., Gratuze, B., Bosch, J., Enrich, R., Esteve, X., Oms, X., Ribé, G. (2014). Neolithic diffusion of obsidian in the western Mediterranean: new data from Iberia. *Journal of Archaeological Science*, 41, 69-78.
- Tresset, A., Vigne, J. (2007). Substitution of species, techniques and symbols at the Mesolithic-Neolithic transition in Western Europe. *Proceedings British Academy*, 144, 189.
- Vaquer J. (2007). Les tombes à dalles du Néolithique moyen dans la zone nord pyrénéenne. In: P. Moinat, P. Chambon (Eds.), *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental*, Actes du colloque de Lausanne, 12 et 13 mai 2006, Lausanne et Paris, Cahiers d'Archéologie Romande 110 & Mémoires de la Société préhistorique française, 43, 13-25.
- Vaquer, J. (2014). Les pratiques funéraires au Néolithique moyen dans le Midi de la France. *Rivista di Scienze Preistoriche*, LXIV, 5-24.
- Vaquer J., Castany, J., Martín A. (2013). Le rôle du sílex bédoulien du Vaucluse dans la compréhension de la chronologie et des relations culturelles du Néolithique moyen solsonien. *Actes du*

3er col·loqui d'Arqueologia d'Odèn (el Solsonès) : Darreres investigacions al Prepirineu Lleidatà 2009-2011. Edicions del GPS i del Museu Diocesà i Comarcal de Solsona, 47-56.

Vaquer, J., Duday, H., Gandelin, M., Tresset, A., Herouin, S. (2007). La tombe néolithique de Coste Rouge, Beaufort (Hérault) et la question des tombes à dalles néolithiques dans le nord-est des Pyrénées. *Gallia Préhistoire*, 49, 127-159.

Vaquer, J., Martín, A., Pétrequin, P., Errera, M. (2012). Les haches alpines dans les sépultures du Néolithique moyen pyrénéen : importations et influences. In: P. Pétrequin., S. Cassen., M. Errera., L. Klassen., A. Sheridan, A.M. Pétrequin (Eds.), *Jade, Grandes haches alpines du Néolithique européen Ve au IVe millénaire av. J.-C. Cahier de la MSHE Ledoux, série Dynamiques territoriales*, 17(2), 872-917.

Ward, G.K., Wilson, S.R. (1978). Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique. *Archaeometry*, 20(1), 19-31.

Wardle, K., Higham, T.F.G Kromer, B. (2014). Dating the end of the Greek Bronze Age: A robust radiocarbon-based chronology from Assiros tomba. *PLoS ONE*, 9(9).

Weninger, B., Edinborough, K., Clare, L., Jöris, O. (2001). Concepts of probability in radiocarbon analysis, *Documenta Praehistorica*, XXXVIII, 1-20.

Williams, A.N.(2012). The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of

methods. *Journal of Archaeological Science*, 39(3), 578-89.

Whittle, A., Bayliss, A. (2007). The times of their lives: from chronological precision to kinds of history and change. *Cambridge Archaeological Journal*, 17 (1), 21-28.

Yáñez, C. (2003). La tomba de Segudet (Ordino): una nova aportació per al Neolític. *Papers de Recerca Històrica*, 1, 10-23.

Zapata, L., Peña, L., Pérez, G., Stika, H. P. (2004). Early neolithic agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of World Prehistory*, 18(4), 283-325.

Zemour, A. (2013). Gestes, espaces et temps funéraires au début du Néolithique (6e millénaire et 1ère moitié du 5e millénaire cal-BC) en Italie et en France meridionale: Reconnaissance des témoins archéologiques de l'après-mort. Unpublished PhD Dissertation. Nice Sophia-Antipolis University.

Zilhão, J. (2001) Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 98(24), 14180-1

**4.4. CHRONOLOGY OF THE NEOLITHIC NECROPOLIS AT CAMÍ DE CAN GRAU (NE-IBERIAN PENINSULA). FUNERARY PATTERN CHANGES AND LONG-DISTANCE RAW MATERIALS EXCHANGES. *Comptes Rendus Palevol*, 16, 399-412.**

**Morell, Berta.** Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain, morell.bera@gmail.com

**Duboscq, Stéphanie.** Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain, duboscqstephanie@gmail.com

**Masclans, Alba.** Departament d'Història i Història de l'Art, Universitat de Girona, ST. Domènec. 1 Ferrater Mora Square, 17071 Girona, Spain, alba.masc@gmail.com

**Remolins, Gerard.** Regirarocs, S.L., Plaza de les Homilies 6, 25794 Organyà, Lleida, Spain, menairo@hotmail.com

**Pou, Roser.** Arqueòloga –Directora de las excavaciones, c/ Santa Isabel, 8, 08360 Canet de Mar, Barcelona, Spain, roserpou@gmail.com

**Martí, Miquel.** Arqueòlego –Director de las excavaciones, c/ Santa Isabel, 8, 08360 Canet de Mar, Barcelona, Spain, miqros@gmail.com

**Barceló, Joan Anton.** Departament de Prehistòria. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain, JuanAntonio.Barcelo@uab.es

**Oms, Xavier.** Departament de Prehistòria. Universitat de Barcelona, C/Montalegre, 6-8. 08001 Barcelona, Spain, xavieroms@gmail.com

**Santos, Francisco Javier.** Centro Nacional de Aceleradores, C/Thomas Alva Edison N° 7. 41092 Sevilla, Spain. fj.santos@csic.es.

Millán Mozota. Intitució Milá i Fontanals (IMF-CSIC), Calle Egipcíaques 15, 08001 Barcelona, Spain, millanm@imf.csic.es

**Subirà, Maria Eulàlia.** Departament de biologia animal, de biologia vegetal i d'ecologia. Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain, Eulalia.Subira@uab.cat

**Gibaja, J.F.** Intitució Milá i Fontanals (IMF-CSIC). Grupo Agrest e ICArHEB, C/Egipcíaques 15, 08001 Barcelona, Spain, jfgibaja@imf.csic.es

## **Abstract**

Camí de Can Grau is one of the most important Neolithic necropolises of the “Pit Burials” horizon (North-east of the Iberian Peninsula. Late fifth - early fourth millennia cal BC), because of its large number of graves. However, the number of buried individuals and the type of grave goods of the site have some peculiarities suggesting that could be one of the last manifestations of this horizon. For proving that, a radiocarbon dating programme and some statistical analysis were carried out so as to determine its chronology. The results are discussed regarding the duration of the necropolis, the degree of contemporaneity between graves and grave goods and the number of buried individuals. Moreover, chronological relationships with other similar contexts of the same horizon and located in other regions are presented. This study goes beyond a purely local research, as it proposes a method for addressing the chronology of funerary contexts.

**Keywords:** Iberian Peninsula; Neolithic; funerary practices; raw material exchange; Radiocarbon dating; Statistical analysis; Bayesian Modelling.

## **Résumé**

Camí de Can Grau est l'une des nécropoles néolithiques les plus importantes de l'horizon des “*Sepulcres de Fossa*” (nord-est de la péninsule ibérique ; fin V<sup>e</sup> – début IV<sup>e</sup> millénaire cal BC), en raison du nombre élevé de sépultures qui la composent. Cependant, le nombre d'individus enterrés et le type des mobiliers d'accompagnement ont certaines particularités qui suggèrent qu'il pourrait s'agir de l'une des dernières manifestations de cet horizon. Pour le démontrer, un programme de datations radiocarbones et des analyses statistiques ont été effectués, afin de déterminer la chronologie (du site?). Les résultats sont discutés en ce qui concerne la durée d'occupation de la nécropole, le degré de contemporanéité entre les tombes et les mobiliers d'accompagnement, et le nombre d'individus inhumés. De plus, des relations chronologiques avec d'autres contextes similaires du même horizon, et situées dans d'autres régions, sont présentées. Cette étude va au-delà d'une recherche purement locale, car elle propose une méthode pour aborder la chronologie des contextes funéraires.

**Mots-clés:** péninsule Ibérique ; Néolithique ; pratiques funéraires ; échanges de matières premières ; datations radiocarbones ; analyses statistiques ; modèle Bayésien.

## **1. Introduction and objectives**

Camí de Can Grau (La Roca del Vallès, Spain) is one of the best preserved Neolithic necropolises in the north-east of the Iberian Peninsula. The characteristics of the graves, the form of burial, the type of grave goods and the dates obtained in the late 1990s confirmed that this site belonged to the so-called “Pit Burials” horizon (Muñoz, 1965; Pou and Martí, in press; Ripoll and Llongueras, 1963). This name refers to a particular period in the Neolithic in north-east Iberia characterised above all by a very large and well-studied funerary record, with over 600 burials currently documented. However, even though it is one of the best-known Neolithic horizon in western Europe, little information was available about its chronology because of the small number of radiocarbon determinations that had been performed.

In order to address this deficiency, one of the main lines of research in the framework of the R+D project “Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” (in English: “Approach to the first Neolithic communities in the NE of the Iberian peninsula through their funerary practices”) has been to initiate a radiocarbon dating programme, which has now obtained as many as 131 dates (additional to the 37 dates that had been obtained and published in the past). This programme has included not only the necropolises with the largest number of burials, but also small cemeteries and even some isolated burials that were interesting because of their type of construction, their grave goods or their geographical location. The results of this research project are providing information about the duration of this funerary practice and about the likelihood of inter-site and intra-site contemporaneity of the burials.

The main objectives of the present study are to determine the overall duration of the use of Camí de Can Grau necropolis, the chronology of the graves and the possible degrees of contemporaneity between them. At the same time, the internal variability of the chronological dates will also be studied in terms of the type of funerary structure, the presence of individual or collective graves (simultaneous or not), their spatial distribution and the presence of grave goods made from raw materials from other regions or which required a large investment in labour to be obtained or manufactured.

Additionally, by comparing the results with data from other Neolithic burials of the same horizon in the north-east of the Iberian Peninsula, the original hypothesis, that the necropolis of Camí de Can Grau is one of the most recent sites in the “Pit Burials”, will be tested. In this sense, it is known that a few centuries later, this model of normally individual burials in graves disappeared and was replaced by the use of caves, large pits and the construction of dolmens and artificial hypogea in which numerous individuals were buried. It thus seems plausible that the last manifestations of the “Pit Burials” horizon started to break the funerary norm that had existed until then (Gibaja, 2003; Martín et al.2010; Mestres 1992; Miró 1994; Molist et al.2003; Oms et al. 2016; Roig et al., 2010; Ten, 1980).

Finally, the fact that similar funerary practices have been documented in the south of France and Switzerland during the so-called *Chasséen* Culture (Duday et al., 2000; Moinat and Chambon, 2007;Tarrús 2002) poses the question of whether this funerary phenomenon had

existed simultaneously on both sides of the Pyrenees. This will also be addressed.

The aims of this paper, the methodology used and the processing of the chronometric data can act as a point of reference for other similar case studies of funerary sites, whether they belong to the Neolithic or any other archaeological period.

## **2. Camí de Can Grau and Neolithic funerary sites between the mid-fifth and mid-fourth millennia cal BC**

As remarked above, burials in this period generally consist of pits dug in the ground or in cists (stone boxes) in which a single individual (less frequently, two or more individuals), either an adult or a child, was placed. These individuals were usually accompanied by grave goods: flint cores and chipped tools (especially blades and bladelets, geometric microliths and arrow-heads), polished stone axes and adzes, tools made from bones, ceramic recipients, and adornments made with stones, bones and/or shell beads (Borrell et al., 2015; Carlus et al., 2008; Feliu et al., in press; Frances, 2007; Gibaja et al., 2012; Gibaja et al., 2010; Gonzalez et al., 2010; Martí et al., 1995; Martín et al., 2005; Mestres et al., 1997; Oliva et al., in press; Roig et al., in press).

This whole assemblage of grave goods is not found in all the graves by any means. Individuals buried with a large number of artefacts are grouped together with others accompanied by hardly any objects, and in some cases only the human remains are found. However, it should be noted that our analysis is based on well-preserved remains and it is possible that other kind of goods were left in the tombs, but have not survived.

As we mentioned above, some of the artefacts deposited as grave goods were made from exogenous raw materials or required considerable investment in their procurement, manufacture and transport. These are:

- Flint: many of the flint artefacts are made from honey flint, which probably came from the south-east of France (Gibaja et al., 2013; Léa, 2005; ).

- Obsidian: the few obsidian artefacts found in the graves came from Lava flow A in the

volcano of Mt. Arci in Sardinia, Italy, about 1,200km away (Gibaja et al., 2014; Terradas et al., 2014).

- Axes and adzes: a double strategy was in place regarding these artefacts. On one hand, local rocks like hornfels, schist and slate were used to make them (Bosch, 1984; Masclans et al., 2017) and on the other, exogenous rocks such as jadeite and eclogite, probably from the Alps, amphibolite, from the Pyrenees, and fibrolite from the Central Massif in France, were employed (Pétrequin et al., 2012; Vaquer et al., 2012).

- Ornaments: these were often made from a green rock called variscite which came from mines at Gavà, near the modern city of Barcelona. A large investment in time and labour was needed to obtain it (Bosch and Borrell, 2009; Villalba et al., 1986).

As mentioned above, the necropolis of Camí de Can Grau is interesting because of the hypothesis that it may have been one of the last sites within the “Pit Burials” horizon. This hypothesis is based on several traits documented at this necropolis which are not common at other sites belonging to this horizon. Specifically these are:

- Unlike the usual funerary structures of this horizon, a large number of the burials (22 = 91.6%) of Camí de Can Grau were performed in very complex structures that would have required considerable effort in their construction.

- As many as ten of the graves (41.66%) held more than one individual (seven are double graves, two had three individuals and one of them contained four bodies).

- There is a total absence of some objects that are common in other necropolises of this period, such as honey flint cores and polished axes and adzes, and a scarcity of other materials, such as variscite adornments (three tombs with six beads in total).

It seems that, unlike other communities, the population buried at Camí de Can Grau did not enjoy easy access to exogenous raw materials, like honey flint, obsidian and Alpine or Pyrenean rocks. In contrast, these materials are common in burials at necropolises in the same area, such as Bòbila Madurell-Can Gambús, Bòbila d'en Joca, Bòbila Padró and the Gavà



variscite mines (Bosch and Borrell, 2009).

These differences suggested that this might be one of the last funerary sites within the “Pit Burials” horizon. In later periods, not only funerary practices changed to collective (simultaneous or not) inhumations in structures like dolmens, large pits, burial caves and artificial hypogea, but also the raw material exchange networks that had functioned in the late fifth and early fourth millennia cal BC broke down. Honey flint, obsidian, variscite ornaments, and practically all the Alpine and Pyrenean rocks used to make axes and adzes disappeared from sites, whether these were funerary or not. These materials were replaced by other types of stones, such as flint from various sources in southern France and the north of the Iberian Peninsula (Castany, 2008; Gibaja et al., 2008; Terradas et al., 2012).

Therefore, in addition to the general goal of situating the necropolis of Camí de Can Grau chronologically within the framework of funerary practices in the “Pit Burials” horizon, more specific aspects have also been assessed. These refer to chronological differences between the two types of funerary structures, the number of buried individuals, the presence or absence of some types of grave goods and the position of the graves in the area of the necropolis. Based on the results, a comparative chronological analysis with other funerary contexts from the north-east of the Iberian Peninsula and the south of France and Switzerland has been carried out.

### **3. The site of “Camí de Can Grau”.**

Camí de Can Grau is located in the town of La Roca del Vallès in Barcelona (UTM 31T X:441600 Y:4605100). At 160m a.s.l., it must have been in an excellent location for Neolithic communities, since it is situated on potentially suitable land for arable farming and livestock, thanks to the type of clay soils and perennial water-courses. In addition, the proximity of the Pre-Littoral Mountain Range would have signified access to wild resources obtained by hunting and gathering.

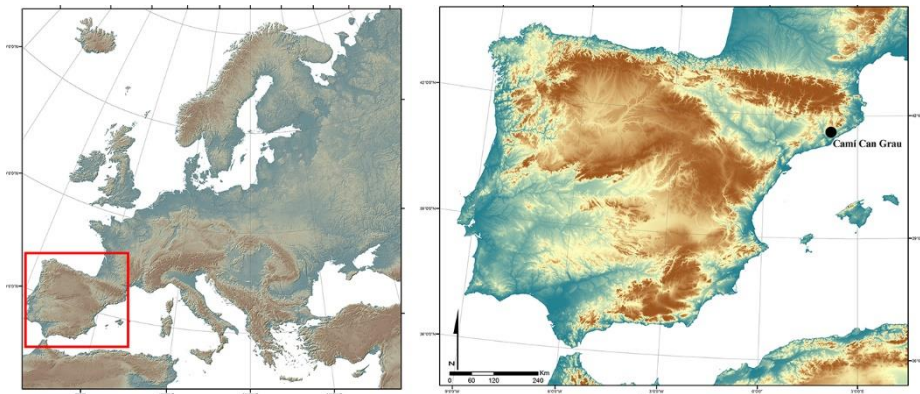


Figure 1. Location of the necropolis of Camí de Can Grau in the north-east of the Iberian Peninsula.

Camí de Can Grau is one of the most interesting and best-preserved Neolithic necropolises found in the twentieth century in the NE of the Iberian Peninsula. The depth of the graves and limited impact of farming on them in previous centuries meant that the funerary structures were preserved practically in their original form.

The necropolis consists of 24 graves, most of which practically maintain their original morphology, allowing the documentation of their construction techniques and different typologies. Two types of construction techniques were identified, classified as Type 4 and Type 5b according to the typology of Martí and collaborators (1997), some of the first archaeologists who worked at the site.

Type 4 graves are characterised by a quadrangular access and a rectangular or oval chamber displaced from the centre towards one of the ends, where an apse was built. In contrast, in Type 5b graves the access was through a vertical pit that reached a chamber with a lateral apse excavated underneath the base of the pit entrance.

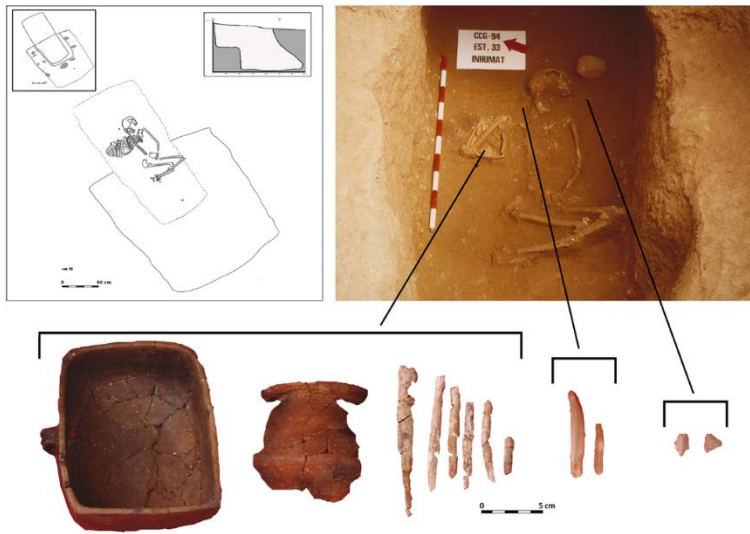


Figure 2. Grave CCG33, belonging to Type 4.

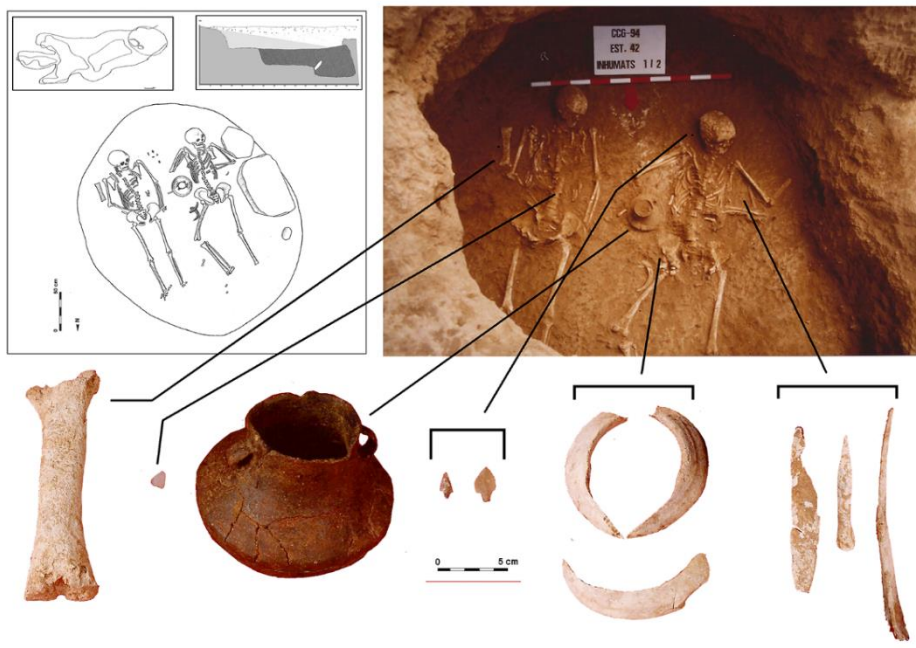


Figure 3. Grave CCG42, belonging to Type 5b.

Funerary structure CCG38 deserves a special mention. It is different from the other structures because, although it was originally a Type 4 structure, the same grave was reused later to bury

a second individual (a female with outstretched lower limbs) within a Type 5b structure. The arrangement of the two types, which was clearly differentiated during the excavation of the grave, suggested that the Type 4 burial must be older than the 5b type.

Additionally, although all graves are oriented on the same NE-SW line, the Type 4 burial chambers are oriented NE-SW, whereas in the Type 5b graves they are oriented NW-SE. Moreover, the distribution of the two types in the area of the necropolis is clearly different. Whereas Type 4 graves are located on the eastern side, the Type 5b ones are on the western side. It is unusual to find superimposition of burials in the “Pit Burials” horizon, so it is thought that some method must have been used to mark the position of the graves. In Camí de Can Grau this was achieved, for example, by covering the entrance with large stones that stood above ground level.

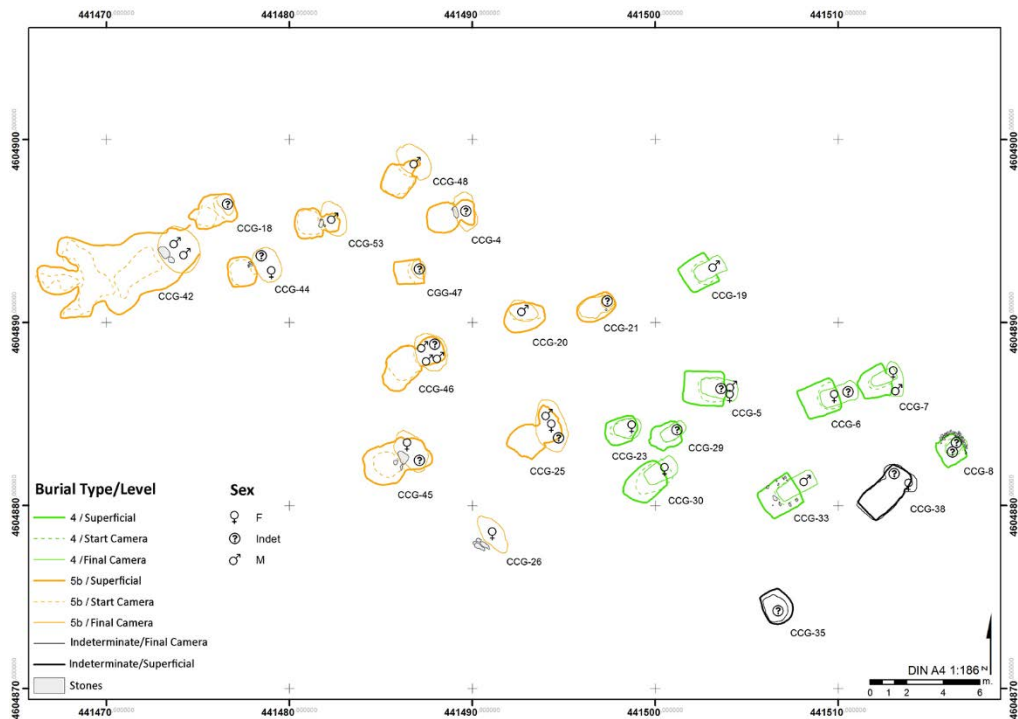


Figure 4. Distribution of the graves at Camí de Can Grau. The type of funerary structure (Type 4 or 5b) and number, sex and age of the buried individuals are given.

A total of nine graves with 14 individuals belong to Type 4 and thirteen graves with 21 individuals correspond to Type 5b (see Table 1) (Martí et al., 1997). Only two structures could

not be assigned to one of the types: CCG24 and CCG35. The first of these, CCG24, because it was so badly damaged that it is not sure if the few documented human remains were associated directly with the structure. In the case of CCG35, only a small part of the base of the structure was preserved, so it is not possible to classify it in either type.

<b>Burial Reference</b>	<b>Type of Burial</b>	<b>Number of individuals</b>	<b>Individual Reference</b>	<b>Sex</b>	<b>Age</b>	<b>Groups of Age</b>
CCG4	5b	1	I	Indet	15-20	Juvenile
CCG5	4	3	I	Indet	8	Infantile II
			II	M		Adult
			III	F		Mature
CCG6	4	2	I	Indet	6-7	Infantile
			II	F		Adult
CCG7	4	2	I	F		Adult
			II	M	40	Mature
CCG8	4	2	I	Indet	16-20	Juvenile
			II	Indet		Indet
CCG18	5b	1	I	Indet	8	Infantile II
CCG19	4	1	I	M	20-25	Young Adult
CCG20	5b	1	I	M		Adult
CCG21	5b	1	I	Indet	3	Infantile I
CCG23	4	1	I	F		Adult
CCG25	5b	3	I	M		Adult
			II	F		Adult
			III	Indet		Adult
CCG26	5b	1	I	F		Mature
CCG29	4	1	I	Indet	9	Infantile II
CCG30	4	1	I	F		Adult
CCG33	4	1	I	M		Mature
CCG35	indet	1	I	Indet		Indet
CCG38	4 and 5b	2	I	Indet	20	Young Adult
			II	F		Adult
CCG42	5b	2	I	M	30	Mature
			II	M		Adult
CCG44	5b	2	I	Indet	11-13	Infantile II
			II	F		Juvenile
CCG45	5b	2	I	F		Adult
			II	Indet		Indet
CCG46	5b	4	I	M		Adult

			II	Indet		Juvenile
			III	M		Adult
			IV	M		Adult
CCG47	5b	1	I	Indet	3	Infantile I
CCG48	5b	1	I	M		Adult
CCG53	5b	1	I	M		Mature

Table 1. The number of the grave, the type, the number of individuals and their sex (M= Male, F= Female, Indet= Indeterminate) and age are specified. The age groups are based on Duday et al., 2000: Infantile I (1-6 years), Infantile II (7-12 years), Infantile (unknown exact age), Juvenile (13-18/20 years), Young Adult (20-29 years), Mature (30-49 years), Adult (unknown exact age) and Indet (Indeterminate age).

However, the differences between Type 4 and 5b graves are not only seen in their construction characteristics, but also in the way individuals were buried. In Type 4 graves, the individuals are on a NE-SW line with their head towards the NE.

They are lying in a supine position with their upper and lower limbs flexed. Some of the graves were re-used, because the remains of the first individual or individuals were moved towards the bottom of the structure, while the last individual to be buried is in perfect anatomical connection in the centre of the chamber. In contrast, in Type 5b graves the individuals are on a NW-SE line with their head towards the SE. The bodies are in a totally outstretched supine position, although in some cases the limbs are slightly flexed. These graves were also occasionally re-used, as in graves CCG38 and CCG46, but with a different conception; the first individual was left in his or her original position, in the chamber of the grave, and the later individuals were buried in the access pit to the chamber. Unlike in the Type 4 graves, all the individuals were found in anatomical connection.

In both burial types the grave goods are generally located near the upper part of the body and might include ceramic recipients, bone implements (awls and spatulas), lithic tools (blades, points and geometric microliths), and adornments made with variscite beads and wild boar tusks. Unmodified animal offerings have been also found occasionally, such as *Bos taurus* radii and even a whole fox in grave CCG45.

In order to assess the relationship between the grave type and the grave goods, the  $\chi^2$  statistical test was performed (see results in Table 2). The results of the test reveal significant associations:

1. Pottery in general and whole vessels in particular are much more common in Type 4 graves than in Type 5b.

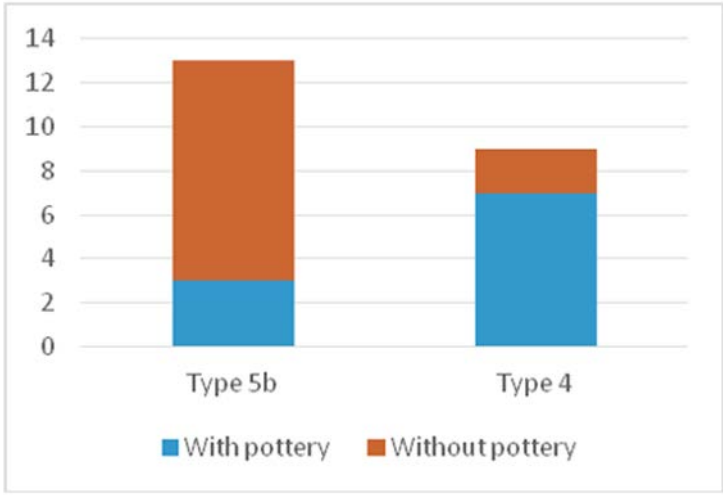


Figure 5. Graves with ceramics (whole recipients or potsherds).

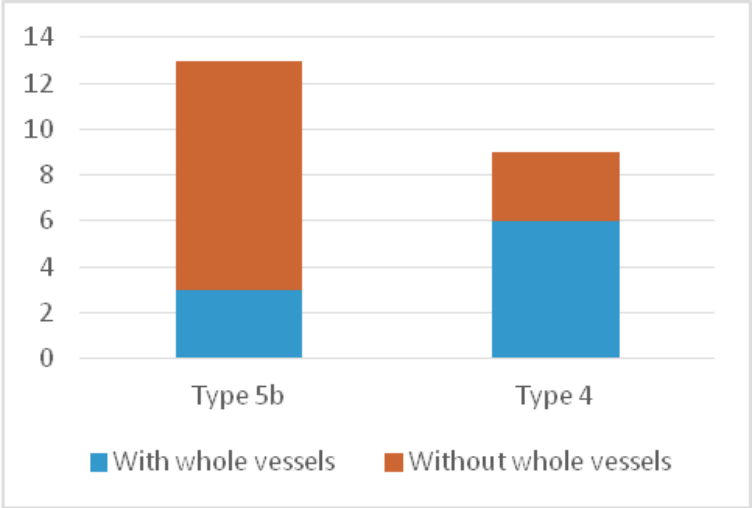


Figure 6. Graves with or without whole recipients.

2. Flint tools in general are more frequent in Type 5b graves than in Type 4. However, honey

flint, with a probable provenance in south-east France, is proportionally more usual in Type 4 graves.

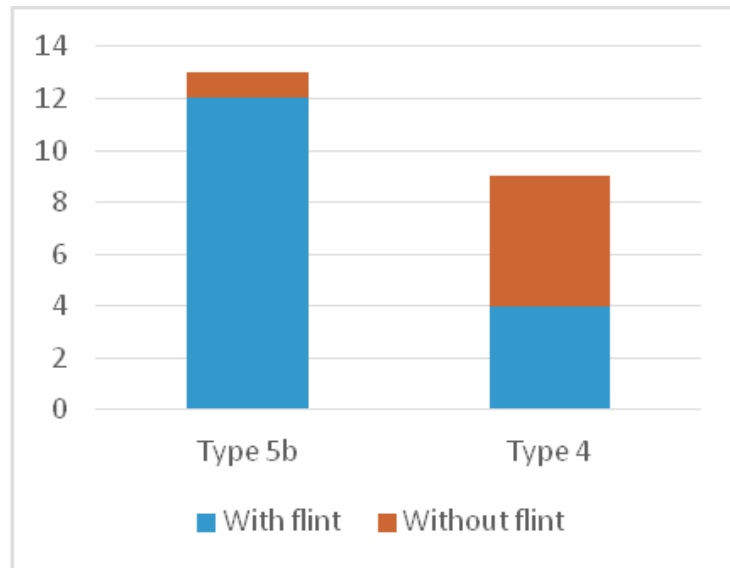


Figure 7. Graves with or without flint tools in the grave goods.

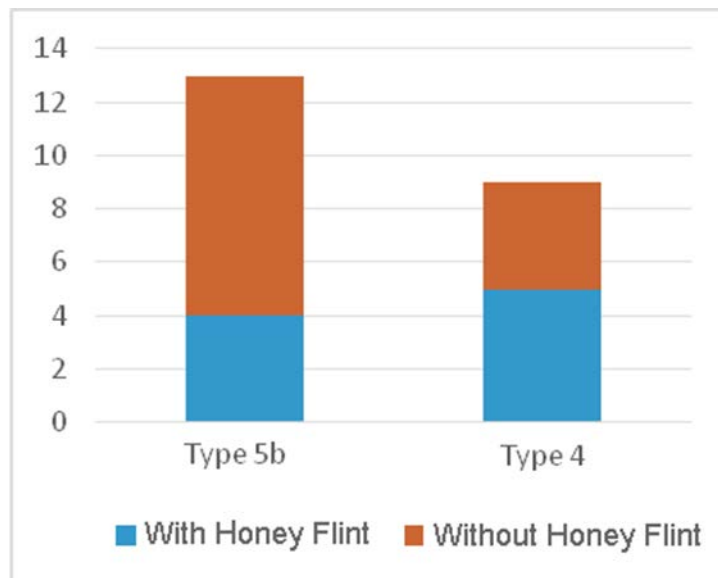


Figure 8. Graves with or without honey flint tools in the grave goods.

3. Bone implements appear more assiduously in Type 4 graves.



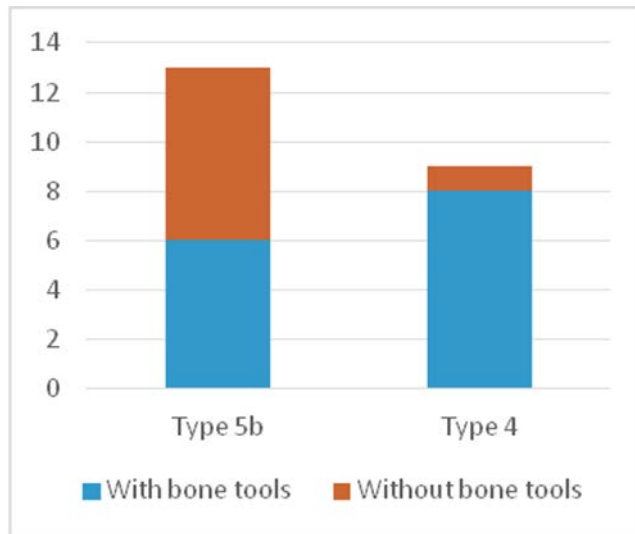


Figure 9. Graves with or without bone tools in the grave goods.

4. Variscite only appears in Type 4 graves.

Artefacts or raw-materials	Presence in Type 4 graves (a total of 9)	Presence in Type 5b graves (a total of 13)	$\chi^2$ Test P_value
Grave goods	9	13	1
Pottery (vessels and fragments)	7	3	0.02
Whole pottery vessels	6	3	0.04
Flint	4	12	0,013
Honey flint	5	4	0,03
Variscite	3	0	0,02
Bone implements	8	6	0,04

Table 2. Variables assessed with the  $\chi^2$  test and the results

In short, with the initial statistical assessment of the data, it can be said that Type 4 graves contained a larger amount of grave goods. However, aspects associated with the contents and the forms of the graves (i.e. their morphology, position, the number of buried individuals and

the type of the grave goods) must also be approached by taking into account their chronology. It is essential to determine whether the differences appear synchronically or reflect diachronic changes.

#### **4. Materials and methods**

The radiocarbon dating programme at Camí de Can Grau began some years ago with a group of five samples that the directors of the excavation (Miquel Martí and Roser Pou) sent to several laboratories. Later, within the present project, a total of 19 human bone samples have been analysed in the *Centro Nacional de Aceleradores* (in English: National Accelerator Center) in Seville (Spain). Unfortunately, the state of conservation of the samples was relatively deficient, and while nine yielded positive results, in three cases the results were dubious, due to the small amount of collagen. Furthermore, seven results were negative as the samples did not contain collagen. All this information is given in Table 3, which identifies the graves that were sampled and the problems encountered. All dates have been calibrated to  $2\sigma$  using *OxCal* v 4.2 software (Bronk Ramsey 2009) with the IntCal13 curve (Reimer et al. 2013).

Except for one result (AA19183), all the standard deviations are below  $\pm 100$  years and, also with the exception of one sample (UBAR576), all were dated with the AMS method and all of the samples come from human bones. Dating fauna bones or charcoal samples was excluded. In the first case, because we would not be dating the time of burial, but some of the bone implements or unmodified animal bones left as grave goods. In the latter case, because we do not know the origin of the charcoal, which might not be contemporaneous with the burial, and also because this type of sample tends to give older results due to the “old wood” effect (Ashmore, 1999; Dean, 1978; Schiffer, 1986).

All in all, although the preservation conditions were not ideal, the availability of fourteen dates from eleven of the 24 graves was an exceptional situation to extract significant information about the chronology of the site and the Neolithic community buried there. No Neolithic funerary sites with such a large number of radiocarbon dates as Camí de Can Grau is known in the Iberian Peninsula.

Locus	Lab.Code	Method	BP	SD	CAL.B C (2σ)	%C	%N	C/ N	References
CCG46.Ind. 1	CNA3046.1. 1	AMS	4643	34	3520- 3360	39.0	14. 3	3.2	Unpublished
CCG46.Ind. 3	CNA3047.1. 1	AMS	4694	33	3630- 3370	38.2	14. 1	3.2	Unpublished
CCG46.Ind. 4	CNA2665.1. 1	AMS	4798	31	3650- 3520	30.2	10. 5	3.4	Unpublished
CCG33	AA19183	AMS	4800	11 0	3915- 3350	-	-	-	Pou and Martí in press
CCG38.Ind. 1	UBAR576	Conventiona l	4950	80	3955- 3545	-	-	-	Pou and Martí in press
CCG38.Ind. 2	BETA120561	AMS	4850	50	3760- 3520	-	-	-	Pou and Martí in press
CCG44.Ind. 2	BETA120559	AMS	4870	50	3770- 3530	-	-	-	Pou and Martí in press
CCG4	CNA2653.1. 1	AMS	4880	35	3760- 3540	38.7	14. 1	3.2	Unpublished
CCG5.Ind.3	BETA120560	AMS	4920	40	3780- 3640	-	-	-	Pou and Martí in press
CCG7. Ind.1	CNA2655.1. 1	AMS	4945	35	3790- 3650	33.3	12. 7	3.1	Unpublished
CCG42.Ind. 1	CNA3044.1. 1	AMS	4973	33	3910- 3660	37.5	13. 9	3.1	Unpublished
CCG42.Ind. 2	CNA3045.2. 1	AMS	4977	39	3935- 3660	29.5	11.1	3.1	Unpublished
CCG20	CNA3042.1. 1	AMS	5058	33	3955- 3780	39.2	14. 5	3.2	Unpublished
CCG45.Ind 1.	CNA2664.1. 1	AMS	5148	33	4040- 3805	27. 2	9.5	3.3	Unpublished
CCG23	CNA2657.1. 1	AMS	4030	35	2830- 2470	17.3	3.9	5.2	Unpublishe d
CCG26	CNA2659.1. 1	AMS	4572	55	3510- 3095	25.0	8.8	3.3	Unpublishe d
CCG33	CNA3043.1. 1	AMS	5367	37	4330- 4055	29.5	10. 2	3.4	Unpublishe d
CCG6	-	-	<i>Without collage n</i>	-	-	-	-	-	-
CCG19	-	-	<i>Without</i>	-	-	-	-	-	-

			<i>collage n</i>						
<i>CCG25</i>	-	-	<i>Without collage n</i>	-	-	-	-	-	-
<i>CCG29</i>	-	-	<i>Without collage n</i>	-	-	-	-	-	-
<i>CCG30</i>	-	-	<i>Without collage n</i>	-	-	-	-	-	-
<i>CCG48</i>	-	-	<i>Without collage n</i>	-	-	-	-	-	-
<i>CCG53</i>	-	-	<i>Without collage n</i>	-	-	-	-	-	-

Table 3. Radiocarbon determinations at the necropolis of Camí de Can Grau. Grey shading indicates the dates whose results have not been considered because the amount of collagen and their quality were inadequate. All the radiocarbon dates have been calibrated to  $2\sigma$  with the *OxCal* v.4.2 software (Bronk Ramsey, 2009) using the IntCal13 curve (Reimer et al., 2013).

A series of statistical tests have been performed with the radiocarbon dates, in order to assess the chronometric results and to answer the questions posed. First of all, a “Sum of Probabilities” test of the whole set of dates was performed. This test evaluates the probability of whether independent events (i.e. radiocarbon dates) occurred in a given time. It combines the set of dates with the mean sum of their probability distributions without taking into account their margins of error (Barceló, 2008; Caracuta et al., 2012; Gamble et al., 2005; Steele, 2010; Williams, 2012; Wicks et al., 2014).

The peaks in the graphic representation of this test are usually interpreted as the greatest probability of the concentration of date intervals in one or several times. However, these peaks may also be due to the form of the calibration curve inside those time boundaries, so considering them markers of greater probability may lead to errors (Bayliss and Bronk Ramsey, 2004; Contreras and Meadows, 2014; Weninger et al., 2011; Williams, 2012). To overcome this issue and determine whether the particular section of the calibration curve has conditioned the distribution of the dates, we have carried out a simulation of the “Sum of Probabilities” test.

This simulation consists of constructing a consecutive series of uncalibrated dates, considering the oldest and most recent ones as the boundaries of the time interval (i.e. one date per year). The standard deviation given to the simulated dates has been the smallest possible,  $\pm 10$ , so that a uniform process has been modelled in order to observe whether or not the peaks in the graph of the archaeological dates coincide with those in the simulated series. This analysis has been performed with Calib 7.0 software (Stuiver et al., 2005) with the IntCal13 curve as, unlike other software, it allows the superimposition of the graphs obtained with the calibration curve, facilitating their observation and interpretation.

At the same time, the degree of contemporaneity between the different burials has been calculated with the “Combine” function in the *OxCal* v4.2 software with the IntCal13 curve. This function calculates the degree of probability of the overlapping of the intervals of each date after their calibration. The internal consistence of the degree of overlapping is assessed with the  $\chi^2$  statistical test (Long and Rippeteau, 1974; Ward and Wilson 1978).

When more than one date was available for the same burial, as in Structure CCG38, they were combined previously with the same function. The aim was to avoid redundancies that would increase the intervals of uncertainty in the dated contexts. Additionally, the degree of contemporaneity of the dates has also been assessed with the same test, differentiating the following variables: the type of the structure, the number of individuals and the presence or absence of some grave goods (especially the artefacts made with exogenous raw materials, like honey flint or the adornments, or that required a large investment in time and labour in their manufacture, such as the variscite beads used to make necklaces and bracelets).

Once the degree of contemporaneity between the funerary structures and the variables was determined, their temporal distribution was represented with different “Sum of Probabilities” tests performed with CalPal 2016 software (Jöris and Weninger, 1998) with the IntCal13 Curve. The aim was to determine whether chronological differences existed in connection with the presence or absence of the variables being assessed. In this case the software used was CalPal, because it is the only one that superimposes different graphs in a single picture on the same scale, which favours their comparison and interpretation.

Finally, to calculate and compare the time boundaries of the Camí de Can Grau necropolis

with other funerary sites considered from the same horizon located in the same region and the south of France and Switzerland, the sum of the probability distributions of all radiocarbon dates (see Appendix 1) were compared and “Overlapping Phases Bayesian Modelling” (Bronk Ramsey, 2009) through the *OxCal* v4.2 with the IntCal13 curve was carried out. This Model is based on the hypothesis that all the events (radiocarbon dates) have the same probability of occurring at any time between the start and end of the phase. The model takes the oldest and most recent dates as the boundaries of the time sequence in each phase, taking into account that the end of the first phase overlaps with the beginning of the second. The model also estimates the duration of each phase.

## **5. Questions and results**

Taking into account the suggested goals at the beginning of the paper, several questions were posed:

1. What is the chronological distribution of the necropolis of Camí de Can Grau? Are all the burials contemporary?
2. Are there any chronological differences between the different grave types, 4 and 5b, at Camí de Can Grau?
3. Are the individual and collective inhumations coetaneous?
4. Is there any relationship between the age of the graves and the presence of raw materials from outside areas or that were the outcome of considerable investment in labour?
5. Is there a differential spatial distribution of the graves within the necropolis according to their chronology?
6. How long was the necropolis in use? Are there any chronological differences between Camí de Can Grau and the other funerary sites in the “Pit Burials” horizon in the NE of the Iberian Peninsula?

7. What kind of chronological relationship can be established between Camí de Can Grau and other similar funerary sites in the south of France and Switzerland?

***5.1. What is the chronological distribution of the necropolis of Camí de Can Grau?  
Are all the burials contemporary?***

The Sum of Probabilities test indicates that the chronological distribution of the burials in the necropolis of Camí de Can Grau is situated between 4000 and 3400 cal BC. However, within this time, a greater probability of its use between about 3800 and 3650 cal BC can be appreciated. The simulation of the sum of the probability distributions has assessed the reliability of these results. In the graph of the simulated series, the peak between 3670 and 3650 cal BC coincides with the time of an inclination in the calibration curve. We can therefore affirm that, based on the available radiocarbon dates, the burials are distributed between 4000 and 3400 cal BC, with a greater probability of concentration about 3800 and 3700 cal BC.

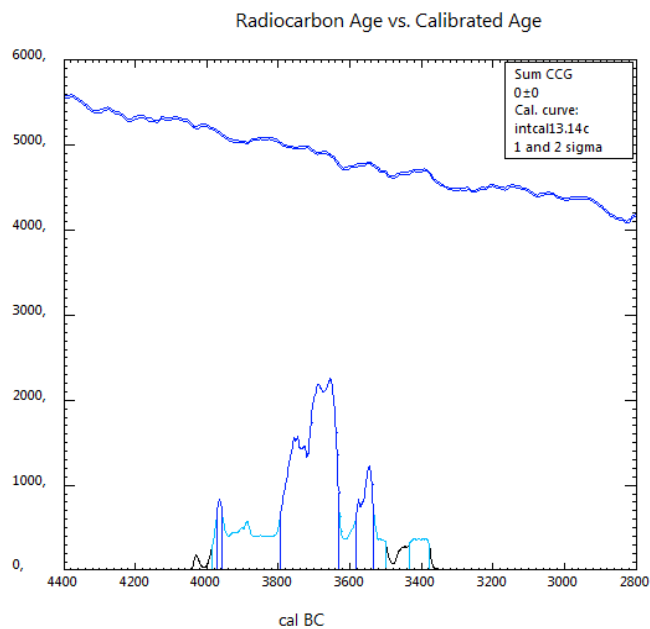


Figure 10. Results of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau.

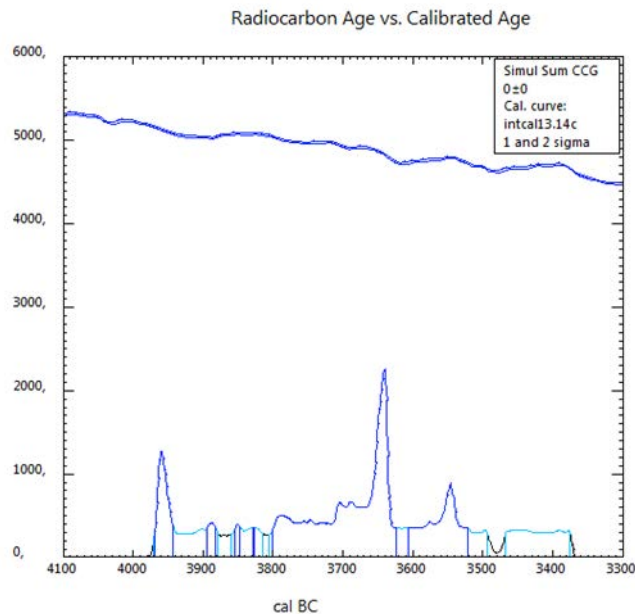


Figure 11. Simulation of the Sum of Probabilities of the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau.

As regards the hypothesis of the contemporaneity of the burials, the  $\chi^2$  test shows that there is sufficient statistical consistence in the overlapping of the intervals of the dates of Structures CCG33, CCG38, CCG44, CCG4, CCG5 and CCG7, between 3710 and 3650 cal BC (with a value of 127.7% - Acomb). Two dates from Structure CCG38 (UBAR76 and BETA120561) were combined previously and gave a distribution between 3765 and 3540 cal BC (Acomb.108.4%).

This function has also been used to verify the degree of contemporaneity in other dates obtained from different individuals in the same structure (to be exact, in graves CCG46 and CCG42). In this way, as remarked above, redundancies in the different tests can be avoided. In the case of grave CCG42, the test shows sufficient statistical reliability (Acomb. 127%) to confirm the contemporaneity of Individuals 1 and 2, between 3890 and 3695 cal BC. For the three individuals dated in Structure CCG46, it can only be reliably claimed that Individuals 1 and 3 are contemporaneous between 3520 and 3370 cal BC (Acomb. 92%). Individual 4 would have been buried in about 3650-3520 cal BC.

Thus, we can conclude that, according to our data, although the chronological distribution of the burials at Camí de Can Grau was around 4000-3400 cal BC, with a greater probability of



a concentration between about 3800-3700 cal BC, we can only confirm that the burials in Structures CCG33, CCG38, CCG44, CCG4, CCG5 and CCG7 were contemporary around 3710-3650 cal BC.

**5.2. Are there any chronological differences between the different grave types, 4 and 5b, at Camí de Can Grau?**

Another aspect to be assessed was whether or not the architectonic differences and forms of Type 4 and 5b graves were contemporaneous. In the case of Type 5b graves, the  $\chi^2$  test only indicates contemporaneity between two of the six structures, CCG44 and CCG4, in a time between 3700 and 3685 cal BC (Acomb. 134.9%). Therefore, it cannot be claimed that all the graves of this type are strictly contemporaneous.

In contrast, the test indicates sufficient statistical consistence regarding the contemporaneity of Type 4 graves, in 3765-3650 cal BC, with a value of 96.8% (Acomb.) Although these results suggest the structures are contemporaneous, as only three dates of this grave type were analysed, the results should be taken with caution, while awaiting new radiocarbon dates in the future.

In any case, if the temporal distributions of the dates obtained from Type 4 and 5b graves are compared (Figure 12), it can be seen that the Type 4 graves (upper part of the graph) are distributed between 3800 and 3380 cal BC, and the 5b type (lower part of the graph) around 3970-3360 cal BC. This suggests that, although the Type 5b graves began to be constructed earlier, both finished at the same time and are practically contemporaneous in their use.

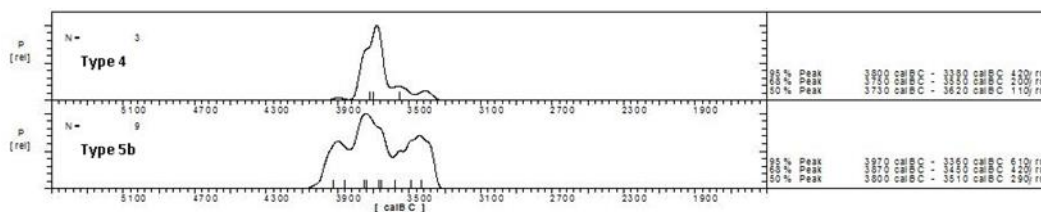


Figure 12. Result of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau, differentiating the Type 4 graves (upper part of the graph) from the Type 5b (lower part of the graph).

One special case that deserves specific comments and treatment is Grave CCG38, which was

not included in the previous analysis because of its peculiarities. According to the archaeological study, it seems that a Type 4 grave was constructed first and a second funerary structure corresponding to the parameters of the 5b type later. Two burials in this structure were dated, one from the Type 4 and the other from the 5b type. The Combine function showed that the time interval of these burials overlaps in 3765-3540 cal BC, so there is no statistical chronological criterion indicating a significant difference in time between them.

### 3.4. *Are the individual and collective inhumations coetaneous?*

Above all, one of the most characteristic traits of the necropolis of Camí de Can Grau, which differentiates it from most of the “Pit Burials” horizon sites, is the high proportion of graves containing more than one individual (41.66%). This is an aspect to be assessed in order to determine if the collective burials (simultaneous or not) were the result of a change in the funerary conception after a certain moment in time, as regards the other graves in the same necropolis and other funerary sites belonging to this period. In Figure 13, it can be seen that whereas the individual burials are distributed from 3800 to 3380 cal BC, the graves with more than one individual are dated between 3970 and 3360 cal BC. However, the tests show that four of the graves with more than one individual (CCG44, CCG5, CCG7 and CCG42) are dated around 3765-3660 cal BC (Acomb. 73.3%). This period closely matches the time of individual graves, like CCG33 and CCG4, whose time interval lies from 3710 to 3540 cal BC (Acomb. 106.2%).

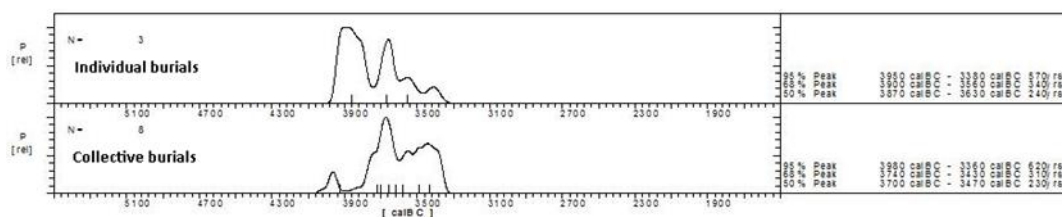


Figure 13. Results of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau, differentiating the individual burials (upper part of the graph) from the collective ones (lower part of the graph).

These results show that there is no chronological difference between the use of individual and collective burials in the necropolis of Camí de Can Grau. However, this aspect needs further

investigation, since unfortunately there is again an imbalance between the number of dates from individual (3) and collective (8) graves.

***5.4. Is there any relationship between the age of the graves and the presence of raw materials from outside areas or that were the outcome of considerable investment in labour?***

Another question refers to the raw materials deposited in the grave goods and whether exogenous materials, like the honey flint probably from south-east France, and materials that involved considerable effort in their procurement, such as variscite from the mining complex at Gavà (Barcelona), are present in the burials at a particular moment of time.

The results, however, should be interpreted with some reserve, as only a small number of graves contain honey flint and variscite. The honey flint only appeared in eleven of the total of twenty-four graves (45.83%) and variscite in three (12.55%). Similarly, honey flint was found in ten (41'66%) of the dated graves (14) and variscite in just one (20'83 %).

In any case, the first tests do not seem to show that the appearance of honey flint corresponds to any particular time. Of the ten graves with this type of flint that were dated, only two overlap chronologically with statistical significance (CCG33 and CCG38), between 3760 and 3535 cal BC (Acomb. 107.9%). This test could not be performed for variscite as it was only dated in grave CCG5. In any case, with its calibration of 3780-3640 cal BC, this grave is chronologically situated in an intermediate time at the necropolis.

Comparing the dates of the graves that contained honey flint or variscite with the others (Figure 14), it can be seen that their presence (especially honey flint because of the larger number of dated graves) was a constant throughout the time the necropolis was in use.

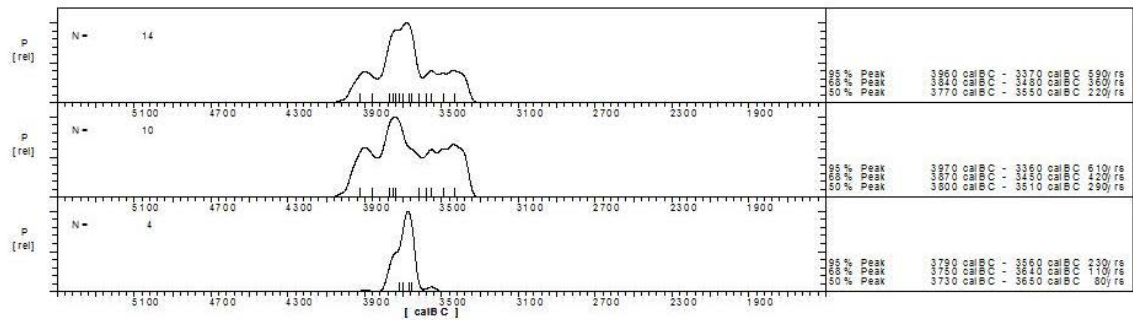


Figure 14. The upper part of the graph represents the temporal distribution of the necropolis of Camí de Can Grau, which is dated approximately between 3960 and 3370 cal BC. The middle part shows the graves with exogenous materials, dated in 3970-3360 cal BC. The lower part shows the graves with no exogenous materials, dated in 3790-3560 cal BC (calibrated to  $2\sigma$ ).

### 5.5. Is there a differential spatial distribution of the graves within the necropolis according to their chronology?

The aim of the geo-statistical analysis performed at the necropolis of Camí de Can Grau was to detect possible patterns of spatial organisation. In other words, to determine whether the graves displayed any particular distribution regarding their typology or the number of individuals or if they were simply mixed with no significant spatial pattern. Two tests were applied: Moran's I spatial autocorrelation and the nearest neighbour test.

Moran's I spatial autocorrelation suggested that graves are distributed according to their typological structure (Types 4 and 5b). This was confirmed by applying the test in 21 of the 24 funerary structures (CCG35 and CCG24 were discarded because their typology was not clear and CCG38 since it involved both types). The obtained result is very close to 1, the P value is statistically significant and the Z score is positive. Therefore, it can be affirmed that Type 4 and Type 5b graves were intentionally distributed spatially in two groups (see Figure 4).

	<b>Typology of the grave</b>	<b>Number of buried individuals</b>
<b>Moran Index</b>	0.822874	-0.077603
<b>Expected Index</b>	-0.047619	-0.043478
<b>Variance</b>	0.029771	0.022445
<b>Score Z</b>	5.045094	-0.227779
<b>Value P</b>	0.000000	0.819818

Table 4. Results of Moran's I spatial autocorrelation test, assessing the typology of the grave (Types 4 and 5b) and the number of buried individuals.

The same spatial autocorrelation test gives a negative result if the number of individuals is included. The value of Moran's I index is close to 0 while the P value is not statistically significant. Both values indicate that there is no specific spatial distribution of the graves according to the number of bodies. The results in both tests should be regarded as descriptive, since the sample is too small ( $n < 30$ ) to be considered reliable.

Regarding the nearest neighbour analysis, it has been adapted to the polygonal surface area that contains the graves. The resulting index gives a value higher than 1. This indicates a clearly disperse pattern which, together with the statistically significant P value and the positive Z score, shows that the graves are located in a regular geographic arrangement and that the area was intentionally structured.

	<b>Total Graves</b>	<b>Burial Type 5</b>	<b>Burial Type 4</b>
<b>Average observed distance</b>	4.2309 m.	4.6200 m.	3.8585 m.
<b>Average expected distance</b>	2.8808 m.	2.5698 m.	2.2902 m.
<b>Index Nearest Neighbour</b>	1.468666	1.797777	1.684843

<b>Score Z</b>	4.392383	5.502806	3.930460
<b>Value p</b>	0.000011	0.000000	0.000085

Table 5. Index values of the Nearest Neighbour test.

Finally, according to the values and taking into account the typology of the graves (again excluding Structures CCG24, CCG35 and CCG38), the probability that the grave types would have been distributed randomly is less than 1%. Thus, according to these results, we can conclude that the community at Camí de Can Grau distributed the graves deliberately according to their morphology.

***5.6. How long was the necropolis in use? Are there any chronological differences between Camí de Can Grau and the other funerary sites in the “Pit Burials” horizon in the NE of the Iberian peninsula?***

Finally, the chronological distribution of all the radiocarbon dates obtained at Camí de Can Grau has been compared with published radiocarbon dates for other funerary sites of the “Pit Burials” horizon (see the data in the appendix file). This was principally to determine in which period of the general chronological distribution of the “Pit Burials” horizon Camí de Can Grau could be assigned. As Figure 15 shows, whereas the graves of Camí de Can Grau are chronologically situated between 3960 and 3370 cal B; the other “Pit Burials” horizon sites are dated from 4590 to 3600 cal BC.

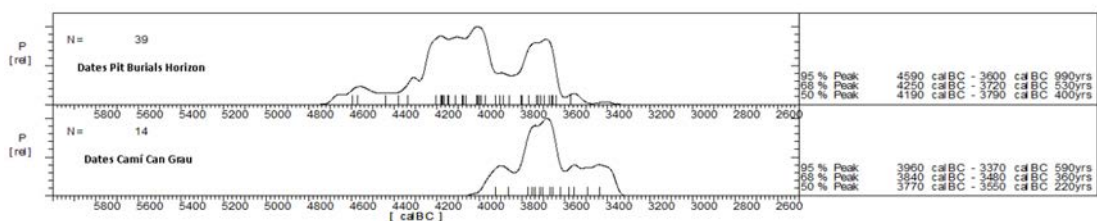


Figure 15. Result of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates for the necropolis of Camí de Can Grau (lower part of the graph) and other burials in the “Pit Burials” horizon (upper part of the graph).

In addition, “Two Overlapping Phases Bayesian Modelling” indicates that, whereas the Pit Burials Cultural phase lasted from 4600-4460 to 3650-3510 cal BC, the necropolis of Camí de Can Grau started about 4030-3805 and ended about 3615-3340 cal BC. The model suggests the span of use of the necropolis between 195-530 calendar years. The model is statistically reliable (Amodel 84.2% and Aoverall 82.3%), although it considered the CNA2664.1.1 date as an outlier (Agreement index: 41.7%).

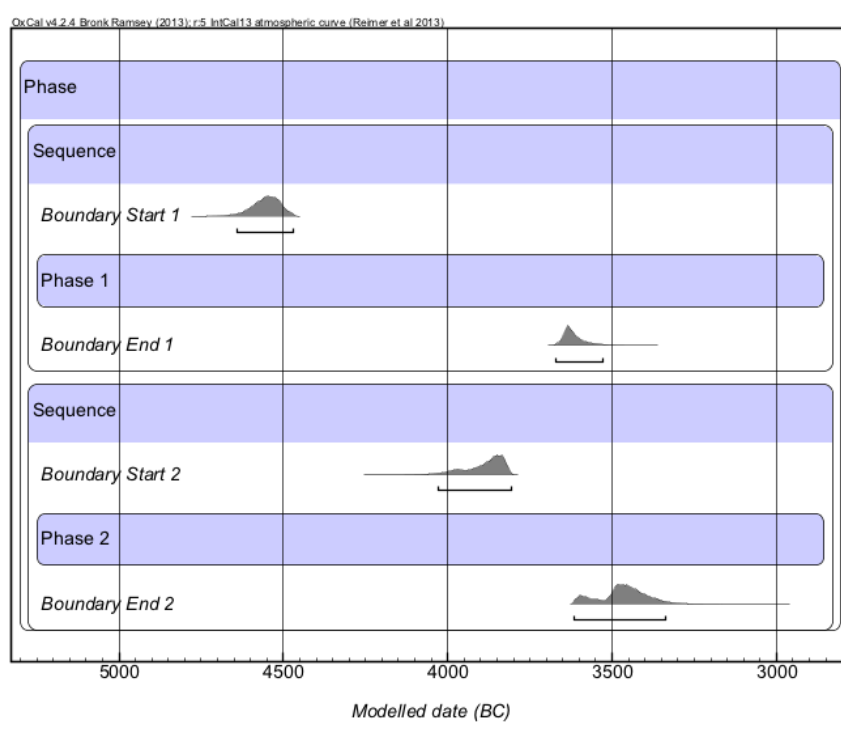


Figure 16. “Two Overlapping Phases Bayesian Modelling” of the “Pit Burials” horizon period (Phase 1) and the radiocarbon dating from the necropolis of Camí de Can Grau (Phase 2).

These results confirm the hypothesis formulated at the beginning of this paper: the necropolis at Camí de Can Grau was in use towards the end of the so-called “Pit Burials” horizon.

**5.7. What kind of chronological relationship can be established between Camí de Can Grau and other similar funerary sites in the south of France and Switzerland?**

As in the previous cases, in the first place a sum of the probability distributions of the radiocarbon dating of the three groups has been carried out (see the data in the appendix file).

As the graphic illustrates, the radiocarbon datings of the funerary structures from south of France and Switzerland (upper part of the graph) are distributed between 4740-3480 cal BC, while those belonging the funerary sites of the “Pit Burials” horizon (middle part of the graph) and the necropolis of Camí de Can Grau (bottom part of the graph) are distributed between 4540-3380 cal BC and 3960-3370 cal BC respectively.

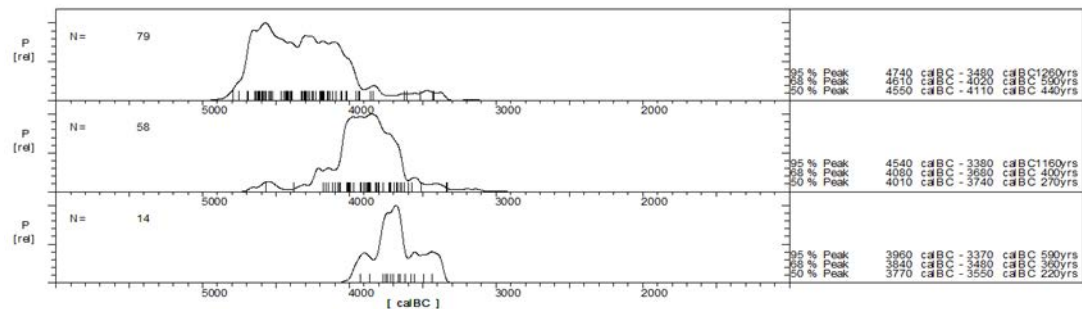


Figure 17. Result of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates for the burials of south of France and Switzerland (upper part of the graph), “Pit Burials” (middle part of the graph) and Camí de Can Grau (lower part of the graph).

A Three Overlapping Phases Bayesian Modelling has tested the statistical consistency of the chronological distribution hypothesis previously suggested by the sum of probabilities distribution (Amodell index: 90.8 Aoverall index: 85.1 ).

	<b>START</b>	<b>END</b>	<b>SPAN</b>
<b>Funerary structures from the south of France and Switzerland</b>	4745-4635 cal BC	4035-3920 cal BC	610-760 calendar years
<b>Pit Burials from the nearest of the iberian peninsula</b>	4620-4460 cal BC	3645-3495 cal BC	820-1030 calendar years
<b>Burials of the Camí de Can Grau</b>	4030-3805	3620-3340	195-530 calendar years

Table 6. Result of Three Overlapping Phases Bayesian Modelling of the funerary structures of south of France and Switzerland (Phase 1), “Pit Burials” from the north-east of the Iberian Peninsula (Phase 2) and the necropolis of the Camí de Can Grau (Phase 3).



Thus, although the chronological distribution of the three groups would overlap over time, the funerary structures from the south of France and Switzerland (Phase 1) would be the oldest ones, followed by the “Pit Burials” from the north-east of the Iberian peninsula (Phase 2). Finally, according to this model, the graves of Camí de Can Grau would be the earliest phase, which would overlap with the most recent structures of the “Pit Burials” horizon.

#### **4. Discussion**

The necropolis of Camí de Can Grau is one of the best-preserved Neolithic funerary sites to be studied in recent decades in the NE of the Iberian Peninsula. Since it was excavated with modern archaeological techniques, the available data regarding the funerary structures, their location, the types of inhumation, the grave goods and their position inside the graves were documented in great detail.

Although both grave types are clearly linked to the funerary practices of the “Pit Burials” horizon, several elements differentiate them. Above all, the large number of graves with more than one individual, and the scarce presence of exogenous raw materials or objects that required a large investment in labour, is unusual. These differences suggested the initial hypothesis that the Camí de Can Grau necropolis represented a site in which the funerary practices of the “Pit Burials” horizon were beginning to change and, therefore, it might be later than most of the other sites ascribed to this funerary phenomenon.

The chronological comparison between the necropolis of Camí de Can Grau and other funerary sites in the “Pit Burials” horizon shows they coincide with the time when the number of radiocarbon dates for other sites of the “Pit Burials” begins to decrease, when it seems that mortuary traditions are changing. Added to the fact that the deceased at Camí de Can Grau are not accompanied by as many grave goods and a large proportion of graves were collective and even reused, this could mean that Camí de Can Grau represents one of the last necropolises in this funerary phenomenon.

On the other hand, the similar funerary horizons from the south of France and Switzerland

seem to have an older chronological distribution than the iberian ones. This suggests that, although the three horizons coincided in time, the french and swiss contexts would have begun earlier than those of the near-east of the iberian peninsula, which, at the same time, would have disappeared later. In the future it would be interesting to analyse whether a similar chronological pattern between these three regions is documented or not regarding the raw material exchange networks.

These changes, which must have taken place slowly, could be related to the mortuary practices that appeared shortly afterwards, during the Late Neolithic-Chalcolithic periods, when collective burials in dolmens, artificial hypogea, pits and caves, with few grave goods, became the recurrent funerary pattern. In this period (Late Neolithic-Early Chalcolithic), the provenance of the raw materials used for lithic tools deposited as grave goods is different. The exchange networks operating from the late fifth millennium to the mid-fourth millennium cal BC broke down and during the late fourth millennium cal BC they were replaced by connections bringing flint from the south-east of France (Roussillon-Languedoc-Provence regions) and the Ebro valley in Spain (Gibaja et al., 2008; Terradas et al., 2012).

Regarding future expectations of this research project, it would be interesting to date similar funerary sites to Camí de Can Grau, since it could help to clarify this time of change in mortuary practices in the second half of the fourth millennium cal BC. Some collective burials associated with scarce grave goods have been identified in the same geographical area and a new radiocarbon dating programme will be carried out. They include the burials at Can Filuá, Can Vinyals and Can Pallás (Costa et al., 1982; Marti et al., 1995; Ten, 1980). If these sites coincide in time with Camí de Can Grau, there will be more solid criteria to propose that in the second half of the fourth millennium cal BC, ideological conceptions related to death and funerary practices began to change. These conceptions would have also been related in some way with changes in the raw materials exchange networks linking north-east Iberia to other communities in the western Mediterranean. However, this is ground to make up in the near future.

## Acknowledgements

This study has been carried out thanks to collaboration between the Spanish National Research Council, the Autonomous University of Barcelona and the National Accelerator Center from Seville, in order to date Neolithic sites in the north-east of the Iberian Peninsula, in the framework of the research projects "Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias" (HAR2011-23149) and "Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del Mediterráneo nordoccidental: construyendo respuesta desde los análisis paleoantropológicos y genéticos" (HAR2015-67323-C2-1-P and HAR2015-67323-C2-2-P) funded by the government of Spain. At the same time, a large part of this paper has been written in the framework of the doctoral thesis of one of the authors, Berta Morell, thanks to a pre-doctoral scholarship from the "Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca" (FI-DGR2014) funded by the Catalan Government. It should finally be added that this research would never have been possible without the assistance of the Museum of Granollers, where the archaeological remains from Camí de Can Grau are deposited, and especially of its director, Josep Muntal.

## References

- Ashmore, P., 1999. Radiocarbon dating: avoiding errors by avoiding mixed samples. *Antiquity* 73, 124–130.
- Barceló, J.A., 2008. La incertesa de les cronologies absolutes en arqueologia. *Probabilitat i estadística. Cypsela* 17, 23–33
- Bayliss, A., Bronk Ramsey, C., 2004. Pragmatic Bayesians: a decade of integrating radiocarbon dates into chronological models. In: Buck C.E., Millar A.R. (Ed.), *Constructing Chronologies: Crossing Disciplinary Boundaries*, Lecture Notes in Statistics. Springer-Verlag Press, London, pp.25–41.
- Borrell, F., Bosch, J., Majó, T., 2015. Life and death in the Neolithic Variscite Mines at Gavà (Barcelona, Spain). *Antiquity* 89, 72–90.
- Bosch, A., 1984. Les destrals polides del nord de Catalunya: tipologia i petrologia. *Fonaments* 4, 221–245.
- Bosch, J., Borrell, F., 2009. Intervencions arqueològiques a les mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998–2009. De la variscita al ferro: neolític i antiguitat. *Rubricatum* 4.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51(1), 337–60.
- Caracuta, V., Fiorentino, G., Martinelli, M.C., 2012. Plant remains and AMS: Dating climate change in the Aeolian Islands (North Eastern Sicily) during the 2nd millennium BC. *Radiocarbon* 54 (3-4), 689–700.
- Carlús, X., López, F.J., Terrats, N., Oliva, M., Palomo, A., Rodríguez, A., 2008. Diacronia durant la història recent a Can Roqueta (Sabadell – Barberà del Vallès, Vallès Occidental) entre el VI i el I mil·lenni cal ane. *Cypsela* 17, 115–142.
- Castany, J., 2008. Els megàlits neolítics del Solsonià. Phd. Thesis. Departament d'Història de la Universitat de Lleida.
- Contreras, D.A., Meadows, J., 2014. Summed radiocarbon calibrations as a population proxy: a critical evaluation

using a realistic simulation approach. *Journal of Archaeological Science* 52, 591–608.

Dean, J.S., 1978. Independent dating in archaeological analysis. In: Schiffer B. (Ed.), *Advances in archaeological method and theory*. Springer Press, New York, pp. 223–55.

Duday, H., Janin, T., Depierre, G., 2000. Validation des paramètres de quantification, protocoles et stratégies dans l'étude anthropologique des sépultures secondaires à incinération. L'exemple des nécropoles protohistoriques du Midi de la France. *Archéologie de la Mort, Archéologie de la Tombe au Premier Age du Fer*. Actes du XXI<sup>e</sup> Colloque International de l'AFEAF, 5, pp. 7–29.

Feliu, J.M., In press. El enterramiento neolítico de Els Cirerers (Vilafranca del Penedès, Barcelona). In: Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Martín, A., Mozota, M., Roig, J. (Eds.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noreste peninsular*, E-ditArx - Publicaciones Digitales.

Frances, J., 2007. Els Mallols. Un jaciment de la Plana del Vallès, entre el neolític i l'antiguitat tardana. *Cerdanyola del Vallès, Vallès Occidental*. Generalitat de Catalunya

Gamble, C., Davies W., Pettit, P., hazelwood, L., Richards, M., 2005. The Archaeological and genetic foundation of the European population during the Late Glacial: implications for “agricultural thinking”. *Cambridge Archaeological Journal* 15(2), 193–223.

Gibaja, J., 2003. Comunidades neolíticas del Noreste de la Península Ibérica, *British Archaeological Reports* 1140.

Gibaja, J.F., Palomo, A., Terradas, X.,

2008. Les industries lithiques taillées des IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires du Nord-Est de la Péninsule Ibérique. Premiers résultats obtenus de l'analyse des matières premières, de la technologie et de la fonction. In: Dias-Merino M.H., Lea, V., Gernigon K., Fouere P., Briois F., Bailly, M., (Ed.), *Les industries lithiques taillées des IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> millénaires en Europe Occidentale*. *British Archaeological Reports* 1884, Oxford, pp. 275–290.

Gibaja, J. F., Majó, T., Chambon, P., Ruíz, J., Subirà, M.E., 2010. Prácticas funerarias durante el neolítico. Los enterramientos infantiles en el noreste de la Península Ibérica. *Complutum* 21/2, 47–68.

Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Terradas, X., Fernández, E., Ruíz, J., 2012. Funerary practices during the Early-Middle Neolithic in north-east Iberia. In: Gibaja J.F., Carvalho A.F., Chambon P. (Ed.), *Funerary practices in the Iberian Peninsula from the Mesolithic to the Chalcolithic*. *British Archaeological Reports* S417, Oxford, pp. 29–40.

Gibaja, J.F., Léa, V., Lugliè, C., Bosch, J., Gassin, B., Terradas, X., 2013. Between Sardinia and Catalonia: contacts and relationships during the Neolithic. In: Blasco E., Francalacci P., Nocentini A. (Ed.), *Iberia e Sardegna. Legami linguistici, archeologici e genetici sal Mesolitico all'Età del Bronzo*. *Le Monnier Università Press*, Florence, pp. 214–233.

Gibaja, J.F., González, P., Martín, A., Palomo, A., Petit, M.A., Plasencia, X., Remolins, G., Terradas, X., 2014. New finds of obsidian blades at Neolithic sites in north-eastern Iberia, *Antiquity Project*, 340.

González, J.; Harzbecher, K.; Molist, M., 2011. Un nou assentament del V mil.leni a la costa de Barcelona. *Quarhis* 7, 86–100.

- Jöris, O., Weninger, B., 1998. CalPal. Software. Available from: <http://www.calpal-online.de/>.
- Long, A., Rippeteau, B., 1974. Testing Contemporaneity and Averaging Radiocarbon Dates. *American Antiquity* 39 (2), 205–215.
- Léa V., 2005. Raw, pre-heated or ready to use: discovering specialist supply systems for flint industries in mid-Neolithic (Chassey culture) communities in southern France. *Antiquity* 79, 51–65.
- Martí, M., Pou, R., Buch, M., 1995. Les estructures prehistòriques del jaciment de Can Filuà, Santa Perpètua de Mogoda (Vallès Occidental). *Limes* 4/5, 29–44.
- Martí, M., Pou, R., Carlús, X., 1997. Excavacions a la Ronda Sud de Granollers, 1994. La necròpolis del neolític mitjà i les restes romanes del Camí de Can Grau (la Roca del Vallès, Vallès Oriental). Els jaciments de Cal Jardiner (Granollers, Vallès Oriental). Excavacions Arqueològiques a Catalunya 14, Generalitat de Catalunya. Departament de Cultura, Barcelona.
- Martín, A., Martín, J., Villalba, M. J., Juan-Tresserras, J., 2005. Ca l'Oliaire (Berga, Barcelona), un asentamiento neolítico en el umbral del IV milenio con residuos de sal y de productos lácteos. In: Arias, P., Ontañón, R., García-Moncó, C. (Eds.), III Congreso del Neolítico de la Península Ibérica, pp. 175–185.
- Martín, A., Edo, M., Tarrús, J., Clop, X., 2010: Le Néolithique ancien de Catalogne (VI – première moitié du V millenaire av. J.C.). Les séquences chronoculturels. In: Manen C., Convertini F., Binder D., Sénépart I.(Ed.): Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques. Mémoire Société Préhistorique Française 51, Toulouse, pp. 197-214.
- Masclans, A., Palomo, A., Gibaja, J.F., Remolins, G., Gómez-Gras, D., 2017. Use-wear analysis of Neolithic polished axes and adzes: The site of “Bòbila Madurell-Can Gambús-1-2” (Northeast Iberian Peninsula). *Quaternary International* 427, pp.158-174.
- Mestres, J. 1992: "Neolitització i territori". En 9è Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. Estat de l'investigació sobre el Neolític a Catalunya (Puigcerdà i Andorra la Vella 1991): 72-75. Puigcerdà.
- Mestres, J., Nadal, J., Senabre, M.R., Socias, J., Moragas, N., 1997. El Pujolet de Moja (Olérdola, Alt Penedès), ocupació d'un territori durant el neolític i la primera edat del ferro. *Tribuna d'Arqueologia* 1995-1996, 121–148.
- Miró, J.M., 1994. "La cronologia dels estils ceràmics neolítics a Catalunya i la datació de C14 de la Timba del Barenys (Riudoms, Tarragona)." *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueologia de Valencia* 27, 57-66.
- Molist, M., Saña, M. Buxó, M., 2003. "El neolític a Catalunya: entre la civilització de pastors i agricultors cavernícoles i els primers pagesos del pla." *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència* 18, 34-53.
- Moinat, P., Chambon, Ph., 2007. Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental, *Cahiers d'Archéologie Romande* 110 .
- Muñoz, A.M., 1965. La cultura neolítica catalana de los "Sepulcros de Fosa". Instituto de arqueología y prehistoria. Universidad de Barcelona. Barcelona.

- Oliva, M., Terrats, N., Palomo, A., Rodríguez, A., Majó, T., In press. Can Roqueta (Sabadell, Barberà del Vallès, Barcelona). In: Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Martín, A., Mozota, M., Roig, J. (Eds.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noreste peninsular*, E-ditArx - Publicaciones Digitales.
- Oms, X., Martín, A., Esteve, X., Mestres, J., Morell, B., Subirà, M.E., Gibaja, J.F., 2016. The Neolithic in North-East Iberia: Chronocultural Phases and 14C. *Radiocarbon* 58(2), 291–309.
- Pou, R., Martí, M., In press. Los sepulcros de fosa de la necrópolis del Camí de Can Grau (La Roca del Vallès, Barcelona). In: Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Martín, A., Mozota, M., Roig, J. (Eds.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noreste peninsular*, E-ditArx - Publicaciones Digitales.
- Pétrequin, P., Errera, M., Martín, A., Fabregas, R., Vaquer, J., 2012. Les haches en jades alpins pendant les Ve e IVe millénaires. L'exemple de l'Espagne et du Portugal dans une perspective européenne. In: Borrell M., Bosch J., Clop X., Molist M. (Ed.), *Networks in the Neolithic. Exchange of raw materials, products and ideas in the Western Mediterranean (VII-III millennium BC)*. *Rubricatum* 5, pp. 213–222.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S., Van der Plicht, J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55, 1869–1887.
- Ripoll, E., Llongueras, M., 1963. La Cultura Neolítica de los Sepulcros de Fosa en Cataluña. *Ampurias* XXV, 1–90.
- Roig, J., Coll, J.M., In press. El enterramiento múltiple en silo de Horts de Can Torras (Castellar del Vallès, Barcelona). In: Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Martín, A., Mozota, M., Roig, J. (Eds.), *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el neolítico en el noreste peninsular*, E-ditArx - Publicaciones Digitales.
- 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 (1), 59–84.
- Schiffer, M.B., 1986. Radiocarbon dating and the “old wood” problem: the case of the Hohokam chronology. *Journal of Archaeological Science* 13(1), 13–30.
- Steel, J., 2010. Radiocarbon dates as data quantitative strategies for estimating colonization front speeds and event densities. *Journal of Archaeological Science* 37(8), 2017–2030.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Reimer, W., 2005. CALIB5.0. Software. Available from: <http://calib.qub.ac.uk/calib/>
- Tarrús, J., 2002. Poblats, dòlmens i menhirs. Els grups megalítics de l'Albera, Serra de Rodes i Cap de Creus. *Publicacions de la Diputació de Girona Press, Girona*.
- Ten, R., 1980. Notes entorn del Neolític vallesà. *Arrahona* 10, 16–17.
- Terradas, X., Gibaja, J.F., Palomo, A.,

2012. Producing for the Dead, Using while Alive: lithic tools production and consumption in the Late Neolithic of north-eastern Iberia. In: Conati C., Lemorini C. (Ed.), *Social, Economic and Symbolic Perspectives at the Dawn of Metal Production*. British Archaeological Reports International Series 2372, Oxford, pp. 41–51.

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

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. In : Petrequin P., Cassen S., Errera M., Klassen L., Sheridan A., Petrequin A.M., (Ed.), *Grandes haches alpines du Néolithique européen. Ve et IVe millénaires av JC*. Presses Universitaires de Franche-Comté Press, Besançon, pp. 872–917.

Villalba M.J., Bañolas L., Arenas, J., Alonso, M., 1986. Les mines neolithiques de Can Tintorer (Gavà). *Excavacions 1978–1980*, Generalitat de Catalunya. *Excavacions arqueològiques a Catalunya* 6.

Ward, K., Wilson, S.R., 1978. Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique. *Archaeometry* 20(1), 19–31.

Wicks, K., Pirie, A., Mithen, S.J., 2014. Settlement patterns in the late Mesolithic of western Scotland: The implications of Bayesian analysis of radiocarbon dates and inter-site technological comparisons. *Journal of Archaeological Science* 41, 406–422.

Williams, A.N., 2012. The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of Archaeological Science* 39(3), 578–589.

Weninger, B., Edinborough, K., Clare, L., Jöris, O., 2011. Concepts of probability in radiocarbon analysis, *Documenta Praehistorica XXXVIII*, 1–20.

## 5. DISCUSIÓN GENERAL

Los resultados obtenidos de los diferentes trabajos y análisis realizados en el marco de esta tesis aportan datos relevantes en relación a: 1) la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y las dinámicas temporales de los diferentes tipos de enterramientos en relación al modelo de prácticas funerarias que representan; 2) la distribución y dinámica temporal de las materias primas y artefactos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración confiados en los ajuares de los enterramientos; 3) la cronología de la necrópolis paradigmática de este momento: la “Bòbila Madurell-Can Gambús” y, finalmente, 4) las relaciones temporales entre el horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y los enterramientos neolíticos del sur de Francia y Suiza, con los que comparte numerosas similitudes.

En este capítulo expondremos una síntesis de los resultados publicados sobre cada uno de estos aspectos. Tal y como muestran las citas, la mayoría de las tablas y figuras proceden de tales publicaciones, motivo por el cual han sido realizadas en inglés. En algunos casos se han añadido otros materiales inéditos que se han considerado interesantes para mejorar la exposición de los resultados. Estos no aparecen citados y han sido elaborados en castellano.

Los códigos de los diferentes modelos y análisis estadísticos están disponibles en los anexos digitales (ver *Annexes\_II\_Statistical\_Model\_Codes*), también disponibles de forma libre en este enlace web:

<https://drive.google.com/drive/folders/1vULAB9sPj7C1oxxoSgkFaZElyPbkDla3>



## 5.1. LA CRONOLOGÍA DEL HORIZONTE DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA” Y LAS DINÁMICAS TEMPORALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ENTERRAMIENTOS DE ESTA PRÁCTICA FUNERARIA.

### 5.1.1. Introducción.

Tal y como hemos abordado en el *capítulo 1*, tradicionalmente la literatura había inscrito los “Sepulcres de Fossa” en el Neolítico Medio, entre el 4300 y el 3500 cal BC ( $2\sigma$ )<sup>21</sup> (Martín & Villalba 1999). Este intervalo se basaba en la secuencia crono-cultural establecida en el sur de Francia, con la que le unían muchos paralelismos en relación al registro funerario de este período (Guilaine & Muñoz 1964).

A partir de este momento, todas las dataciones radiocarbónicas realizadas se enmarcaron en esta periodización, existiendo leves diferencias entre los distintos autores: Barceló (2008) y Antolín (2013) entre el 4000 y el 3200 cal BC, Oms y colaboradores (et al. 2016) entre el 4250 y el 3150 cal BC, entre otros.

Como hemos comentado, uno de los principales problemas, entonces y ahora, ha sido determinar la transición entre el final del período Postcardial (tradicionalmente situado entre el 5000-4500 cal BC y asociado a las tipologías cerámicas “Molinot” y “Montboló”) y el Neolítico Medio asociado a los “Sepulcres de Fossa”.

Algunos autores han situado esta transición en el 4300 cal BC (Becching 2007), mientras que otros lo han hecho en el 4000 cal BC (Martín 2009). La homogeneidad cronotipológica de la periodización tradicional ha tambaleado cuando se han fechado inhumaciones individuales en fosa y cajas de piedra también en el Neolítico Epicardial (entre el 5000 y 4500 cal BC, según Barceló 2008 y Antolín 2013, y entre el 4930-4420 cal BC, según Oms et al. 2016) y el *Postcardial* (4500-4000 cal BC, según Barceló 2008 y Antolín 2013, y entre el 4320-3850 cal BC, según Oms et al. 2016).

Sin embargo, estos debates cronológicos se han asentado en muy pocos datos y, muchos de ellos, de dudosa fiabilidad. Con anterioridad a nuestro programa de dataciones (ver

---

<sup>21</sup> Todos los intervalos de probabilidad de las dataciones radiocarbónicas se presentarán a 2 sigmas siguiendo los consejos de publicación sugeridos por Millard (2014).

*capítulo 3*), tan solo 40 de los 650 “Sepulcros de Fossa” documentados habían sido fechados. Además, tal y como ya hemos apuntado en los capítulos anteriores, en muchos casos las muestras de estas dataciones no solían proceder directamente de los inhumados, sino de semillas o carbones supuestamente asociados al enterramiento. A eso hay que sumar que algunas presentaban desviaciones estándar superiores a  $\pm 80$ , por lo que presentaban intervalos de calibración demasiado amplios.

Si esta situación dificultaba precisar la cronología de las prácticas funerarias, la situación se complicaba si se intentaba comparar la temporalidad de los enterramientos en cajas de piedra y en fosa, ya que, del total de 40 dataciones disponibles, tan solo 7 procedían del primer tipo (ver *capítulo 3*). A pesar de que el número de dataciones radiocarbónicas disponibles era escaso, en especial para los enterramientos en cajas de piedra, los investigadores consideraban que los dos tipos de enterramientos eran contemporáneos en el tiempo. A partir de este presupuesto se plantearon numerosas propuestas, interpretaciones y comparaciones (Ripoll & Llongueras 1963; Ten 1980; Miró 1994; Mestres & Martín 1996; Molist et al. 2003; Oms et al. 2012 & 2016; Remolins et al. 2016;).

A nuestro parecer tales propuestas eran demasiado arriesgadas debido, precisamente, al número de datos radiocarbónicos. Así pues, en nuestro programa de dataciones uno de los objetivos prioritarios fue fechar enterramientos en cajas de piedra, no solo para poder comparar su temporalidad con los enterramientos en fosa desde una base empírica más sólida, sino para evaluar qué relación tenían con las inhumaciones individuales tradicionalmente asociadas al periodo Epicardial y Postcardial, así como con el mundo megalítico posterior caracterizado por la práctica de inhumaciones colectivas en dólmenes, hipogeos y cuevas (Tarrús 1987; Moinat & Chambon 2007; Castany 2008).

La nueva batería de dataciones realizada en el marco del proyecto en que se inscribe esta tesis (ver *capítulo 3*) nos ha permitido hacer una propuesta en torno a la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y de las dinámicas temporales de las diferentes tipologías de enterramientos de esta práctica funeraria, basándonos en un mayor número de dataciones (un total de 195) y en un método analítico más preciso (ver *capítulo 3*).

Ambos aspectos han dotado a nuestros resultados de una mayor consistencia y fiabilidad (Gibaja et al. 2017C & 2018A; Morell et al. 2018A & 2018B).

### 5.1.2. Resultados: periodizaciones e inhumaciones individuales en fosas y cajas de piedra durante el Neolítico en el NE de la península ibérica.

En primer lugar, hemos evaluado la distribución temporal de las diferentes inhumaciones individuales en fosa y cajas de piedra asociadas al período Epicardial, Postcardial y Neolítico Medio, siempre teniendo como referente la adscripción cronológica relativa realizada por los directores de las excavaciones. A este respecto, y tal y como puede observarse en el gráfico de la Suma de Distribuciones de Probabilidad (a partir de ahora SDP), (Figura 25 y *Annexes\_II: 5.1.*), no existen discontinuidades temporales entre las inhumaciones individuales asociadas al Epicardial, el Postcardial y el Neolítico Medio. Según la SDP las primeras inhumaciones individuales se distribuyeron cronológicamente entre el 4700 y el 4350 cal BC, mientras que las postcardiales lo hicieron entre el 4350 y el 3950 cal BC y las adscritas al Neolítico Medio, entre el 4050 y el 3600 cal BC, aproximadamente.

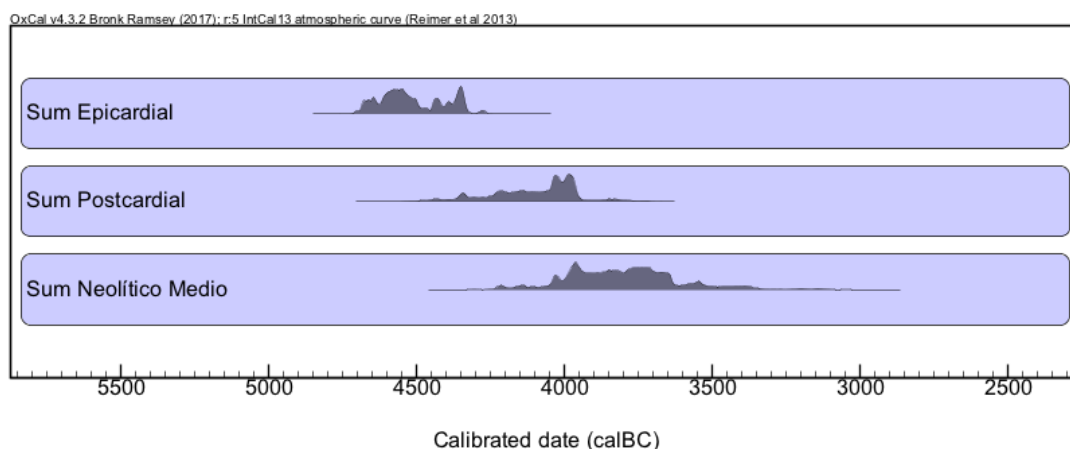


Figura 25. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes de enterramientos tradicionalmente asociados al período Postcardial y al Neolítico Medio.

Debido a los posibles errores analíticos e interpretativos de esta prueba estadística, señalados por varios especialistas (ver *capítulo 3* y Bayliss & Bronk Ramsey 2004, Bayliss et al. 2004; Mychzynsky 2004; Mychzynsky & Mychzynska 2006; Bayliss 2009; Weninger et al. 2011; Williams 2012), también hemos analizado a través de diferentes modelos bayesianos si podemos considerar que las inhumaciones individuales durante el Neolítico en el NE de la Península ibérica pueden considerarse pertenecientes a fases cronológicas diferentes en base a las dataciones radiocarbónicas disponibles.

El Modelo Bayesiano de Tres Fases Contiguas (Annexes\_II: 5.2.) no ha dado suficiente validez estadística, presentando un índice de concordancia inferior al 60% (*Amodel index*: 12.4 y *Aoverall index*: 14.3). Si bien el modelo ha desestimado que los enterramientos asociados al Postcardial y al Neolítico Medio pertenezcan a una fase cronológica diferente, sí ha situado los adscritos al Epicardial en un período diferenciado de los otros dos, que se distribuye del 5000-4480 al 4425-4350 cal BC con una duración de entre 60 y 280 años.

Contrariamente, el Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua (Figura 26. y Annexes\_II: 5.3.), que considerara todo el conjunto de enterramientos como pertenecientes a una misma fase, sí ha mostrado suficiente concordancia estadística (*Amodel index*: 114.5. y *Aoverall index*: 109.4). Los datos apuntan que los enterramientos tradicionalmente asociados al Postcardial y al Neolítico Medio podrían considerarse pertenecientes a una misma fase que se distribuiría entre el 4140-4075 y el 3630-3585 cal BC con una duración de entre 455 y 535 años.

No obstante, el modelo ha considerado como *outliers* algunas de las dataciones de los extremos más antiguos y más recientes de la distribución (resaltadas en rojo en el gráfico de la Figura 25 y especificadas en la Tabla 7.) Esto significa que sus intervalos de calibración serían demasiado distintos estadísticamente respecto al resto de dataciones calibradas para poder considerarlas pertenecientes a la fase. Dentro de este paquete de dataciones desestimadas, otra vez aparecen las procedentes de inhumaciones adscritas al Epicardial, de tal modo que deben considerarse como pertenecientes a una fase cronológica diferente.

Sitio	Estructura	Código laboratorio	Datación BP	Desviación estándar	Muestra	Calibración $2\sigma$	Adscripción
Ca l'Estrada	SF-501	POZ10391	5740	40	Hueso humano	4695-4490	Epicardial
Carrer Reina Amàlia	E-XIV (UF1)	BETA259279	5720	40	Hueso humano	4685-4465	Epicardial
Carrer Reina Amàlia	UF III	BETA259280	5520	40	Hueso humano	4455-4270	Epicardial
Can Roqueta-Can Revella	CRCRV255-ind.2	Miami:Ref.280357	5620	40	Hueso humano	4530-4360	Postcardial
Can Roqueta-Can Revella	CRCRV255-ind.1	Miami:Ref.28056	5500	40	Hueso humano	4450-4265	Postcardial
Can Roqueta-Can Revella	CRCRV255-ind.3	Miami.Ref.280358	5490	40	Hueso humano	4450-4260	Postcardial
Collet Puiggrós	E5/PEC39	UBAR892	5480	45	Hueso humano	4450-4245	Postcardial
Can Tintorer	Mina 28 INDIV. 1	CNA3315.1.1*25	4658	33	Hueso humano	3520-3365	Neolítico Medio
Camí de Can Grau	CCG46.Ind.3	CNA3047.1.1	4694	33	Hueso humano	3630-3370	Neolítico Medio
Camí de Can Grau	CCG46.Ind.1	CNA3046.1.1	4643	34	Hueso humano	3520-3360	Neolítico Medio
Bòbila d'en Jonca	BJ	OXA8876	4600	70	Hueso humano	3625-3095	Neolítico Medio
Can Gambús	E515	UBAR903	4570	60	Hueso humano	3515-3090	Neolítico Medio
Bòbila Madurell	M7	UBAR443	4560	80	Hueso humano	3510-3375	Neolítico Medio
Costa dels Garrics de Caballol	Garric 8566-2	LY10589	4535	30	Hueso humano	3365-3105	Neolítico Medio

Tabla 7. Dataciones procedentes de enterramientos tradicionalmente asociados al Postcardial y al Neolítico Medio que han sido señaladas como no pertenecientes a una misma fase por el Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua Figura m5.2. y *Annexes\_ II: 5.3.*

No disponemos de suficientes argumentos empíricos para descartar la validez de estas dataciones, pues todas ellas proceden de muestras sobre huesos humanos y estructuras fiables. Sin embargo, algunas de ellas sí deben tomarse con cautela, ya que han sido realizadas por el Método Convencional y no AMS (concretamente las procedentes de los laboratorios de Miami y UBAR). Tal y como hemos comentado en el *capítulo 3*, el Método Convencional no suele ser tan preciso como la espectrometría de masas, por lo que a menudo propone calibraciones con intervalos más amplios que los reales. Este podría ser el motivo por el cual estas dataciones han sido descartadas por el modelo.

Por otro lado, las dataciones CNA 3046.1.1 y CNA3047.1.1 proceden de enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau que, tal y como hemos abordado en uno de los artículos de este trabajo (Morell et al. 2018B), han sido adscritos al final del Neolítico Medio. Y es que presentan algunas diferencias respecto a los otros contextos del mismo período: la aparición habitual de enterramientos con más de un individuo inhumado o la escasa presencia entre los ajuares de materiales de origen exógeno o que han requerido de una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración.

Así pues, a modo de conclusión, podemos afirmar que no existe suficiente apoyo empírico en relación a las dataciones radiocarbónicas para considerar el Postcardial como una fase cronológica diferente al Neolítico Medio. Nuestros modelos sugieren que los enterramientos tradicionalmente asociados a ambos períodos pueden considerarse pertenecientes a una misma fase que se distribuirían entre el 4140-4075 y el 3630-3585 cal BC con una duración de entre 455 y 535 años aproximadamente. Por otro lado, las inhumaciones individuales adscritas al período Epicardial deben considerarse pertenecientes a una fase cronológica diferenciada de los dos otros grupos, que se extendería del 5000-4480 al 4425-4350 cal BC.

Consiguientemente, tal y como hemos señalado en el *capítulo 1*, en este trabajo utilizamos la terminología “Sepulcros de Fossa” para referirnos a todos los enterramientos individuales en fosa o cajas de piedra del Neolítico en el NE de la península Ibérica con independencia del período al que hayan sido tradicionalmente inscritos (Epicardial, Postcardial o Neolítico Medio). Asimismo, utilizaremos el término “Neolítico Medio” únicamente para referirnos al intervalo de tiempo entre el 4140-4075 y el 3630-3585 cal

BC, omitiendo la distinción tradicional entre la adscripción de los enterramientos al período Postcardial o Neolítico Medio.

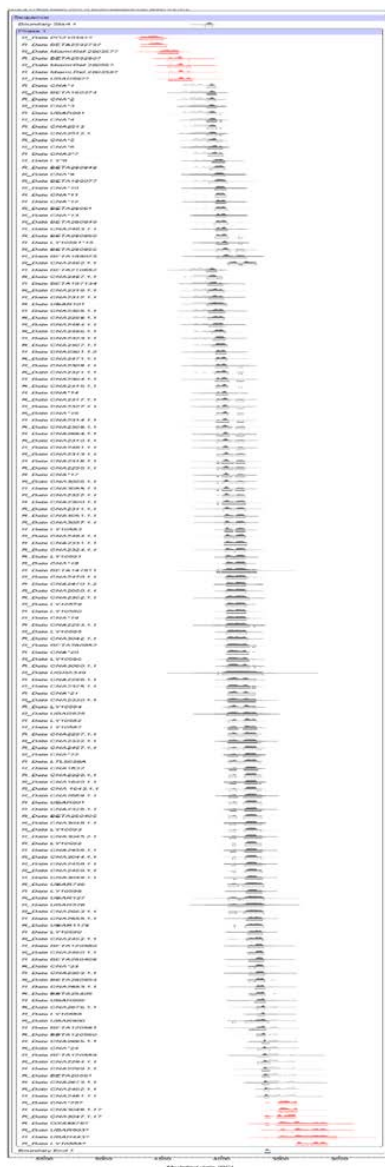


Figura 26. Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua de las dataciones radiocarbónicas disponibles de los enterramientos tradicionalmente asociados al Postcardial y al Neolítico Medio.

### **5.1.3. Resultados: la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa”.**

Con relación a la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa”, el test de Chi-Cuadrado (Ward & Wilson 1978) confirma que, pese a que no todos los enterramientos fechados fueron contemporáneos en el tiempo, algunos subgrupos sí coincidieron entre ellos. Tal y como puede observarse en la figura 27, todas las dataciones se inscriben temporalmente como mínimo a uno de los subgrupos. La única excepción sería la datación BETA2569280 (Reina Amàlia UF-III), ya que no coincide con ninguna otra fecha.

Pese a que no todos los enterramientos fueron contemporáneos entre sí, la SDP muestra que su distribución sí fue continua en el tiempo, no existiendo vacíos temporales entre los distintos enterramientos (Figura 28A.). La SDP sugiere que los “Sepulcros de Fossa” se distribuyeron cronológicamente entre el 4700 y el 3100 cal BC. Sin embargo, las pruebas de contrastación de los posibles efectos de la forma de la curva de calibración a la distribución planteada (Figura 28B), sugieren que el intervalo más probable de distribución cronológica de los “Sepulcros de Fossa” se encontraría entre el 4150 y el 3500 cal BC. Asimismo, estas pruebas muestran que los picos entre el 4050 y el 3500 cal BC no coinciden con ninguna inflexión en la curva de calibración, a diferencia de los que se encuentran entre el 4050 y el 3500 cal BC; por lo que probablemente estas fechas estarían ubicadas en estos intervalos concretos como un efecto secundario de la forma de la curva de calibración.



	DATE	SITE	TYPE OF BURIAL		
SUBGROUP 1 3370-3115 cal BC <u>Acomb.</u> , 160.4	LYON0589	Costa dels Garrics del Caballol II-8566-2)	CMS Stone box		
	UBAR443	Bòbila Madurell-M7	Type Ia Pit		
	UBAR903	Can Gambús 1-E515	Type I/b Pit		
	ONA8876	Bòbila d'en Joca	Indeterminate Type Pit		
	CNA2461.1.1	Costa dels Garrics del Caballol II-8566-1	CMS Stone box		
	CNA2462.1.1	Costa dels Garrics del Caballol II-8566-3	CMS Stone box		
	CNA2673.1.1	Serrat de les Tombes-10d1	CMS Stone box		
	BETA120561	Camí de Can Grau-OC638	Type IIIb Pit		
	BETA120559	Camí de Can Grau-OC644	Type IIIb Pit		
	UBAR586	Bòbila Madurell-BM-578	Indeterminate Type Pit		
	BETA120560	Camí de Can Grau-OC6-5	Type I/a Pit		
	UBAR900	Can Gambús 1-E110	Type Ia Pit		
	SUBGROUP 2 3635-33865 cal BC <u>Acomb.</u> , 122.9	LYON10588	El Llord V-Sep 5	CMM Stone box	
UBAR209		Costa dels Garrics de Caballol II-Cost 2	CMS Stone box		
UBAR902		Can Gambús 1-E245	Type Ia Pit		
CNA2460.1.1		Ceurg II-8720-3	CMM Stone box		
CNA2452.1.1		Pla flu de les Marçetes-4B	Pit Type I/b		
UBAR127		Costa dels Garrics de Caballol I-Cost 1	CMT Stone box		
CNA2459.1.1		Ceurg II-870-2	CMM Stone box		
CNA3049.1.1		Tomba del Moro-1575	CMS Stone box		
CNA2458.1.1		Ceurg II-87020-1	CMM Stone box		
CNA3048.1.1		Solar III-Grave 3	CMS Stone box		
UBAR901		Can Gambús 1-E167	Type Ia Pit		
CNA 1643.1.1		Solar IIII	CMS Stone box		
CNA1640.1.1		El Viler de Simons-1813'5	CMS Stone box		
SUBGROUP 3 3650-3535 cal BC <u>Acomb.</u> , 148.8	CNA2457.1.1	Ceurg I-87191	CMM Stone box		
	CNA2332.1.1	El Llord I	CMM Stone box		
	UBAR625	La plana del Torrent	CMS Stone box		
	CNA2330.1.1	Feix del Moro II-FM2	CMM Stone box		
	CNA2050.1.1	Povia-1854	CMS Stone box		
	BETA147811	Ca l'Oliver-F6	Indeterminate Type Pit		
	CNA2331.1.1	Feix del Moro II-FM3	CMS Stone box		
	CNA3051.1.1	Megalit del Bibò-1801	CMS Stone box		
	BETA189075	Can Gambús 2-UF2	Type I/b Pit		
	UBAR583	Can Roqueta-11	Type IV b Pit		
	CNA2301.1.2	Els Mallois-E114	Type IV a Pit		
	BETA28061	Can Gambús 2-UF16	Type IV a Pit		
	No reference	La Serreta-E60	Type IV b Pit		
BETA189077	Els Cirerers-E16	Type silo Pit			
UBAR442	Can Roqueta-11	Type silo Pit			
SUBGROUP 4 3655-3545 cal BC <u>Acomb.</u> , 274.4	BETA160374	Bòbila Madurell-G17	Type I/b Pit		
	BETA259280	Tomba de Segudés	CMS Stone box		
	BETA259279	Carreer Reina Amàlia-UJ11	Type I/b Pit		
	POZI0391	Carreer Reina Amàlia-P-20(UF1)	Type I/b Pit		
	SUBGROUP 5 3750-3655 cal BC <u>Acomb.</u> , 96.1	POZI0391	Ca l'Estrada-SF-501	Indeterminate Type Pit	
		SUBGROUP 6 3775-3710 cal BC <u>Acomb.</u> , 189.6	CNA2458.1.1	Ceurg II-87020-1	CMM Stone box
			CNA3048.1.1	Solar III-Grave 3	CMS Stone box
			UBAR901	Can Gambús 1-E167	Type Ia Pit
			CNA 1643.1.1	Solar IIII	CMS Stone box
			CNA1640.1.1	El Viler de Simons-1813'5	CMS Stone box
			CNA2457.1.1	Ceurg I-87191	CMM Stone box
			CNA2332.1.1	El Llord I	CMM Stone box
			UBAR625	La plana del Torrent	CMS Stone box
CNA2330.1.1			Feix del Moro II-FM2	CMM Stone box	
CNA2050.1.1			Povia-1854	CMS Stone box	
BETA147811			Ca l'Oliver-F6	Indeterminate Type Pit	
CNA2331.1.1			Feix del Moro II-FM3	CMS Stone box	
CNA3051.1.1	Megalit del Bibò-1801		CMS Stone box		
SUBGROUP 7 3940-3780 cal BC <u>Acomb.</u> , 84.4	BETA189075	Can Gambús 2-UF2	Type I/b Pit		
	UBAR583	Can Roqueta-11	Type IV b Pit		
	CNA2301.1.2	Els Mallois-E114	Type IV a Pit		
	BETA28061	Can Gambús 2-UF16	Type IV a Pit		
	No reference	La Serreta-E60	Type IV b Pit		
	BETA189077	Els Cirerers-E16	Type silo Pit		
	UBAR442	Can Roqueta-11	Type silo Pit		
	BETA160374	Bòbila Madurell-G17	Type I/b Pit		
	BETA259280	Tomba de Segudés	CMS Stone box		
	BETA259279	Carreer Reina Amàlia-UJ11	Type I/b Pit		
	POZI0391	Ca l'Estrada-SF-501	Indeterminate Type Pit		
	SUBGROUP 8 3955-3805 cal BC <u>Acomb.</u> , 106.9	POZI0391	Ca l'Estrada-SF-501	Indeterminate Type Pit	
		SUBGROUP 9 3960-3805 cal BC <u>Acomb.</u> , 124.5	CNA2458.1.1	Ceurg II-87020-1	CMM Stone box
CNA3048.1.1			Solar III-Grave 3	CMS Stone box	
UBAR901			Can Gambús 1-E167	Type Ia Pit	
CNA 1643.1.1			Solar IIII	CMS Stone box	
CNA1640.1.1			El Viler de Simons-1813'5	CMS Stone box	
CNA2457.1.1			Ceurg I-87191	CMM Stone box	
CNA2332.1.1			El Llord I	CMM Stone box	
UBAR625			La plana del Torrent	CMS Stone box	
CNA2330.1.1			Feix del Moro II-FM2	CMM Stone box	
CNA2050.1.1			Povia-1854	CMS Stone box	
BETA147811			Ca l'Oliver-F6	Indeterminate Type Pit	
CNA2331.1.1			Feix del Moro II-FM3	CMS Stone box	
CNA3051.1.1	Megalit del Bibò-1801		CMS Stone box		
SUBGROUP 10 3980-3955 cal BC <u>Acomb.</u> , 76.8	BETA189075	Can Gambús 2-UF2	Type I/b Pit		
	UBAR583	Can Roqueta-11	Type IV b Pit		
	CNA2301.1.2	Els Mallois-E114	Type IV a Pit		
	BETA28061	Can Gambús 2-UF16	Type IV a Pit		
	No reference	La Serreta-E60	Type IV b Pit		
	BETA189077	Els Cirerers-E16	Type silo Pit		
	UBAR442	Can Roqueta-11	Type silo Pit		
	BETA160374	Bòbila Madurell-G17	Type I/b Pit		
	BETA259280	Tomba de Segudés	CMS Stone box		
	BETA259279	Carreer Reina Amàlia-UJ11	Type I/b Pit		
	POZI0391	Ca l'Estrada-SF-501	Indeterminate Type Pit		
	SUBGROUP 11 4040-3965 cal BC <u>Acomb.</u> , 157.6	POZI0391	Ca l'Estrada-SF-501	Indeterminate Type Pit	
		SUBGROUP 12 4320-4050 cal BC <u>Acomb.</u> , 109.9	CNA2458.1.1	Ceurg II-87020-1	CMM Stone box
CNA3048.1.1			Solar III-Grave 3	CMS Stone box	
UBAR901			Can Gambús 1-E167	Type Ia Pit	
CNA 1643.1.1			Solar IIII	CMS Stone box	
CNA1640.1.1			El Viler de Simons-1813'5	CMS Stone box	
CNA2457.1.1			Ceurg I-87191	CMM Stone box	
CNA2332.1.1			El Llord I	CMM Stone box	
UBAR625			La plana del Torrent	CMS Stone box	
CNA2330.1.1			Feix del Moro II-FM2	CMM Stone box	
CNA2050.1.1			Povia-1854	CMS Stone box	
BETA147811			Ca l'Oliver-F6	Indeterminate Type Pit	
CNA2331.1.1			Feix del Moro II-FM3	CMS Stone box	
CNA3051.1.1	Megalit del Bibò-1801		CMS Stone box		
SUBGROUP 13 4235-4050 cal BC <u>Acomb.</u> , 105.3	BETA189075	Can Gambús 2-UF2	Type I/b Pit		
	UBAR583	Can Roqueta-11	Type IV b Pit		
	CNA2301.1.2	Els Mallois-E114	Type IV a Pit		
	BETA28061	Can Gambús 2-UF16	Type IV a Pit		
	No reference	La Serreta-E60	Type IV b Pit		
	BETA189077	Els Cirerers-E16	Type silo Pit		
	UBAR442	Can Roqueta-11	Type silo Pit		
	BETA160374	Bòbila Madurell-G17	Type I/b Pit		
	BETA259280	Tomba de Segudés	CMS Stone box		
	BETA259279	Carreer Reina Amàlia-UJ11	Type I/b Pit		
	POZI0391	Ca l'Estrada-SF-501	Indeterminate Type Pit		

Figura 27. Grupos de enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” contemporáneos entre sí (figura procedente de: Morell et al. 2018A)

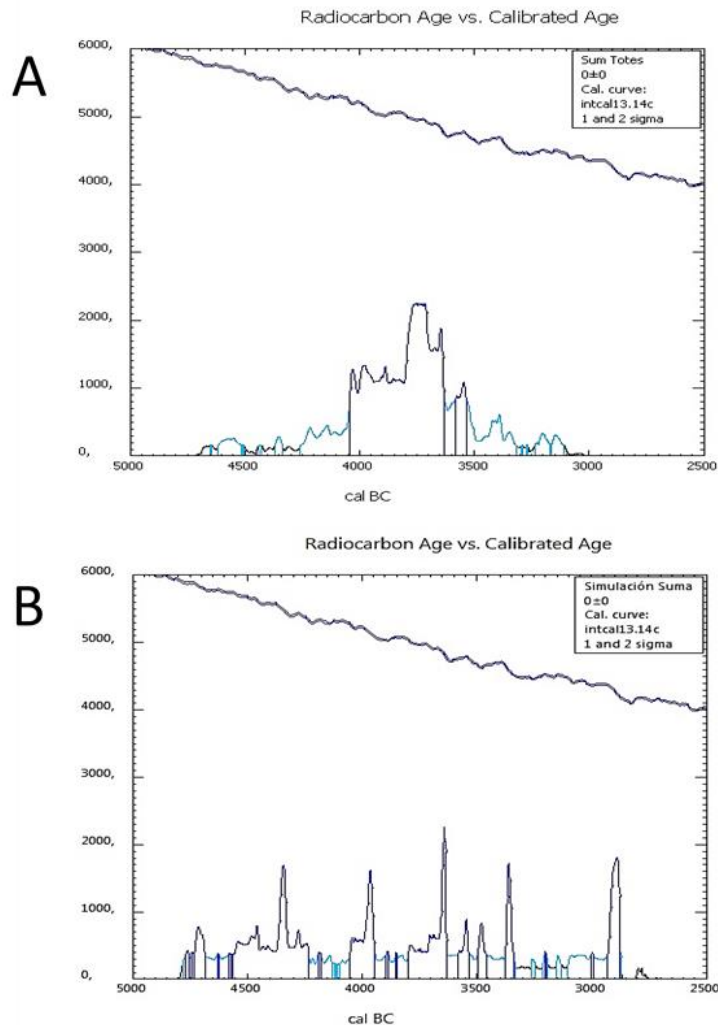


Figura 28. Suma de Distribuciones de Probabilidad de todas las dataciones radiocarbónicas (A), simulación de la Suma de Distribución de Probabilidad de todas las dataciones radiocarbónicas (B) realizadas con el software Calib (Stuiver et al. 2005) (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

La cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” también ha sido testada a partir de un Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua (Figura 29. y *Annexes\_II: 5.4*). Gracias a ello, se ha aumentado la precisión sobre la distribución planteada anteriormente por la SDP, sugiriendo que los “Sepulcros de Fossa” empezarían entre el 4160-4005 cal BC,

finalizarían entre el 3486-3239 cal BC y tendrían una duración de entre 530 y 810 años aproximadamente (*Amodel index*: 97.7 y *Aoverall index*: 96.6).

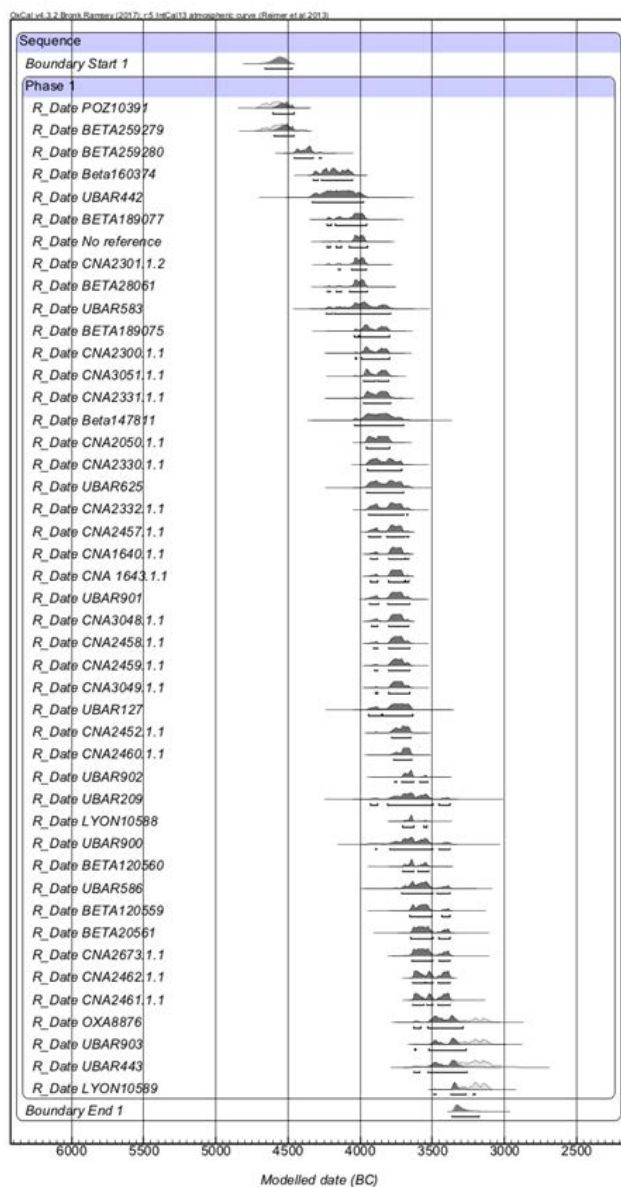


Figura 29. Modelo Baysiano de una Fase Contigua de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

Esta cronología de los “Sepulcros de Fossa” sugerida por el modelo Modelo Bayesiano de una Fase Contigua es muy similar a la planteada por el de Tres Fases Superpuestas (*Amodel index:* 97.9 y *Aoverall index:* 93.8), en el que hemos utilizado las dataciones de los enterramientos en cueva adscritos en el Neolítico Antiguo (Gibaja et al. 2018A) y enterramientos en cuevas e hipogeos adscritos al Neolítico Final-Calcolítico como límites temporales de la secuencia (Figura 30, Tabla 8. y *Annexes\_II:* 5.5)

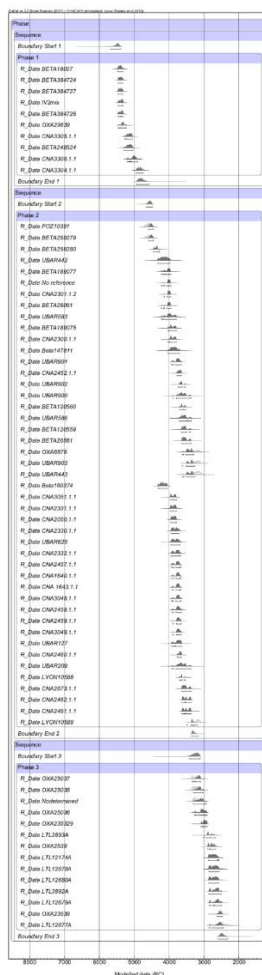


Figura 30. Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” (Fase 2) y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

	INICIO	FINAL	DURACIÓN
<b>Enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo</b>	5675-5380 cal. BC	4950-4600 cal. BC	460-690 años.
<b>Enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa”</b>	4660-4475 cal. BC	3365-3175 cal. BC	1113-1350 años.
<b>Enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico</b>	3430-3110 cal. BC	2600-2330 cal. BC	540-835 años.

Tabla 8. Resultados Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos del Neolítico Antiguo en cueva (Fase 1), de los enterramientos del Neolítico Medio (Fase 2) y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) (tabla procedente de: Morell et al. 2018A).

Estos datos coinciden con los presentados para la necrópolis de Camí de Can Grau, considerada como un ejemplo del momento en el que este tipo de prácticas funerarias empieza a desaparecer (Morell et al. 2018B). Tal y como podemos observar en la figura 31 (*Annexes\_II: 5.6*) la necrópolis de Camí de Can Grau cronológicamente se distribuiría entre el 3960-3370 cal BC, es decir, en los últimos momentos del Neolítico Medio.

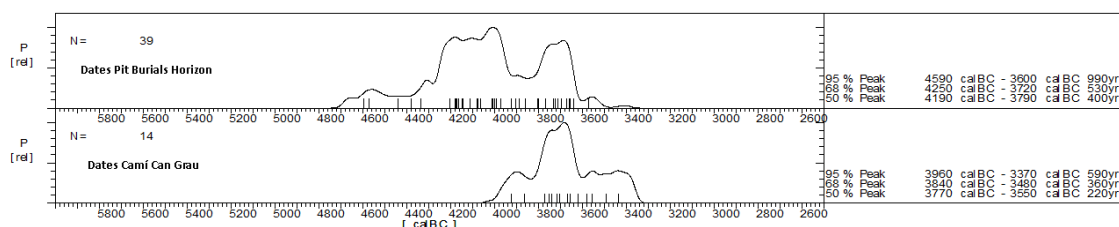


Figura 31. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones disponibles de los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y de los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau (figura procedente de: Morell 2018B).

El Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas (Figura 32 y *Annexes\_II*: 5.7) también ha corroborado esta cronología, sugiriendo que, mientras que el conjunto de sepulturas adscritas a los “Sepulcros de Fossa” tendrían una cronología en torno al 4600-4460 / 3650-3510 cal BC, los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau se situarían entre el 4030-4460 y el 3615-3440 cal BC (*Amodel index*: 84.2% y *Aoverall index*: 82.3%). Así pues, el final del horizonte planteado por los diferentes modelos y análisis estadísticos del conjunto de dataciones radiocarbónicas contrastaría con el registro arqueológico de la necrópolis de Camí de Can Grau

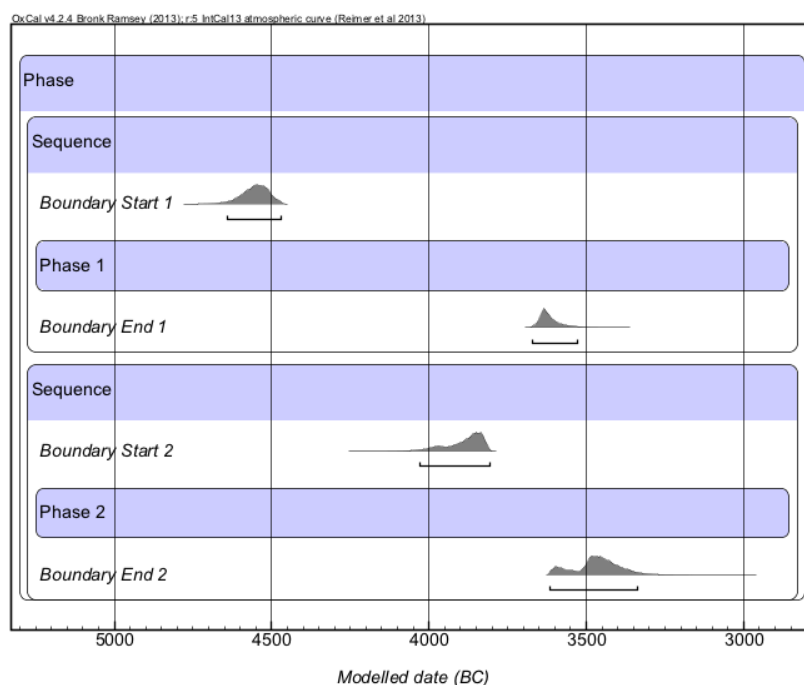


Figura 32. Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas de las dataciones radiocarbónicas disponibles del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y de los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau (figura procedente de: Morell et al. 2018B).

Estos resultados presentan ciertas coincidencias con las dataciones obtenidas en los enterramientos neolíticos en cueva (Gibaja et al. 2018A). Tal y como puede observarse en la figura 33, entre el 4010 y el 3330 cal BC no hay una sola fecha relacionada con alguna

inhumación en cueva. Aunque durante el 4600 y el 4000 cal BC podemos documentar enterramientos en cueva, cajas de piedra y fosa, el límite cronológico inferior representa el final de las prácticas funerarias en cueva. Contextos que al final del Neolítico volverán a retomarse como lugares de inhumación.

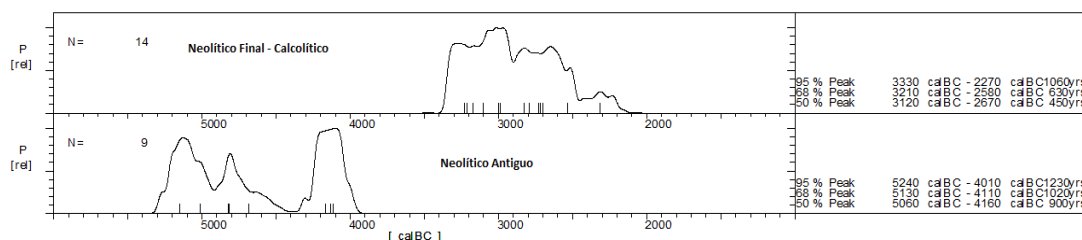


Figura 33. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones disponibles procedentes de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (parte inferior del gráfico) y del Neolítico Final-Calcolítico (parte superior del gráfico) del noreste peninsular (figura procedente de: Gibaja et al. 2018A).

#### 5.1.4. La cronología de las diferentes tipologías y tipos de enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa”.

En relación al tipo de construcción de los dos tipos de enterramiento, tal y como puede observarse en la figura 33, la mayor parte de grupos de enterramientos contemporáneos entre sí están constituidos tanto por fosas como por cajas de piedra, por lo que es plausible considerar que ambos tipos coincidieron en el tiempo. La SDP (figura 34. y *Annexes II*: 5.8), sin embargo, muestra una cierta diferencia en su distribución cronológica, situando los enterramientos en fosa entre el 4100-3500 cal BC y los enterramientos en cajas de piedra entre el 3900 y el 3500 cal BC.

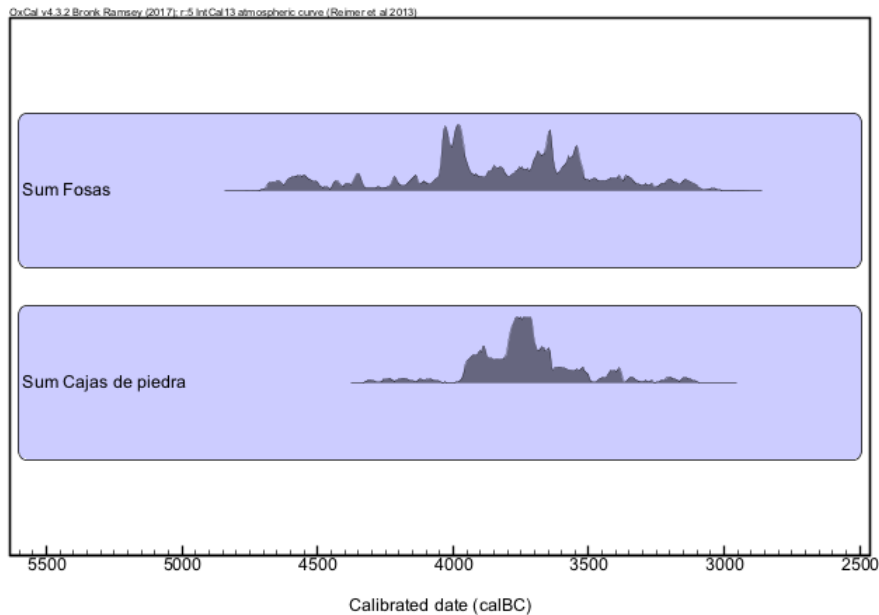


Figura 34. Suma de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra.

También hemos evaluado estas diferencias en la distribución temporal de ambos tipos de enterramientos incluyendo los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo y en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Morell et al. 2018A) mediante el Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas (Figura 35, Tabla 8 y *Annexes II: 5.9*). Los resultados nos indican (*Amodel index: 89.2* y *Aoverall index: 89.8*) que los enterramientos en fosa próximos a la costa se realizaron un poco antes (4780-4500 cal BC) que las sepulturas en cajas de piedra (4235-4000 cal BC) localizadas en las zonas del interior de Cataluña. Sin embargo, ambos tipos desaparecieron aproximadamente en el mismo momento (alrededor del 3490-3105 cal BC en el caso de las fosas y del 3495-3215 cal BC en el caso de las cajas de piedra). Finalmente, cabe apuntar que las inhumaciones en fosas habrían perdurado más (entre los 1030 y los 1430 años) que las cajas de piedra (entre los 540 y los 840 años).



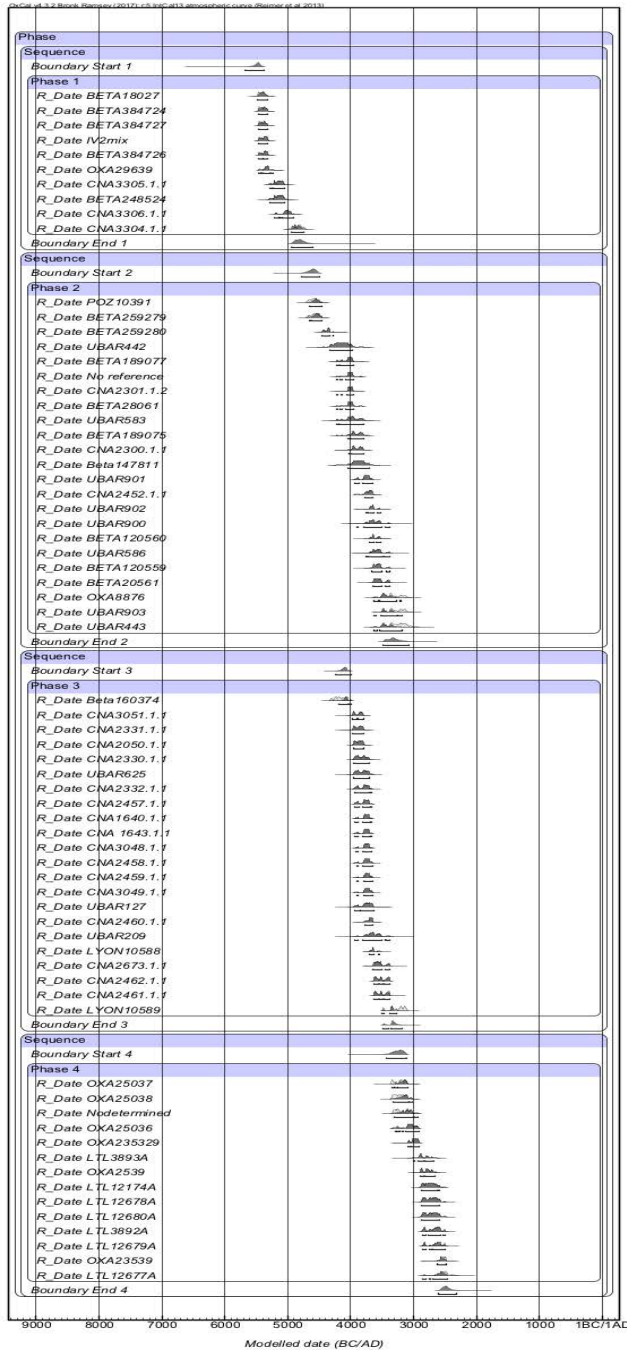


Figura 35. Modelo Bayesiano de Cuatro Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de los enterramientos en fosa (Fase 2) y en cajas de piedra (Fase 3) del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 4) del noreste de la Península ibérica (Figura procedente de: Morell et al. 2018A).

	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>Enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo</b>	5680-5380 cal. BC	4945-4600 cal. BC	460-690 años
<b>Enterramientos en fosa del horizonte de los “Sepulcres de Fossa”</b>	4780-4500 cal. BC	3490-3105 cal. BC	1030-1430 años
<b>Enterramientos en cajas de piedra del horizonte de los “Sepulcres de Fossa”</b>	4235-4000 cal. BC	3495-3215 cal. BC	600-870 años
<b>Enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico</b>	3435-3110 cal. BC	2600-2320 cal. BC	540-840 años

Tabla 9. Resultados del Modelo Bayesiano de Cuatro Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de los enterramientos en fosa (Fase 2) y cajas de piedra (Fase 3) del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 4) del noreste de la Península Ibérica (tabla procedente de: Morell et al. 2018A).

En relación a las diferencias cronológicas entre las distintas tipologías de enterramientos<sup>22</sup> en fosa (ver *capítulo 1*), y de acuerdo con los datos disponibles, tan solo se observa un cierto patrón en el caso del Tipo I, que se distribuye en torno al 4000-3650 cal BC, y en el caso del Tipo II, que se sitúa entre el 3650 y el 3000 cal BC. En el Tipo III se aprecia una discontinuidad temporal entre el 4300 y el 4000 cal BC, y en el tipo IV y las inhumaciones en silo, otra discontinuidad entre el 4700-3650 cal BC y el 4200 y el 4000 cal BC, respectivamente (Figura 36.).

---

<sup>22</sup> Las diferentes tipologías de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra han sido descritas en el *capítulo 1* de este trabajo (páginas 17-21), donde se precisan las siglas utilizadas para referenciar cada una de ellas.

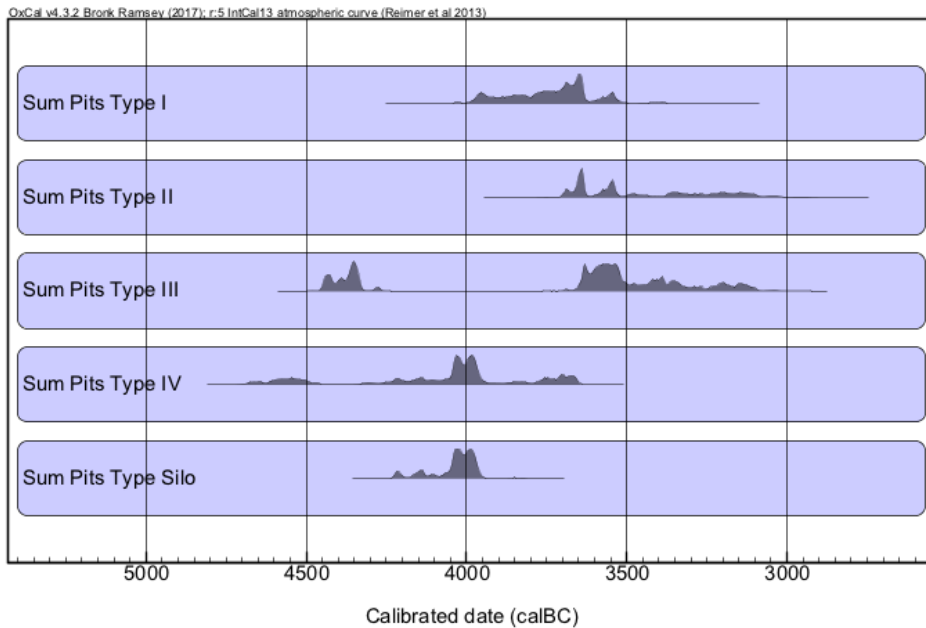


Figura 36. Suma de Distribuciones de probabilidad de los diferentes tipos de enterramientos en fosa (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

Sobre los enterramientos en cajas de piedra, la SDP (Figura 37.) sugiere que los tipos CMM y CMT se habrían distribuido aproximadamente a lo largo del mismo tiempo (en torno al 4000-3650 cal BC). Mientras que el tipo CMS lo habría hecho entre el 3950-3350 cal BC y el tipo CXS (basándonos en una fecha únicamente) en torno al 4050-4350 cal BC.

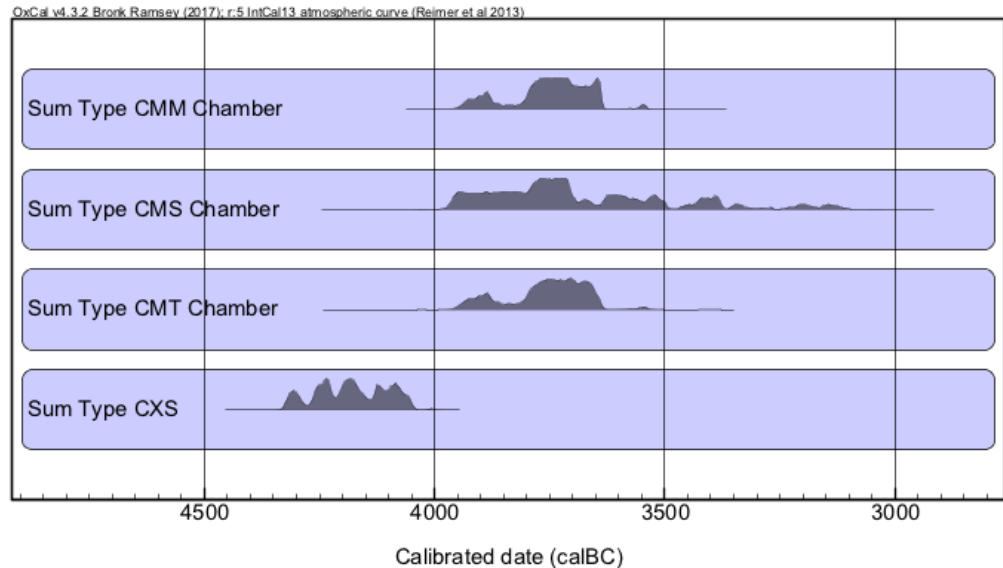


Figura 37. Suma de Distribuciones de Probabilidad de los diferentes tipos de enterramientos en cajas de piedra (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

También hemos analizado hasta qué punto los enterramientos de cada una de las tipologías fueron contemporáneos entre sí a través de la prueba de Chi-Cuadrado. Tal y como puede observarse en la tabl 9, hay dos grupos de cajas de piedra del tipo CMM que presentan distribuciones diferentes: uno se agrupa entre el 3700 y el 3640 cal BC, y otro entre el 3790-3710 cal BC. Sin embargo, la mayor parte pertenece a un mismo sitio (Ceuro I y II), por lo que estas coincidencias temporales serían debidas, hasta cierto punto, a este hecho.

En las cajas de piedra tipo CMS observamos un primer grupo entre el 3960 y el 3800 cal BC, un segundo entre el 3785 y el 3710 cal BC y un tercero entre el 3635 y el 3380 cal BC. Los dos primeros estarían representados por estructuras procedentes de diferentes sitios, mientras que el último estaría fundamentalmente representado por la “Costa Garrics de Caballo II”.

<b>Cajas de piedra tipo CMM Grupo 1: 3700-3640 cal BC (Acomb.90.8)</b>					
El Llord V	Llord Sep 5	LYON10588	4855	30	3705-3540 cal BC
Ceuró II	Ceuro II 8720-3	CNA2460.1.1	4915	35	3770-3654 cal BC
<b>Cajas de piedra tipo CMM. Grupo 2: 3790-3710 cal BC (Acomb.139.5)</b>					
Ceuró II	Ceuro II 8720-2	CNA2459.1.1	4965	35	3905-3655 cal BC
Feixa del Moro II	FM2	CNA2330.1.1	5025	45	3945-3710 cal BC
El Llord I	El Llord I	CNA2332.1.1	5000	45	3945-3670 cal BC
Ceuró I	Ceuro I 87191	CNA2457.1.1	4995	35	3940-3665 cal BC
Ceuró II	Ceuro II 8720-1	CNA2458.1.1	4970	35	3910-3660 cal BC
<b>Cajas de piedra tipo CMS. Grupo 1: 3960-3800 cal BC (Acomb. 99.3)</b>					
Povia	Estructura 1854	CNA2050.1.1	5072	33	3960-3795 cal BC
Feixa del Moro III	FM3	CNA2331.1.1	5095	45	3980-3790 cal BC
Megàlit del Bisbe	Estructura 1801	CNA3051.1.1	5109	33	3975-3800 cal BC
La Plana del Torrent	PT	UBAR625	5015	55	3955-3695 cal BC
<b>Cajas de piedra tipo CMS. Grupo 2: 3785-3710 cal BC (Acomb. 134.3)</b>					
La Plana del Torrent	PT	UBAR625	5015	55	3955-3695 cal BC
Solar III	III	CNA1643.1.1	4983	32	3930-3665 cal BC
Tomba del Moro	Estructura 1575	CNA3049.1.1	4965	34	3895-3655 cal BC
Costa dels Garrics de Caballol II	Cista 2	UBAR209	4860	90	3930-3375 cal BC
<b>Cajas de piedra tipo CMS. Grupo 3: 3635-3380 cal BC (Acomb. 97.4)</b>					
Costa dels Garrics de Caballol II	Cista 2	UBAR209	4860	90	3930-3375 cal BC

Costa dels Garrics de Caballol II	Garric 8566-1	CNA2461.1.1	4720	35	3635-3375 cal BC
Costa dels Garrics de Caballol II	Garric 8566-3	CNA2462.1.1	4725	35	3635-3375 cal BC
Serrat de les Tombes	Ind 1	CNA2673.1.1	4759	49	3645-3375 cal BC
<b>Fosas tipo Silo. Grupo 1: 4145-3960 cal BC (Acomb. 135.6)</b>					
Can Roqueta	E651	BETA189077	5220	50	4230-3955 cal BC
Els Cirerers	E16	Noreference	5205	40	4225-3950 cal BC
<b>Fosas Tipo I. Grupo 1: 4145-3960 cal BC (Acomb. 135.6)</b>					
Can Gambús 1	E110	UBAR900	4850	40	3710-3525 cal BC
Can Gambús E246 1	E246	UBAR902	4865	40	3760-3530 cal BC
<b>Fosas tipo III. Grupo 1: 3645-3385 cal BC (Acomb. 119)</b>					
Camí de Can Grau	CCG44	BETA120559	4790	50	3670-3380 cal BC
Camí de Can Grau	CCG38	BETA20561	4760	50	3645-3380 cal BC
<b>Fosas tipo IV. Grupo 1: 4045-3970 cal BC (Acomb. 95.9)</b>					
Can Gambús II	UF16	CNA2301.1.2	5200	35	4120-3955 cal BC
Bòbila Madurell	BM-G17	UBAR442	5310	90	4330-3975 cal BC
La Serreta	E60	BETA28061	5200	40	4225-3950 cal BC
<b>Fosas tipo IV. Grupo 2: 4220-3960 cal BC (Acomb. 107.9)</b>					
Bòbila Madurell	BM-G17	UBAR442	5310	90	4330-3975 cal BC

La Serreta	E60	BETA28061	5200	40	4225-3950 cal BC
Els Mallols	E114	UBAR583	5170	80	4230-3785 cal BC

Tabla 10. Grupos de enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” contemporáneos según las diferentes tipologías.

Por otro lado, cabe resaltar la presencia de dos silos con inhumaciones que se sitúan entre el 4145-3960 cal BC, tres fosas tipo IV que están entre el 4045 y el 3970 cal BC y otras tres fosas tipo IV que se localizan entre el 4220-3960 cal BC. Los resultados respecto a las fosas tipo I y tipo III no los consideramos significativos, puesto que en ambos casos las estructuras pertenecen a un mismo sitio (el sector “Can Gambús” de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambus” y la necrópolis de “Camí de Can Grau”, respectivamente).

A pesar de que los datos y los análisis estadísticos sugieren estas tendencias sobre la temporalidad de las diferentes tipologías de enterramientos, consideramos que es necesario un mayor número de dataciones para cada una de ellas. Para hacer lecturas e interpretaciones sólidas es necesario incidir en la datación de enterramientos en cajas de piedra tipo CMT y CXS y en la los enterramientos en fosa tipo I, de los que tan solo disponemos de una única fecha radiocarbónica.

No obstante, estos resultados preliminares muestran ciertos aspectos que consideramos interesantes. En el caso de los enterramientos en fosa, las diferentes SDP muestran que, mientras los enterramientos en fosa tipo IV (4700-3650 cal BC) y las inhumaciones en silo son los más antiguos (4200-4000 cal BC), los tipo II son los más recientes (3650-3000 cal BC). En relación con la contemporaneidad de las tipologías, no se aprecia ningún patrón especialmente significativo, por lo que no podemos considerar que un tipo concreto aparezca tan solo en un momento concreto de la fase.

Por su parte, con respecto a los enterramientos en cajas de piedra, todos los tipos aparecen aproximadamente en el mismo momento (alrededor del 3900 cal BC) y el tipo CMS es el último en desaparecer sobre el 3500 cal B y el CXS el más antiguo (Figura 36.).

Sin embargo, como ya hemos apuntado, solo disponemos de una única datación sobre este tipo, por lo que no consideramos este dato como indicativo.

Con respecto a su contemporaneidad, únicamente las estructuras tipo CMS parecen coincidir en tres momentos concretos. Aun así, es necesario un mayor número de dataciones radiocarbónicas para poder realizar afirmaciones de este tipo. En este caso, no hemos realizado ningún modelo bayesiano para evaluar las diferentes hipótesis sobre la cronología de los distintos tipos de enterramientos en cajas de piedra, ya que no era posible hacerlo con cierto rigor basándonos en tan pocos datos.

#### **5.1.5. Síntesis de los resultados.**

A modo de resumen, y siguiendo las preguntas planteadas en la introducción de este apartado, en primer lugar, podemos afirmar que no existe suficiente apoyo empírico en relación a las dataciones radiocarbónicas para considerar el Postcardial como una fase cronológica diferente al Neolítico Medio. Nuestros modelos sugieren que los enterramientos tradicionalmente asociados a ambos períodos pueden considerarse pertenecientes a una misma fase que se distribuiría entre el 4140-4075 y el 3630-3585 cal BC con una duración de entre 455 y 535 años aproximadamente. Contrariamente, sí podemos considerar las inhumaciones individuales adscritas al Epicardial como pertenecientes a una fase cronológica diferente, que se distribuye del 5000-4480 al 4425-4350 cal BC con una duración de entre 60 y 280 años. La transición entre ambos períodos sería continua en el tiempo, situándose alrededor del 4350 cal BC.

Consiguientemente, tal y como ya hemos señalado, en este trabajo utilizamos la terminología “Sepulcros de Fossa” para referirnos a todos los enterramientos individuales en fosa o cajas de piedra del Neolítico en el NE de la península Ibérica con independencia del período al que hayan sido tradicionalmente inscritos (Epicardial, Postcardial o Neolítico Medio). Asimismo, utilizamos el término “Neolítico Medio” únicamente para referirnos al intervalo de tiempo entre el 4140-4075 y el 3630-3585 cal BC, omitiendo la distinción tradicional entre la adscripción de los enterramientos al período Postcardial o Neolítico Medio.



Sobre la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa”, a pesar de que no todos los enterramientos adscritos a esta práctica funeraria fueron contemporáneos entre ellos, su distribución cronológica sí fue continua en el tiempo, y podemos situarla en torno al 4660-4475 / 3365-3175 cal BC y con una duración de entre 1110 y 1340 años aproximadamente.

El final de este fenómeno funerario, adscrito a lo que se conoce como Neolítico Final-Calcolítico, coincide con la aparición de los primeros enterramientos colectivos en estructuras megalíticas asociadas a nuevos tipos de materiales y artefactos. En estos nuevos enterramientos aparecen nuevos estilos cerámicos y desaparece la presencia de ciertas materias y artefactos de origen exógeno, caso del sílex melado, las hachas alpinas o la obsidiana. En el caso del utillaje lítico tallado aparecen otros tipos de sílex de diversa procedencia con la que se elaboran grandes láminas y puñales (Gibaja et al. 2010). Tal y como sugiere el Modelo Bayesiano de Cuatro Fases Superpuestas (Figura 35, Tabla 10 y *Annexes\_II: 5.5*), estas nuevas prácticas aparecerían entre el 3440-3105 cal BC y desaparecerían entre el 2600-2305 cal BC, teniendo una duración de entre 530 y 830 años.

Por lo que respecta a su tipología, los enterramientos en fosa aparecieron antes (4770-4500 cal BC) que los enterramientos en cajas de piedra (4230-4000 cal BC). Sin embargo, ambos tipos desaparecieron en el mismo momento, los enterramientos en fosa entre el 3495-3215 cal BC con una duración de entre 1030-1430 años y los enterramientos en cajas de piedra, entre el 3495-3215 cal BC con una duración de entre 540 y 840 años.

En relación a la distribución temporal y la contemporaneidad de las diferentes tipologías de enterramientos, sean en fosa o en cajas de piedra, solo hemos podido aportar algunos datos preliminares, ya que hemos contado con un escaso número de dataciones para cada uno de ellos. En este sentido, entre los enterramientos en fosa, únicamente se observa un cierto patrón en los de Tipo I, que se distribuye en torno al 4000-3650 cal BC, y en los de Tipo II, que lo hacen entre el 3650 y el 3000 cal BC. En el caso de las fosas de Tipo III, habría una discontinuidad temporal entre el 4300 y el 4000 cal BC y en el caso de los tipos IV y tipo silo, se distribuirían entre el 4700-3650 cal BC y el 4200 y el 4000 cal BC sucesivamente. En el caso de los enterramientos en cajas de piedra, los tipos CMM y CMT se habrían distribuido aproximadamente a lo largo del mismo momento (entre el

4000 y el 3650 cal BC), mientras que los del tipo CMS lo habrían hecho entre el 3950-3350 cal BC y el tipo CXS (basándonos en una fecha únicamente), en torno al 4050-4350 cal BC.

Sobre el grado de contemporaneidad de estos tipos, el mayor grupo estaría compuesto por las cajas de piedra tipo CMS, existiendo un primer grupo que coincidiría entre el 3960-3800 cal BC, un segundo entre el 3785-3710 cal BC y un tercero entre el 3635-3380 cal BC. Por otro lado, dos fosas tipo silo coincidirían entre el 4145-3960 cal BC, tres fosas tipo IV lo harían entre el 4045 y el 3970 cal BC y otras tres tipo IV lo harían entre el 4220-3960 cal BC. Sin embargo, tal y como hemos comentado, un mayor número de dataciones procedentes de cada tipo son necesarias para elaborar interpretaciones más sólidas en relación a la temporalidad de las diferentes tipologías de enterramientos en cajas de piedra y en fosa.

## **5.2. LA DISTRIBUCIÓN Y DINÁMICA TEMPORAL DE LOS MATERIALES QUE ESTÁN CONFIADOS EN LOS AJUARES DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA” Y QUE SON DE ORIGEN EXÓGENO O HAN REQUERIDO UNA IMPORTANTE INVERSIÓN DE TRABAJO EN SU OBTENCIÓN Y ELABORACIÓN.**

### **5.2.1. Introducción**

Tal y como ya hemos abordado a lo largo de este trabajo, una de las particularidades tradicionalmente más destacadas del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” es la presencia de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración. Este es el caso del sílex melado procedente probablemente del sureste de Francia ( Vaquer & Guilaine 1990; Gibaja 2002; Terradas & Gibaja 2002; Gassin et al. 2010; Gibaja & Terradas 2012; Gibaja & Terradas 2012; Vaquer et al. 2013), de las hachas y azuelas pulimentadas sobre jadeíta y eclogita alpina, anfibolita de los Pirineos o fibrolita del macizo central francés (Bosch 1984; Masclans 2017; Masclans et al.2017), de la variscita procedente de las minas de “Gavà-Can Tintorer” en la costa barcelonesa (Blasco et al. 1992; Domínguez-Bella & Bóveda 2011; Oliva 2015), de los vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada”, cuyos paralelos morfológicos nos retrotraen a evidencias neolíticas del norte de Italia (Clop & Álvarez 2009; Vaquer & Léa 2011) e, incluso, de algunas láminas y un núcleo de obsidiana procedentes del macizo volcánico “Monte Arci” de Cerdeña (Gibaja et al. 2014A; Terradas et al. 2014).

Los enfoques cronotipológicos han explicado tradicionalmente el horizonte de los “Sepulcres de Fossa” como una unidad cultural homogénea, caracterizada por enterramientos individuales en fosa o en cajas de piedra, parte de cuyos ajuares está elaborada con tales materias primas (Ripoll & Llongueras 1963; Galy 1964; Muñoz 1965 Ripoll & Llongueras 1963). Aunque, tal y como hemos comentado en el *capítulo 2*, estas interpretaciones se fundamentaban en trabajos muy fragmentados, basados en el estudio de pocos yacimientos, lo cierto es que esta visión del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” como un paquete cronotipológico ha perdurado hasta nuestros días.

Gracias a la nueva batería de dataciones radiocarbónicas realizadas en el marco del proyecto, en este trabajo también hemos querido averiguar si realmente la presencia de estos objetos/materias primas representados en los ajuares fue constante a lo largo de todo el horizonte. Por otro lado, también hemos analizado su distribución cronológica con el objetivo de intentar determinar si todos ellos se documentan en el mismo momento y durante todo el período. La idea de fondo era intentar responder hasta qué punto podemos hablar de una unidad cultural en relación a los “Sepulcros de Fossa”.

### **5.2.2. Resultados**

Los resultados obtenidos a partir de la Suma de Distribuciones de Probabilidad (Figura 38) indican que los enterramientos en fosa y cajas de piedra en los que no se evidencian ajuares confeccionados con los materiales antes citados se sitúan entre el 4050 y el 3500 cal BC. Por el contrario, en aquellos en los que sí se documentan están entre el 4050 y el 3550 cal BC.

Además, a partir del 3800 cal BC habría una mayor representación de los enterramientos con uno o más de artefactos elaborados con esas materias, que empezarían a desaparecer a partir del 3700 cal BC, haciéndolo bruscamente alrededor del 3600 cal BC. Por su parte, en torno al 4000 cal BC, los enterramientos con ausencia de estos materiales disminuirían drásticamente y recuperarían su mayor representatividad a partir del 3750 cal BC. Finalmente, en torno al 3600 cal BC también desaparecerían de forma brusca.

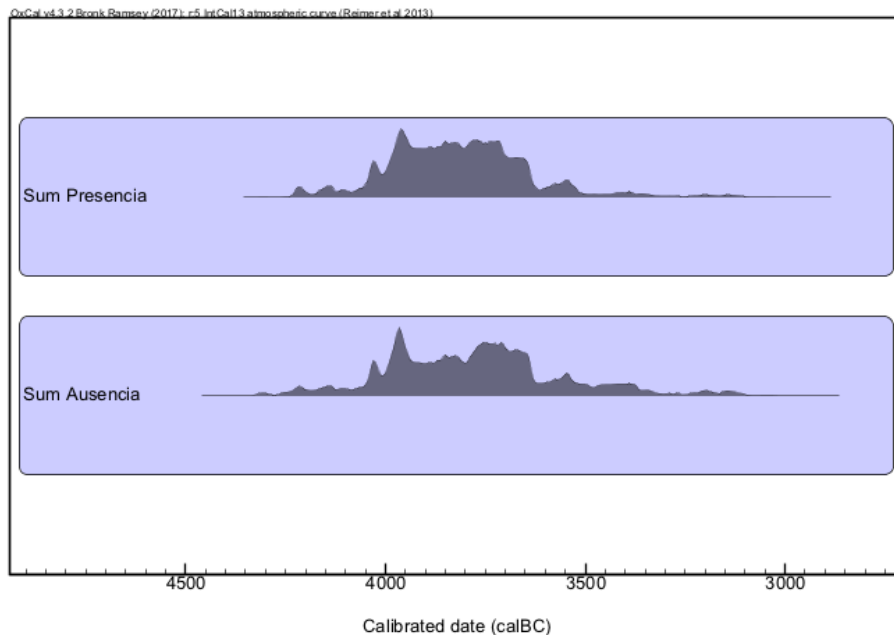


Figura 38. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” con presencia y ausencia en sus ajuares de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración.

A continuación, hemos repetido el mismo análisis sin tener en cuenta las dataciones procedentes de la “Bòbila Madurell-Can Gambús” (Figura 38). De las 156 dataciones analizadas, un total de 46 (29’48%) procedían de esta necrópolis, por lo que queríamos evitar que una posible sobrerrepresentación de este contexto pudiera influir en la tendencia de los resultados. En este sentido, los resultados no son muy diferentes (figura 39), a excepción de que existe una diferencia muy significativa en relación a la mayor probabilidad de concentración de enterramientos con ausencia y presencia de los materiales entre el 3950 y el 3800 cal BC. Así pues, como en el caso anterior, existieron enterramientos con y sin uno o más de estos artefactos a lo largo de aproximadamente todo el horizonte.

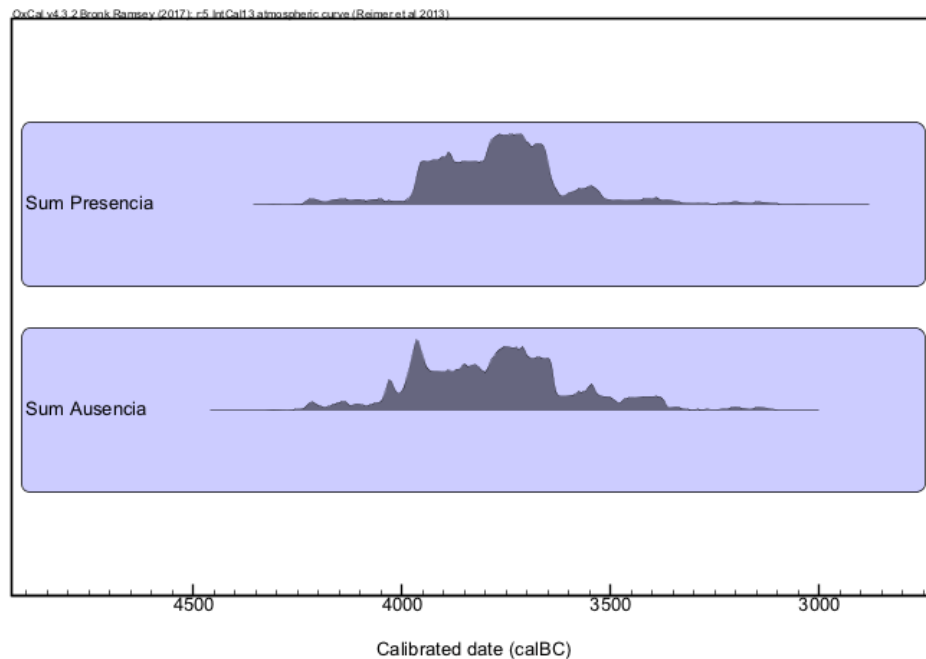


Figura 39. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” con presencia y ausencia en sus ajueres de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración, exceptuando las disponibles de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús”.

Los trabajos a microescala realizados para la necrópolis de la “Bòbila Madurell-Can Gambús” (*capítulo 5: 2.3* y Gibaja et al. 2017C), que expondremos a continuación más detalladamente, sugerían la posibilidad de que estos materiales no aparecieran hasta que la presencia de los enterramientos individuales en fosa empezaba a ser más recurrente. Es decir, en primer lugar aparecería la tipología funeraria y *a posteriori* las redes de intercambio asociadas a la circulación de tales materias y objetos. Esta hipótesis no coincidía con la propuesta por las SDP presentadas anteriormente, por lo que quisimos probarla con un Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas (*Annexes II: 5.10*). El modelo ha presentado una consistencia estadística muy baja con los datos (*Amodel index: 62 Aoverall index: 59.2*), que no consideramos suficiente para poder validar la hipótesis sobre todos los enterramientos de este período. Así pues, a modo de resumen, nos apoyaríamos en las distribuciones planteadas por la SDP, que sugieren que existieron

enterramientos con y sin uno o más de estos artefactos en sus ajuares durante aproximadamente todo el horizonte.

En relación a cada uno de los materiales (Figura 40):

*-Presencia:* la SDP sugiere que el sílex melado estaría presente en los ajuares de los enterramientos entre el 4050 y el 3560 cal BC. La variscita también se distribuiría entre el 4050 y el 3560 cal BC, sin embargo entre el 3800 y el 3560 cal BC existiría una mayor probabilidad de concentración de las dataciones. Por otro lado, las hachas y azuelas se distribuirían entre el 3950 y el 3700 cal BC, existiendo un descenso de la probabilidad de concentración de las dataciones disponibles entre el 3900 y el 3800 cal BC. Finalmente, los vasos de boca cuadrada se encontrarían entre el 4050 y el 3650 cal BC, con una concentración considerable de los intervalos de probabilidad de las dataciones entre el 3700 y el 3650 cal BC.

*-Ausencia:* Por lo que respecta a las ausencias, vemos que, en el caso del sílex melado y la variscita, las distribuciones cronológicas coinciden con las de los enterramientos en los que sí están presentes, por lo que coincidirían con la hipótesis planteada anteriormente sobre el hallazgo de enterramientos con y sin este tipo de ajuares a lo largo de todo el horizonte. La ausencia de las hachas y azuelas, así como de los vasos de boca cuadrada, sin embargo, sería mucho más constante que su presencia, extendiéndose a lo largo de toda la distribución (entre el 4000 y el 3600 cal BC aproximadamente).

Como en el caso anterior, hemos repetido las SDP sin tener en cuenta las dataciones procedentes de la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús” con el fin de evitar una posible sobrerrepresentación de fechas que pudiera influir en la tendencia de los resultados. Tal y como podemos observar en el gráfico de la figura 41, existen algunas diferencias con respecto a la distribución anterior:

*-Presencia:* por lo que respecta al sílex melado, estas diferencias no serían muy significativas, distribuyéndose entre el 3950 y el 3650 cal BC. La variscita lo haría entre el 3950 y el 3500 cal BC, presentando una mayor probabilidad de concentración de sus dataciones entre el 3800 y el 3700 cal BC. Existirían diferencias bastante significativas en el caso de las hachas y azuelas, que tan solo estarían presentes de forma muy puntual entre el 4050 y el 3950, y en el de los vasos de boca cuadrada, que se encontrarían entre el 3800 y el 3600 cal BC con un pico significativo de mayor probabilidad de concentración de las dataciones entre el 3700 y el 3600 cal BC.

*-Ausencia:* Finalmente, en relación a las distribuciones de la ausencia de estos materiales en los ajuares de los enterramientos, no existirían diferencias importantes a tener en cuenta entre las dos distribuciones de probabilidad analizadas.

### **5.2.3. Síntesis y observaciones.**

Así pues, a modo de resumen, podríamos concluir que a lo largo de todo el Neolítico Medio existen enterramientos tanto con la presencia como con la ausencia en sus ajuares de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo. Concretamente, los dos tipos de ajuar se distribuirían cronológicamente entre 3950 y el 3650 cal BC. A partir de este momento el número de concentración de las fechas en los intervalos temporales posteriores decaería hasta prácticamente desaparecer.

Estos resultados coinciden con los presentados para la necrópolis de Camí de Can Grau (3960-3370 cal BC) que, tal y como ya hemos comentado, es considerada un ejemplo del momento en el que el tipo de prácticas funerarias características de este momento empieza a desaparecer (Morell et al. 2018B).

Por otro lado, en relación a la distribución temporal de cada uno de los materiales, podríamos establecer tres grupos que podrían corresponder a tres redes de intercambio distintas: por un lado tendríamos el sílex melado, que se distribuiría entre el 3950-3650 cal



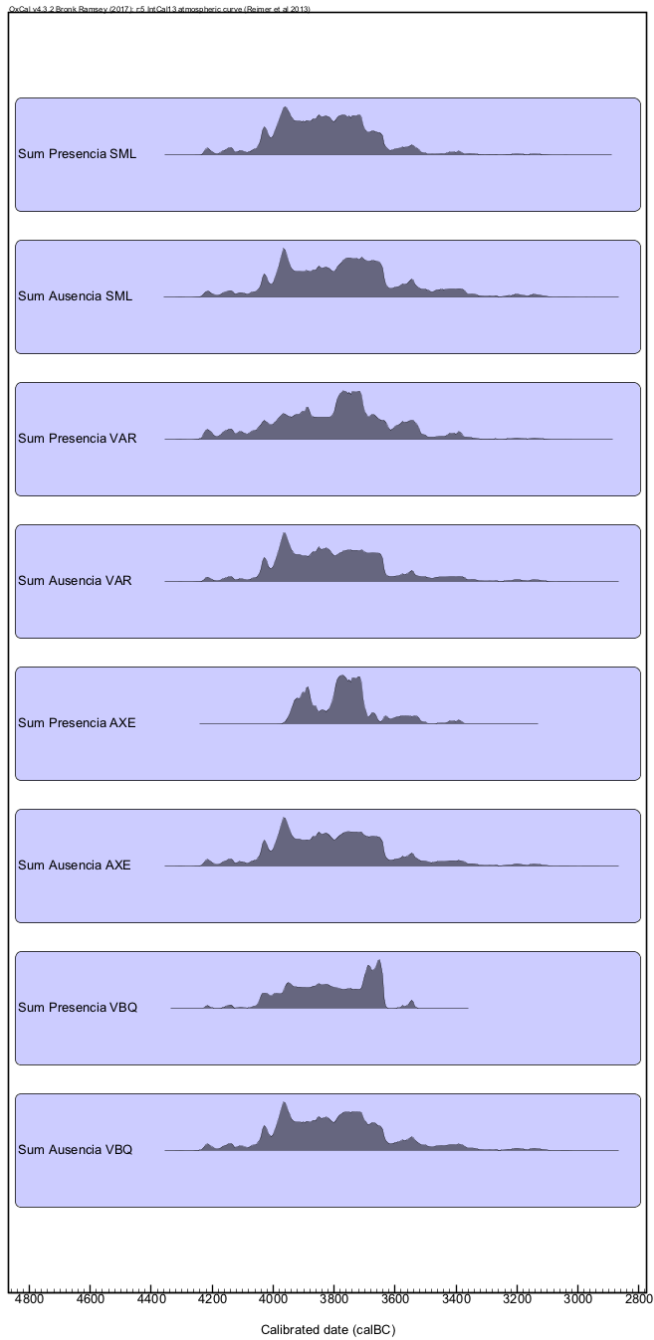


Figura 40. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” diferenciando la presencia y ausencia de sílex melado (SML), variscita (VAR), hachas y azuelas de jadeíta, eclogita, anfíbolita o fibrolita (AXE) y vasos de boca cuadrada (VBQ) en sus ajuares.

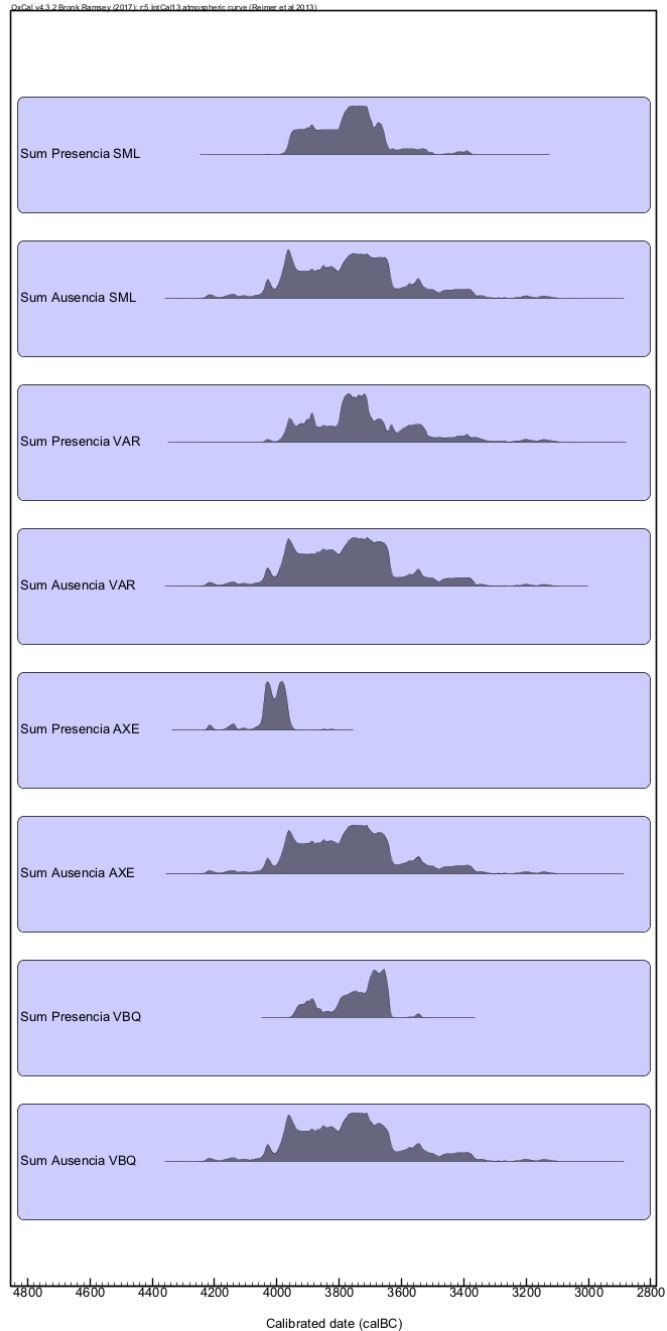


Figura 41. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” diferenciando la presencia y ausencia de sílex melado (SML), variscita (VAR), hachas y azuelas de jadeíta, eclogita, anfíbolita o fibrolita (AXE) y vasos de boca cuadrada (VBQ) en sus ajuares, exceptuando las disponibles para la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús”.

BC y el 3950 y el 3500 cal BC respectivamente, los vasos de boca cuadrada, que lo harían entre el 3800 y el 3600 cal BC y, por último, las hachas y azuelas, que aparecerían de forma muy puntual entre el 4050 y el 3950 cal BC.

Estos datos contradecirían los enfoques cronotipológicos tradicionales (Galy 1964; Muñoz 1965; Ripoll & Llongueras 1963) que, tal y como hemos comentado anteriormente, explicaban los “Sepulcros de Fossa” como una unidad cultural homogénea, en la que estos materiales eran los distintivos. Los resultados planteados en este trabajo, no obstante, cuestionan estas explicaciones, ya que, a pesar de que la presencia de estos materiales sí fue recurrente a lo largo de todo el horizonte, también lo fue su ausencia, por lo que no sería posible hablar de una unidad cultural homogénea. Asimismo, estos resultados abrirían la posibilidad de otros enfoques explicativos interesantes, que ya han sido planteados por otros investigadores/es que han centrado sus estudios en el análisis de la industria lítica tallada (Gibaja 2003), en el utillaje lítico macrolítico (Masclans 2017) y en la representatividad y tipología de los ajuares en función del sexo y la edad de los individuos (Duboscq 2017). Tales estudios sugieren que no todos los integrantes de estas comunidades tendrían acceso a estos recursos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo, de tal modo que respaldarían los resultados cronológicos que hemos presentado.

Finalmente, el hecho de que la distribución temporal de estos materiales no sea la misma en todos los casos, siendo la presencia de la variscita y del sílex melado recurrente a lo largo de todo el horizonte y la presencia de los vasos de boca cuadrada y las hachas y azuelas bastante puntual, abre una nueva posible hipótesis explicativa en torno a los intercambios a larga distancia asociados a estas comunidades. En este sentido, los resultados obtenidos a través de los análisis realizados sugerirían que quizá, a diferencia de lo que tradicionalmente se había planteado, estos materiales podrían no formar parte de una misma red de intercambio y que no todos los contactos cuyo resultado proveerían de tales materiales a la comunidad se producirían en el mismo intervalo de tiempo.

### **5.3. LA CRONOLOGÍA DE LA NECRÓPOLIS PARADIGMÁTICA DEL HORIZONTE DE LOS “SEPULCRES DE FOSSA”: LA “BÒBILA MADURELL-CAN GAMBÚS”.**

#### **5.3.1. Introducción**

La necrópolis de la “Bòbila Madurell-Can Gambús” es uno de los cementerios más significativos del Horizonte de los “Sepulcres de Fossa”, en el que se han documentado un total de 179 enterramientos (Allièse 2016; Martin et al.1996 & 2017; Roig & Coll 2010; Roig et al.2010). Probablemente existieron más, pero no podemos decir el número exacto, pues en las excavaciones antiguas de principios del siglo XX seguramente no se registraron o destruyeron algunas estructuras.

Una carretera divide el sitio en dos sectores: “Bòbila Madurell” en la parte sur y Can Gambús” en la parte norte. La discontinuidad espacial, las diferencias topográficas entre ambos sectores y el hecho de que tan solo individuos adultos han sido hallados en el sector “Can Gambús”, mientras que en sector “Bòbila Madurell” también se han encontrado individuos infantiles y estructuras domésticas, ha sugerido a los investigadores que quizá los dos sectores correspondían a ocupaciones distintas. Sin embargo, hasta la nueva batería de dataciones radiocarbónicas impulsada por el proyecto dirigido por el Dr. Juan F. Gibaja, no se disfrutaba de un número suficiente de fechas para poder probar estas hipótesis, motivo por el cual hemos querido abordarlas en esta tesis.

#### **5.3.2. Resultados**

En primer lugar, tanto la SDP (Figura 42) como el Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua (Figura 43 y *Annexes\_II: 5.11*) sugieren que no hubo discontinuidades temporales entre los dos sectores. Por un lado, la SDP propone que la necrópolis se distribuiría entre el 4250 y el 3500 cal BC, mientras que el Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua, con un nivel alto de concordancia con los datos analizados (*Amodel index: 105.7* y *Aoverall index: 104*), plantea una cronología en torno al 4100-4015 y el 3655-3560 cal BC y una duración de entre 365 y 485 años.

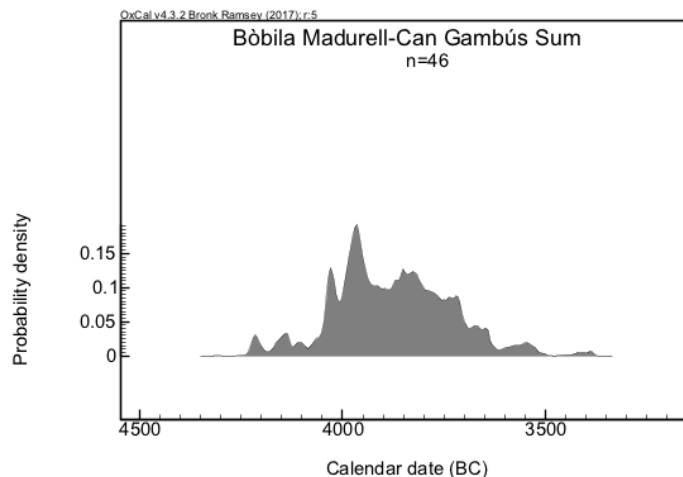


Figura 42. Suma de Distribuciones de Probabilidad del total de dataciones analizadas de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús”.

A continuación, hemos realizado una SDP distinta para cada uno de los grupos de dataciones procedentes de los dos sectores con la idea de visualizar si presentaban diferencias en sus distribuciones. Tal y como puede observarse en la figura 44, el sector “Bòbila Madurell” parecería iniciarse y terminarse un poco antes que el sector “Can Gambús”, aunque ambas distribuciones coincidirían en un intervalo importante de tiempo (entre el 4000 y el 3700 cal BC aproximadamente).

Esta hipótesis ha sido probada a partir de un Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas (Figura 45 y *Annexes\_II: 5.12*), que ha confirmado que el sector “Bòbila Madurell” empezó y dejó de utilizarse un poco antes (4130-4010/3765-3615 cal BC) que el sector “Can Gambús” (4115-3980/3640-3490 cal BC). En relación a la duración, el modelo plantea que el sector “Bòbila Madurell” tuvo una duración de entre 255-435 años, mientras que “Can Gambús”, de entre 341-500 (*Amodel index: 95.1 y Aoverall index: 91.6*).

Debemos mencionar que el modelo sugiere que uno de los enterramientos del sector “Bòbila Madurell” es significativamente anterior al resto de enterramientos del sector ( la datación de este enterramiento está señalada en rojo en el gráfico de la figura 45),

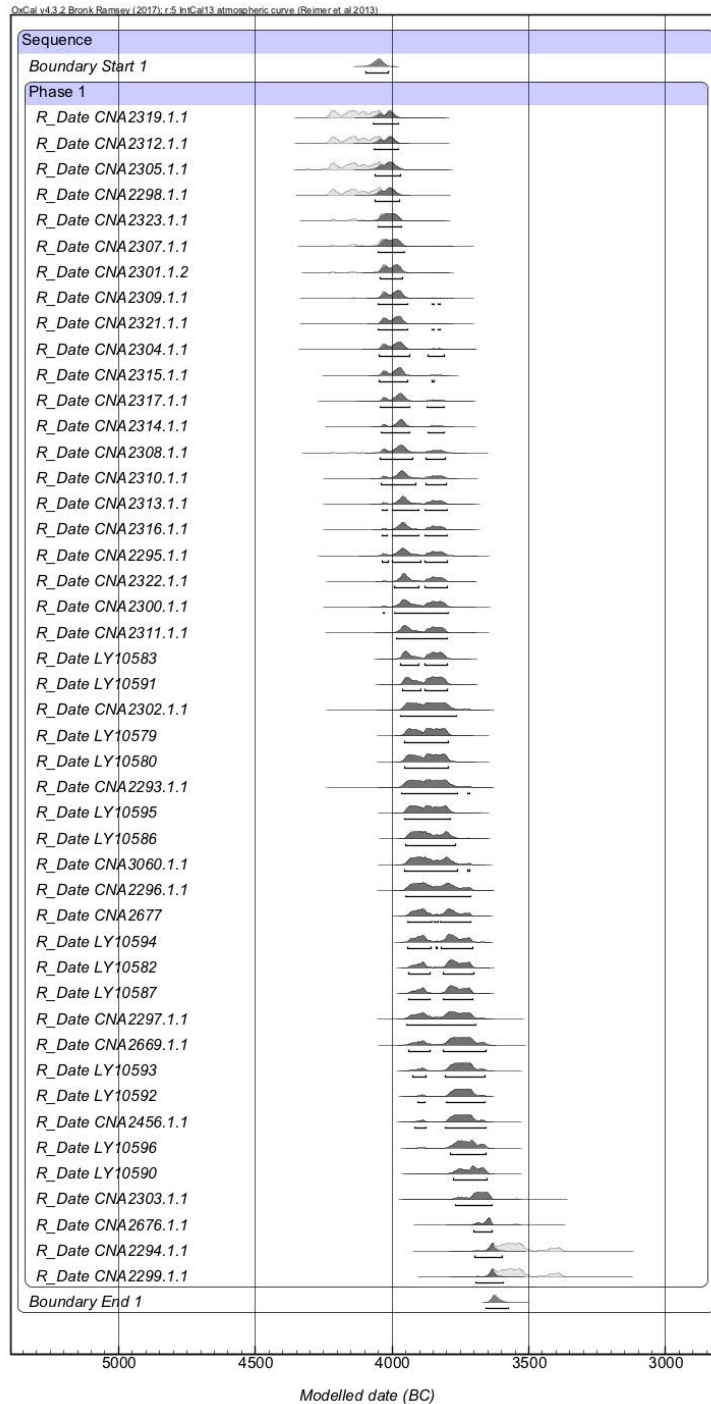


Figura 43. Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua de las dataciones analizadas de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).

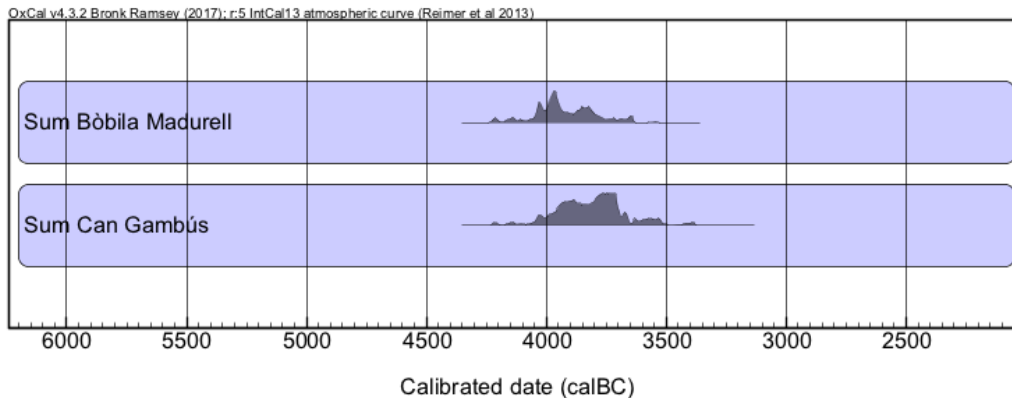


Figura 44. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones analizadas de los sectores “Bòbila Madurell” y “Can Gambús”.

marcando su datación como un *outlier* (CNA2676.11  $4857 \pm 33$ ). Si repetimos el modelo omitiendo esta datación, el índice de concordancia es notablemente mayor (*Amodel index*: 110 y *Aoverall index*: 109.8). Este dato es relevante, ya que este enterramiento (D55) fue hallado en una zona relativamente periférica del sector, fue excavado durante los años 30 del s.XX y resulta difícil atribuir sus restos óseos a una estructura funeraria bien definida, por lo que sus resultados deben tomarse con cautela. Si el dato fuera correcto, reforzaría la continuidad temporal en el uso del yacimiento (sector de “Bòbila Madurell”).

La hipótesis inicialmente sugerida por la SDP también ha sido corroborada por los resultados de un Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas (Figura 46., Tabla 12. y *Annexes\_ II: 5.13*) que, como en los casos anteriores, ha ceñido los límites temporales de la necrópolis utilizando las dataciones de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1) y en cuevas e hipogeos de Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) documentados en el NE peninsular. Los resultados de este modelo (Tabla 12.) coinciden con los del modelo anterior, sugiriendo una cronología para esta necrópolis entre el 4100-4010 y 1 3650-3575 cal BC y una duración de 365-470 años (*Amodel index*: 98.4 y *Aoverall index*: 100.4).

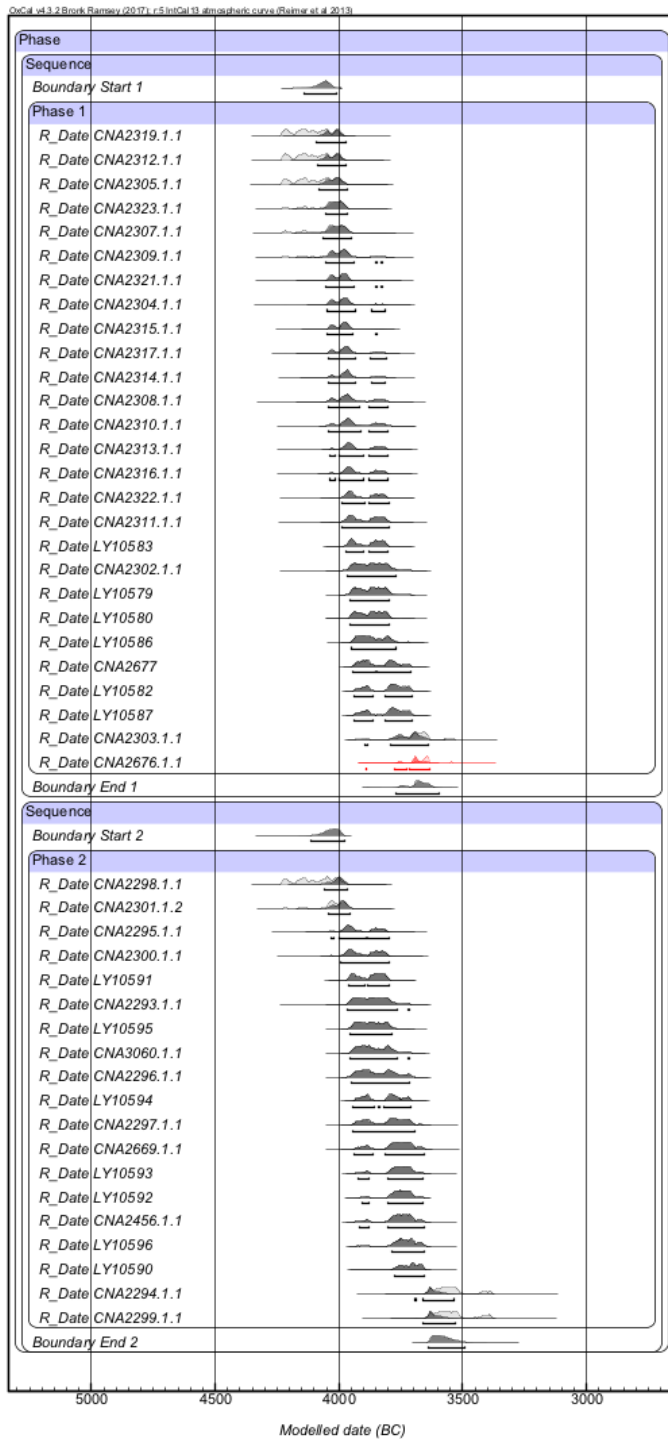


Figura 45. Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas de las dataciones radiocarbónicas disponibles para los sectores “Bòbila Madurell” (Fase 1) y “Can Gambús” (Fase 2) (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).



	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>Enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo</b>	5680-5380 cal.BC	4945-4595 cal.BC	460-695
<b>Bòbila Madurell-Can Gambús (Neolítico Medio)</b>	4100-4010 cal.BC	3665-3575 cal.BC	365-470
<b>Enterramientos en cuevas e hipogeos Neolítico Final- Calcolítico</b>	3440-3110 cal.BC	2600-2325 cal.BC	540-835

Tabla 11. Resultados del Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (Fase 2) y de enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) del NE de la Península ibérica (tabla procedente de: Gibaja et al. 2017C).

En relación a la presencia de esas materias primas exógenas en los ajuares de los enterramientos de la necrópolis, así como de aquellas que han requerido de un tiempo de trabajo considerable en su consecución, el enterramiento más antiguo del sector “Bòbila Madurell” presenta algunos de estos materiales, por lo que consideramos que estas redes de intercambio se encontraron en funcionamiento desde los inicios de la necrópolis (en torno al 4180 cal BC). Las figuras 47 y 48 visualizan la continuidad cronológica de estos materiales hasta el 3550 cal BC. En este caso, no hemos tenido en cuenta los vasos de tipo boca cuadrada, ya que nos interesaba centrarnos en aquellos materiales que sí podemos afirmar que tienen un origen exógeno. Tal y como hemos comentado en la introducción del *capítulo 1*, los estudios sobre las materias primas de estos vasos han demostrado que su producción fue local (Cubas et al. 2017).

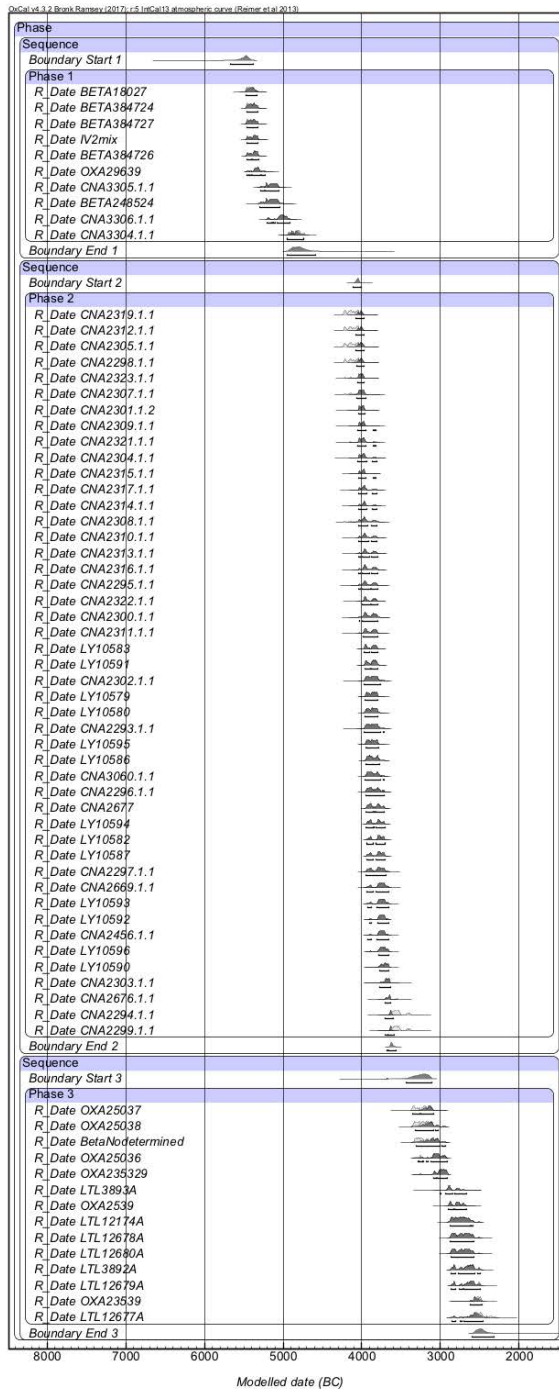


Figura 46. Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de las dataciones radiocarbónicas procedentes de enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús” (Fase 2) y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) del NE de la Península ibérica (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).

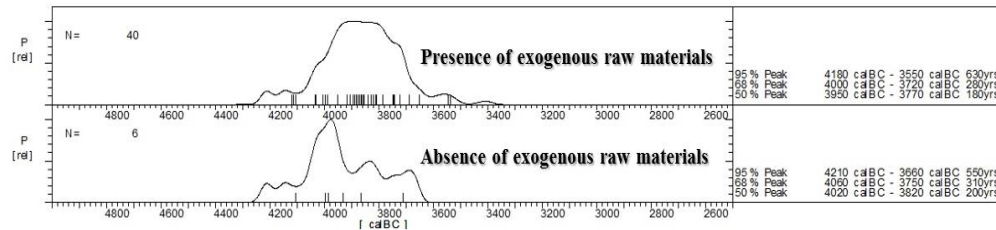


Figura 47. Sumas de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos con presencia (4180-3550 cal BC) y ausencia (4210-3660 cal BC) de artefactos y materias primas de origen exógeno de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).

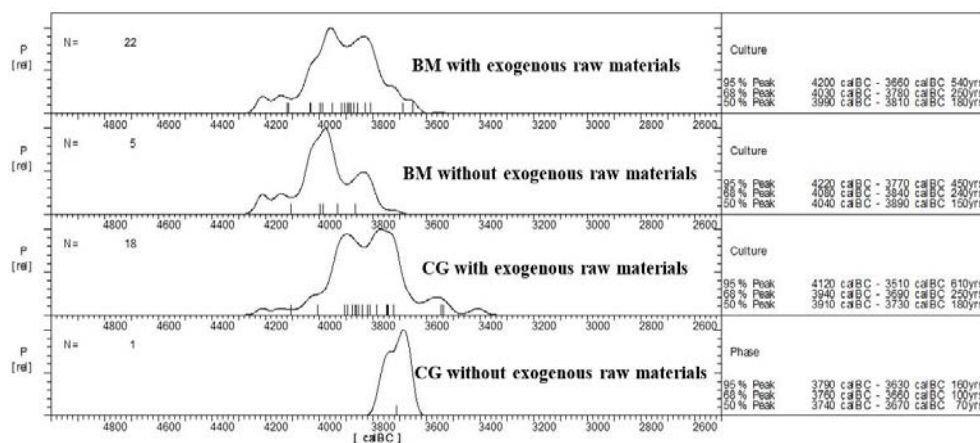


Figura 48. Sumas de Distribuciones de Probabilidad de la presencia y ausencia de los artefactos y materias primas de origen exógeno en los diferentes sectores de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).

Si profundizamos un poco más en la distribución planteada por la SDP, vemos que la mayoría de los enterramientos con presencia de tales materiales se concentra en un intervalo más corto (4000-3800 cal BC), que podríamos interpretar como el momento en el que el volumen de intercambio de estas materias y artefactos fue mayor. Contrariamente,

a partir del 3700 cal BC la frecuencia de estas redes empezaría a disminuir, ya que su presencia comienza a ser menor.

A partir de estos datos hemos querido probar la hipótesis sobre si sería posible diferenciar tres fases en esta necrópolis en función de la presencia y ausencia de estos materiales y artefactos:

*-Fase 1:* sería la fase más antigua de la necrópolis compuesta por los enterramientos pertenecientes al sector “Bòbila Madurell”, en cuyos ajuares están ausentes estos artefactos y materiales.

*-Fase 2:* representada por los enterramientos pertenecientes a ambos sectores con la presencia de estos materiales y que corresponderían al momento de mayor intensidad de las redes de intercambio.

*-Fase 3:* estaría representada por el único enterramiento (especialmente tardío) del sector “Can Gambús”, en el que tampoco se ha documentado ninguno de estos artefactos y materiales.

Esta hipótesis ha sido testada a través de un Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas (Figura 49, Tabla 11 y *Annexes\_II: 5.14*), que ha mostrado un alto nivel de concordancia con los datos (*Amodel index: 108* y *Aoverall index: 108.8*). Los resultados plantean que el inicio de estas redes de intercambio sería posterior a los primeros usos de la necrópolis y al modelo de práctica funeraria en fosa y, habitualmente, con una única inhumación. La presencia de estos materiales y artefactos, entre el 4100 y el 4005 cal BC, habría empezado a disminuir a partir del 3655-3550 cal BC en adelante.

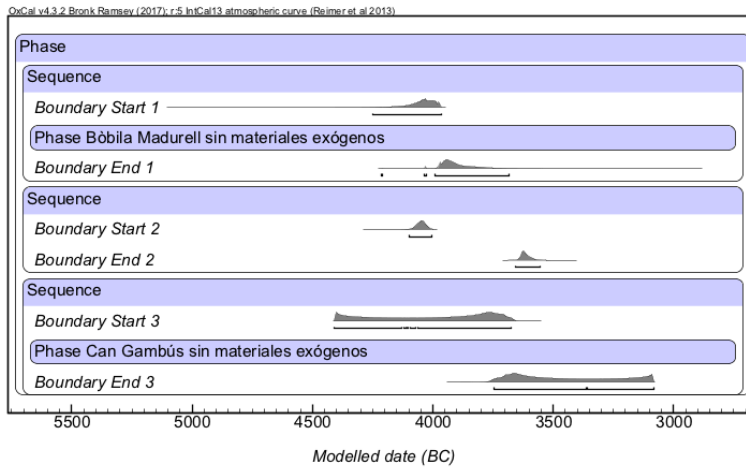


Figura 49. Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de la cronología de la presencia y ausencia de materias primas y artefactos de origen exógeno en la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús”.

	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>Enterramientos del sector “Bòbila Madurell” con ausencia de los materiales y artefactos exógenos</b>	4215-3960 cal BC	3995-3715 cal BC	0-230
<b>Enterramientos de los sectores “Bòbila Madurell” y “Can Gambús” con presencia de los materiales y artefactos exógenos.</b>	4100-4005 cal BC	3655-3550 cal BC	358-484
<b>Enterramiento tardío del sector “Can Gambús” con ausencia de los materiales y artefactos exógenos</b>	4230-3985 cal BC	3762-2694 cal BC	230-540

Tabla 12. Resultados del Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de la cronología de la presencia y ausencia de materias primas y artefactos de origen exógeno en la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (tabla procedente de: Gibaja et al. 2017C).

Por lo que respecta a cada material en particular, la SDP (Figura 50.) sugiere que el sílex melado y la variscita aparecen de manera significativa en torno al 4000 cal BC, mientras que las hachas y azuelas lo harían un poco más tarde, en torno al 3900 cal BC, por lo que quizá podrían corresponder a una red de intercambio distinta o a la inclusión de estos nuevos bienes entre el conjunto de materias que las comunidades humanas estaban moviendo. Todos los materiales, sin embargo, desaparecen en el mismo momento, en torno al 3655-3550 cal BC, por lo que no se trataría de la desaparición de un único recurso, sino del colapso de toda la red de intercambio.

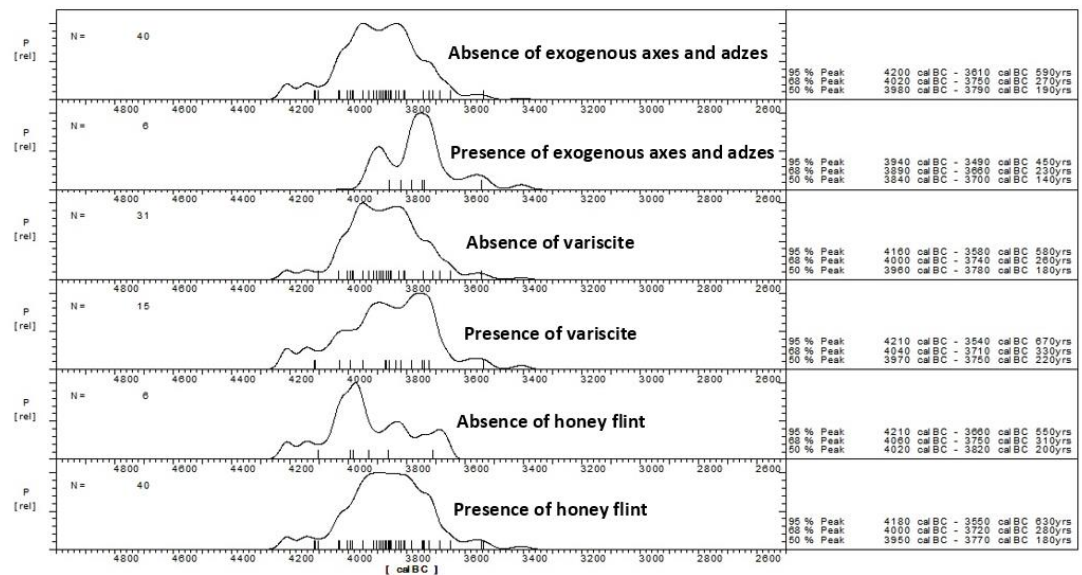


Figura 50. Sumas de Distribuciones de Probabilidad de la presencia de cada uno de los materiales y artefactos analizados (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).

### 5.3.3. Síntesis y observaciones

Así pues, a modo de resumen, podemos concluir que ambos sectores pueden considerarse estadísticamente pertenecientes a un único cementerio y ocupación. El uso de

la necrópolis se inició entre el 4100 y el 4015 cal BC y finalizó entre el 3655 y el 3560 cal BC, teniendo una duración de entre 365 y 485 años.

Por otro lado, el sector “Bòbila Madurell” empezó a utilizarse un poco antes que el sector “Can Gambús” (4130-4010/3765-3615 cal BC), que fue el último en dejar de ser utilizado (4115-3980/3640-3490 cal BC).

Sobre los materiales y artefactos de origen exógeno, el sílex melado y la variscita aparecieron de forma significativa en el mismo momento, alrededor del 4000 cal BC, mientras que las hachas y azuelas lo hicieron un poco más tarde, en torno al 3900 cal BC. No obstante, todos los materiales y artefactos exógenos desaparecieron en el mismo momento, entre el 3655 y el 3500 cal BC, hecho que plantea que el colapso repentino afectaría del mismo modo a todas las redes de intercambio.

Finalmente, los datos en relación al inicio y final de la ocupación neolítica de la necrópolis pueden estar vinculados al crecimiento y decrecimiento de las redes de intercambio asociadas a la práctica funeraria de los “Sepulcros de Fossa”. Tal y como propone el Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas (Figura 49, Tabla 11 y *Annexes II: 5.14*), si bien la aparición significativa de estos materiales fue progresiva entre el 4100 y el 4005 cal BC, (coincidiendo en el mismo momento enterramientos con su presencia y su ausencia), no fue así en relación a su desaparición, que fue súbita entre el 3655-3550 cal BC.

Esta última distribución coincide con los resultados obtenidos para la necrópolis de Camí de Can Grau (Morell et al. 2018B). Tal y como ya hemos comentado, ha sido interpretada como una de las últimas necrópolis del fenómeno. En la figura 51 podemos ver que la ausencia de estos materiales es constante a lo largo de la vida de la necrópolis, entre el 3970 y el 3360 cal BC, siendo su presencia muy puntual entre el 3790-3560 cal BC.

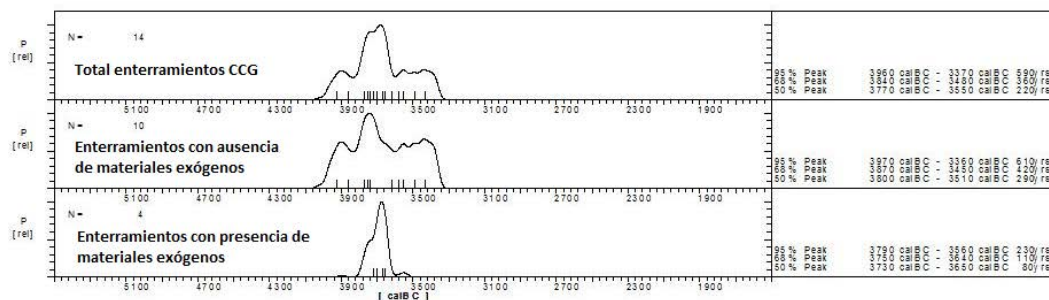


Figura 51. Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones disponibles de la necrópolis de Camí de Can Grau diferenciando el total de enterramientos fechados, de aquellos con presencia o ausencia en sus ajuares de los materiales analizados (figura procedente de: Morell et al. 2018B).

Finalmente, el final del uso neolítico de la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús” (3665-3575 cal BC) no coincidiría con el final de la práctica funeraria de los “Sepulcros de Fossa” en el resto de territorio. Tal y como hemos comentado anteriormente, no será hasta el 3485-3239 cal BC que este tipo de enterramientos desaparecerá.

#### 5.4. LAS RELACIONES TEMPORALES ENTRE EL HORIZONTE DE LOS “SEPULCROS DE FOSSA” Y LOS ENTERRAMIENTOS NEOLÍTICOS DEL SUR DE FRANCIA Y SUIZA CON LOS QUE COMPARTEN NUMEROSAS SIMILITUDES.

##### 5.4.1. Introducción

Tal y como hemos abordado en el *capítulo 1* de este trabajo, una de las particularidades más interesantes del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” es su similitud con otros patrones funerarios neolíticos documentados en el sureste de Francia (el horizonte “Chasséen”) y Suiza (el horizonte “Chamlandes”). Estos paralelismos se refieren al tipo de estructura funeraria, al número de individuos enterrados o a la presencia en los ajuares de las mismas materias primas (sílex melado, variscita, obsidiana, rocas metamórficas de origen alpino y/o vasos de tipo boca cuadrada) (Tarrús 2002 ; Moinat & Chambon 2007; Schmitt 2015; Vaquer 2007 & 2014; Vaquer & Léa 2011; Vaquer et al. 2012; Zémour 2013).



Los programas de dataciones radiocarbónicas realizados durante la última década en Suiza y Francia sugieren que el intervalo cronológico en que se inscribirían estas estructuras funerarias sería entre el 4700 y el 4000 cal BC (Gely 2005; Moinat & Chambon 2007). Sin embargo, hasta la realización de la nueva batería de dataciones radiocarbónicas realizadas en el proyecto en que se enmarca este trabajo, la cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” no había sido del todo definida, por lo que era difícil describir e interpretar el desarrollo de estas conexiones entre las diferentes regiones.

A partir de los nuevos datos, así como de la recopilación de todos aquellos que ya habían sido publicados (ver *capítulo 3*), hemos intentado determinar si se trató de un fenómeno común que ocurrió en el mismo momento en todas las regiones o si, contrariamente, fue una práctica escalonada en el tiempo y el espacio (Morell et al. 2018<sup>a</sup> & Morell 2018B).

#### **5.4.2. Resultados**

Siguiendo el esquema de análisis que hemos utilizado en las otras cuestiones abordadas, en primer lugar, la SDP de los enterramientos neolíticos de Francia y Suiza y de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del NE de la Península ibérica (Figura 52), sugiere que los primeros se distribuyeron cronológicamente de forma continua entre el 4750 y el 3840 cal BC y que los segundos lo hicieron también de forma continua entre el 4100 y el 3600 cal BC.

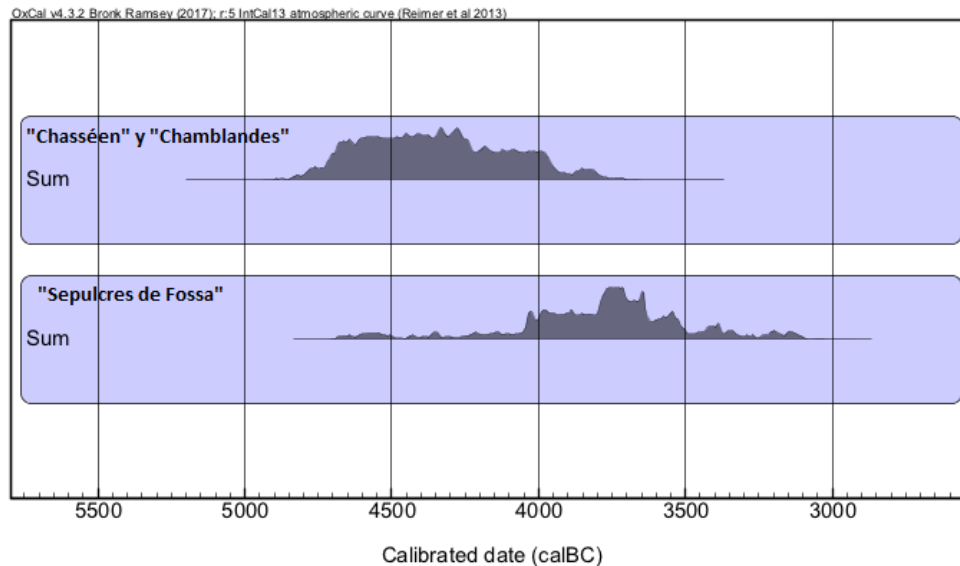


Figura 52. Suma de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos neolíticos de Francia y Suiza y de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del del NE de la península ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

Si analizamos el mismo gráfico diferenciando la cronología de los enterramientos en fosa y los elaborados en cajas de piedra (figura 53), observamos que fueron los enterramientos en fosa del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” los que coincidieron con los pertenecientes a los horizontes “Chasséen” y Chamblandes entre el 4100 y el 3900 cal BC. Los enterramientos en cajas de piedra, en cambio, aparecerían en el momento en el que la práctica funeraria empezaría a desaparecer en las regiones de Francia y Suiza (alrededor del 3900 cal BC).

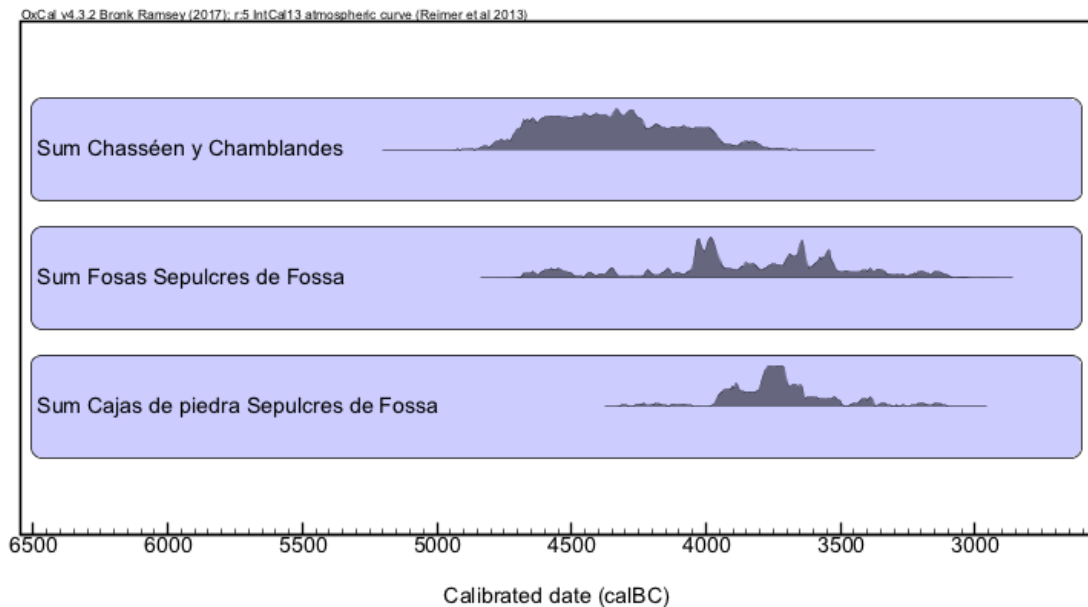


Figura 53. Suma de distribuciones de probabilidad de los enterramientos neolíticos del sureste de Francia y Suiza y de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del NE de la península Ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

Como en las cuestiones analizadas anteriormente, también hemos evaluado la fiabilidad de las distribuciones sugeridas por la SDP a partir de un Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas (Figura 54., Tabla 13. y *Annexes\_II: 5.15*), que ha mostrado un nivel alto de concordancia estadística con los datos (*Amodel index: 91.3* y *Aoverall index: 88.3*). Los resultados del modelo proponen que los enterramientos del sureste de Francia y Suiza habrían aparecido antes que los del NE de la Península ibérica y únicamente habrían coincidido con las sepulturas en fosa durante un breve intervalo de tiempo.

	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>Enterramientos de los horizontes “Chasséen” y “Chamblandes”</b>	4800-4680 cal. BC	4000-3885 cal. BC	695-850 años
<b>Enterramientos en fosa del horizonte de los “Sepulcres de Fossa”</b>	4765-4495 cal. BC	3490-3100 cal BC	1019-1418 años
<b>Enterramientos en cajas de piedra del horizonte de los “Sepulcres de Fossa”</b>	42010-3995 cal. BC	3495-3210 cal. BC	505-835 años

Tabla 13. Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos de los horizontes “Chasséen” y “Chamblandes” (Fase 1) y de los enterramientos en fosa (Fase 2) y en cajas de piedra (Fase 3) del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (tabla procedente de: Morell et al. 2018A).

Nuevamente estos resultados coincidirían con los presentados para la necrópolis de Camí de Can Grau (Morell et al. 2018B). Tal como puede verse en el gráfico de la SDP (Figura 55), de nuevo observamos que los enterramientos procedentes de los horizontes “Chamblandes” y “Chasséen” se distribuirían cronológicamente entre el 4740 y el 3480 cal BC, mientras que los enterramientos del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” lo harían entre el 4540 y el 3380 y las fosas de “Camí de Can Grau” entre el 3960 y el 3370 cal BC. Estas distribuciones también han sido probadas por un Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas, que ha propuesto las mismas distribuciones temporales (*Amodel index*: 90.8 y *Aoverall index*: 85.1 ) (Tabla 14).

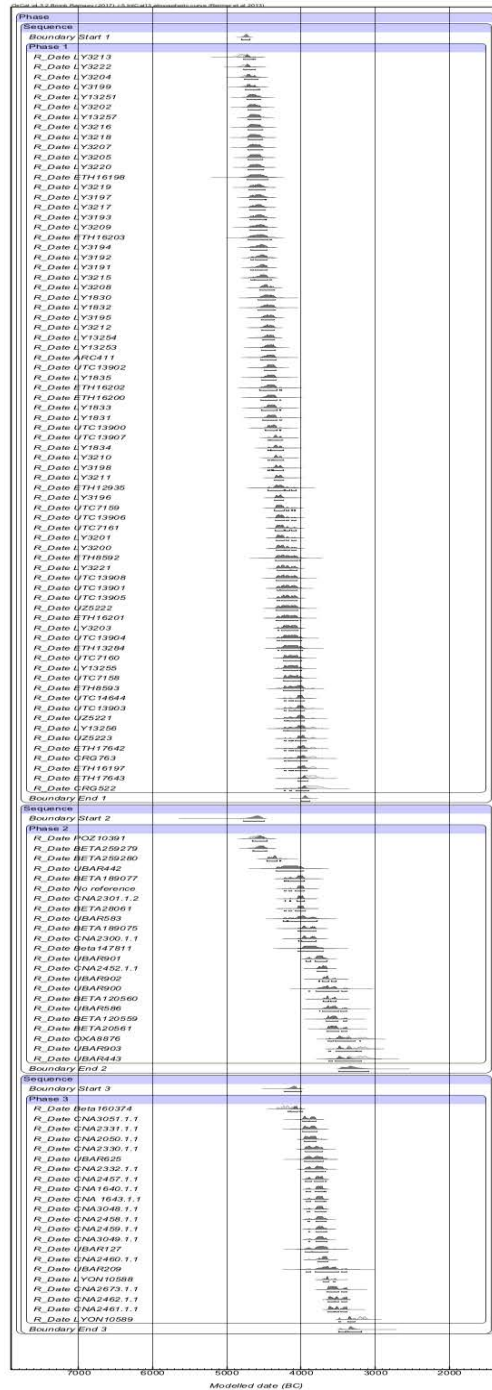


Figura 54. Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos neolíticos de Francia y Suiza (Fase 1) y de los enterramientos neolíticos en fosa (Fase 2) y en cajas de piedra (Fase 3) del noreste de la Península ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018A).

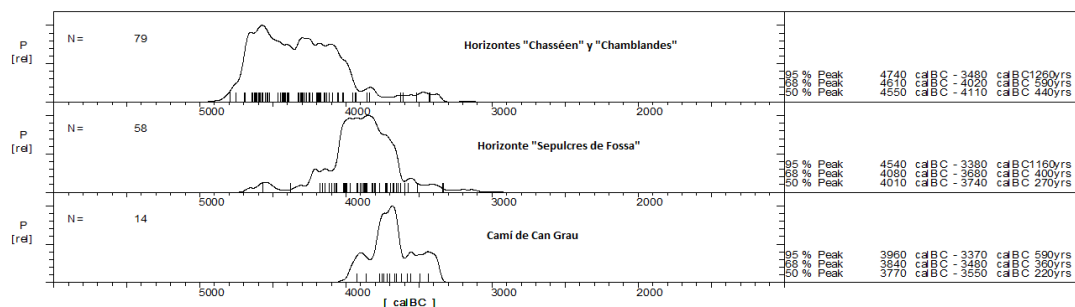


Figura 55. Suma de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos del horizonte “Chasséen” y “Chamblandes”, de los “Sepulcres de Fossa” y de los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau del NE de la Península ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018B).

	<b>INICIO</b>	<b>FINAL</b>	<b>DURACIÓN</b>
<b>Enterramientos de los horizontes “Chasséen” y “Chamblandes”</b>	4745-4635 cal BC	4035-3920 cal BC	610-760 años
<b>Enterramientos del horizonte de los “Sepulcres de Fossa”</b>	4620-4460 cal BC	3645-3495 cal BC	820-1030 años
<b>Enterramientos de la necrópolis de “Camí de Can Grau”</b>	4030-3805	3620-3340	195-530 años

Tabla 14. Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos de los horizontes “Chasséen” y “Chamblandes” (Fase 1), del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (Fase 2) y de los de la necrópolis de Camí de Can Grau (Fase 3) (tabla procedente de: Morell et al. 2018B).

### 5.4.3. Síntesis y observaciones.

Así pues, en base a los resultados obtenidos, podemos concluir que esta tipología de enterramientos empezó y finalizó antes (4800-4680 cal BC / 4000-3885 cal BC) en Francia y Suiza, siendo el NE de la Península ibérica la última región donde se documentaron entre el 4765-4495/3490-3100 cal BC). Estos resultados sugerirían que podría tratarse de un fenómeno de tipo expansivo que se habría iniciado en las regiones actuales de Suiza y el sureste de Francia y habría finalizado en el NE peninsular. Sin embargo, los tradicionalmente llamados horizontes “Chamblandes” y “Chasséen” tan solo habrían coincido durante un breve lapso de tiempo con los enterramientos de tipo fosa del NE peninsular, momento a partir del cual empezarían a desaparecer en las regiones francesas y suizas (alrededor del 3900 cal BC).

Por otro lado, las fechas radiocarbónicas también confirman una distancia cronológica entre los enterramientos en cajas de piedra del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y las estructuras “Chasséen” y “Chamblandes”, hecho que cuestiona la posibilidad de que ambos tipos se fundamenten en un mismo origen en la Europa occidental. Futuros trabajos que amplíen la cantidad y la calidad de muestra analizada (sobre todo para los contextos franceses y suizos) son necesarios para poder seguir avanzando en las hipótesis explicativas en relación a la dimensión a macroescala de este fenómeno funerario y su asociación con redes de intercambio a larga distancia.

## CONCLUSIONES

A pesar de las peculiaridades y particularidades del horizonte funerario de los "Sepulcros de Fossa", podríamos catalogar su conocimiento como bastante fragmentado, básicamente porque no se habían realizado trabajos de síntesis sobre un conjunto representativo de contextos y porque su cronología era bastante aproximada. Esto era debido al hecho de que no se disponía de muchas fechas radiocarbónicas y de que la atribución cronológica de la mayoría de las estructuras se había fundamentado en sus características constructivas y en los elementos documentados en sus ajuares.

La cantidad y calidad del registro arqueológico disponible han mejorado sustancialmente en los últimos años gracias a los proyectos dirigidos por el Dr. Juan F. Gibaja. Se ha impulsado un análisis homogéneo y sistemático de nuevos datos, yacimientos, tipos de análisis, aproximaciones a una escala más global y diferentes estudios de síntesis, entre los que se incluye esta tesis.

Los resultados obtenidos en este trabajo han permitido establecer la cronología de los "Sepulcros de Fossa" y de los diferentes tipos de estructuras en relación al modelo de prácticas funerarias que representan, así como de las redes de intercambio de los materiales confiados en sus ajuares, de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su confección y elaboración. Por otro lado, también ha sido posible determinar las relaciones temporales entre este horizonte funerario del NE peninsular con otras prácticas neolíticas documentadas en otras regiones europeas con los que comparte numerosas similitudes.

Para realizar el trabajo hemos ampliado de manera significativa el número de dataciones radiocarbónicas disponibles. Con anterioridad al proyecto, tan solo 40 de los aproximadamente 650 enterramientos documentados habían sido fechados. La muestra ha sido ampliada a un total de 130 dataciones nuevas, de las cuales 78 han sido publicadas de manera inédita en los artículos que componen esta tesis. Este hecho supone un avance sustancial al aproximarnos a la temporalidad de este fenómeno funerario, partiendo de una base empírica más sólida.



Sin embargo, la importancia de los resultados de este trabajo no únicamente es de carácter empírico, sino también metodológico. Se ha presentado un enfoque analítico que parte tanto de la complejidad y las particularidades del método de datación por radiocarbono, como del registro arqueológico y del problema abordado. En este sentido, se ha hecho una propuesta ontológica sobre la estructura que debe tener una base de datos arqueológicos y radiocarbónicos para poder validar rápidamente la fiabilidad de la muestra y su contexto, así como evaluar su grado de incertidumbre.

Por otro lado, también se han presentado el análisis estadístico y la modelización bayesiana como herramientas con un gran potencial para explorar la dimensión temporal de los fenómenos arqueológicos. Este enfoque analítico ha permitido resolver cuestiones que no era posible responder con las antiguas estrategias metodológicas tradicionalmente empleadas, que no tenían en cuenta la complejidad del método de datación por radiocarbono.

A continuación, resumimos los resultados obtenidos en relación a los objetivos generales planteados:

*a) La cronología del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y las dinámicas temporales de los diferentes tipos de enterramientos en relación al modelo de prácticas funerarias que representan.*

Sobre la periodización tradicional en la que se inscribían las prácticas funerarias aquí analizadas, podemos decir que no existen discontinuidades temporales entre los distintos períodos tradicionalmente definidos desde el registro cerámico: Epicardial, Postcardial y Neolítico Medio. Si bien podemos considerar el Epicardial como una fase cronológica distinta (5000-4480 / 4425-4350 cal BC con una duración de entre 60 y 280 años), en base a las dataciones disponibles no es posible diferenciar el Postcardial del Neolítico Medio. Nuestros modelos sugieren que los enterramientos de ambos periodos pueden considerarse pertenecientes a una misma fase que se distribuiría entre el 4140-4075 y el 3630-3585 cal BC. Su duración sería de 455 y 535 años aproximadamente.

Consiguientemente, a diferencia de los enfoques tradicionales, que han utilizado el término “Sepulcros de Fossa” para referirse a las inhumaciones individuales asociadas

cronológicamente al Neolítico Medio, proponemos utilizar este término para referirnos a todas las inhumaciones individuales en fosa o cajas de piedra del Neolítico en el NE de la Península ibérica adscritos. Ello supone que deberíamos omitir para el caso de los enterramientos la diferencia en el período Postcardial y el Neolítico Medio.

En relación a la cronología de los “Sepulcros de Fossa”, si bien no todas las inhumaciones fueron contemporáneas entre ellas, podemos determinar que se distribuyeron cronológicamente de manera continua entre el 4660-4475 y el 3365-3175 cal BC, con una duración de entre 1110 y 1340 años aproximadamente.

En relación a los diferentes tipos asociados a esta práctica funeraria, hemos documentado que los enterramientos en fosa aparecieron antes (4770-4500 cal BC con una duración de entre 1030-1430 años) que los enterramientos en cajas de piedra (4230-4000 cal BC con una duración de entre 540 y 840 años). Sin embargo, ambos tipos desaparecieron en el mismo momento, entre el 3495-3215 cal BC.

Tan solo ha sido posible aportar algunos datos preliminares sobre la distribución temporal y el grado de contemporaneidad entre las diferentes tipologías de las estructuras de enterramiento, debido al escaso número de dataciones disponibles para poder llevar a cabo un análisis comparativo de este tipo.

Los resultados preliminares obtenidos proponen que, por lo que respecta a los enterramientos en fosa, los Tipo I se distribuyen en torno al 4000-3650 cal BC, los Tipo II entre el 3650-3000 cal BC. En el caso de las fosas Tipo III existe una discontinuidad temporal entre el 4300 y el 4000 cal BC. Los tipos IV y Tipo silo se distribuyen entre el 4700-3650 cal BC y el 4200- 4000 cal BC sucesivamente.

En el caso de los enterramientos en cajas de piedra, los tipos CMM y CMT se distribuyen aproximadamente a lo largo del mismo momento (entre el 4000 y el 3650 cal BC), mientras que el tipo CMS lo hacen entre el 3950-3350 cal BC. Finalmente, el tipo CXS (basándonos en una única fecha) en torno al 4050-4350 cal BC<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Las siglas de los diferentes tipos de estructuras han sido definidas en la página 50.

Sobre el grado de contemporaneidad de los diferentes tipos, el mayor grupo estaría compuesto por las cajas de piedra tipo CMS, existiendo un primer grupo que coincidiría temporalmente entre el 3960-3800 cal BC, un segundo entre el 3785-3710 cal BC y un tercero entre el 3635- 3380 cal BC. Por otro lado, dos fosas tipo silo coinciden entre el 4145-3960 cal BC, tres fosas tipo IV lo hacen entre el 4045 y el 3970 cal BC y otras tres tipo IV entre el 4220 y el 3960 cal BC.

Así pues, los resultados presentados contradicen los enfoques tradicionales, que consideraban los diferentes tipos de sepulturas contemporáneas en el tiempo, y muestran la complejidad y diversidad temporal del fenómeno. Sin embargo, tal y como ya hemos comentado, si bien ha sido posible fijar la cronología de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra, es necesario realizar un mayor número de dataciones procedentes de cada tipo con el fin de elaborar interpretaciones más sólidas en relación a la temporalidad de las diferentes tipologías.

*2) El ajuar de los enterramientos. La distribución y dinámica temporal de las materias primas y artefactos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración.*

Los resultados obtenidos demuestran que, a lo largo de todo el horizonte, entre el 3950 y el 3650 cal BC, existen enterramientos asociados o no a las materias primas exógenas o que, como la variscita, requieren de una importante inversión de trabajo en su consecución. Existen enterramientos con y sin estos artefactos. A partir de ese momento el número de concentración de fechas radiocarbónicas decaería hasta prácticamente desaparecer.

Sobre la distribución temporal de cada uno de los materiales, diferenciamos tres grupos que podrían corresponder a tres redes de intercambio distintas: por un lado, tendríamos el sílex melado y la variscita, la presencia de los cuales se distribuye entre el 3950-3650 cal BC y el 3950-3500 cal BC respectivamente. Por otro lado, los vasos de boca cuadrada estarían presentes entre el 3800 y el 3600 cal BC y, por último, las hachas y azuelas aparecen de manera muy puntual entre el 4000 y el 3700 cal BC.

Estos datos podrían variar si en un futuro se amplía el muestreo. Tal y como hemos comentado anteriormente, del total de 170 dataciones analizadas, 61 hacen referencia a

sepulturas asociadas a núcleos o soportes confeccionados en sílex melado, 44 a ornamentos de variscita, 10 a hachas y azuelas de jadeíta, anfibolita, nefrita y eclogita y 13 a vasos cerámicos de estilo “boca cuadrada”.

Nuevamente estos datos contradicen los enfoques crono-tipológicos tradicionales que, tal y como hemos comentado anteriormente, explicaban los “Sepulcros de Fossa” como una unidad cultural homogénea, en la que la presencia de estos materiales era recurrente y distintiva de la práctica funeraria. Los resultados presentados confirman que, a pesar de que la presencia de estos materiales sí fue recurrente a lo largo de todo el horizonte, también lo fue su ausencia, por lo que no es posible hablar de una unidad cultural homogénea.

Además, estos nuevos resultados apoyan otros enfoques explicativos interesantes, que ya han sido planteados por otros investigadores/es que han centrado sus estudios en el análisis de otros aspectos de estas comunidades. En este sentido, planteamos que el hecho de que existan enterramientos con y sin la presencia de estos materiales a lo largo de todo el horizonte explica que no todos los integrantes de estas comunidades tuvieron acceso a estos recursos, por lo que estaríamos delante de una organización social fundamentada en relaciones de tipo no simétrico. Esta interpretación ya ha sido planteada por otros investigadores/es que han centrado sus estudios en el análisis de la industria lítica tallada (Gibaja 2003), del utillaje lítico macrolítico (Masclans 2017) y en la representatividad y tipología de los ajuares en función del sexo y la edad de los individuos (Duboscq 2017).

Finalmente, el hecho de que la distribución temporal de los diferentes materiales no sea la misma en todos los casos, siendo la presencia de la variscita y del sílex melado recurrente a lo largo de todo el horizonte, así como la presencia de los vasos de boca cuadrada y las hachas y azuelas bastante puntual, abre una nueva hipótesis explicativa que también refuta las explicaciones tradicionales. Así, podemos afirmar que estos materiales no formaron parte de una misma red de intercambio, de un paquete homogéneo, sino de distintas redes producto del contacto con distintas comunidades. Contactos que tuvieron una vigencia temporal relativamente distinta.

3) *La cronología de la necrópolis paradigmática de este momento: la “Bòbila Madurell-Can Gambús”.*

Tal y como hemos comentado anteriormente, una carretera divide la necrópolis en dos sectores: “Bòbila Madurell” en la parte sur y “Can Gambús” en la parte norte. La discontinuidad espacial, las diferencias topográficas entre los dos sectores y el hecho de que exclusivamente individuos adultos hayan sido descubiertos en el sector “Can Gambús” (en el sector “Bòbila Madurell” se han encontrado individuos infantiles y estructuras domésticas), han sugerido a los investigadores que quizá los dos sectores correspondieron a ocupaciones distintas o eran el reflejo de espacios destinados a colectivos diferentes dentro del mismo grupo. Sin embargo, hasta la nueva batería de dataciones radiocarbónicas impulsada por el proyecto dirigido por el Dr. Juan F. Gibaja, no se disponía de un número suficiente de fechas para poder probar estas hipótesis.

Los resultados obtenidos confirman que ambos sectores pertenecieron a un único cementerio y ocupación. Concretamente el uso de la necrópolis comenzó entre el 4100 y el 4015 cal BC, y finalizó entre el 3655 y el 3560 cal BC; por lo que tuvo una duración de entre 365 y 485 años. Sin embargo, el sector “Bòbila Madurell” comenzó a utilizarse un poco antes que el sector “Can Gambús” (4130-4010/3765-3615 cal BC), que fue el último en dejar de ser utilizado (4115-3980/3640-3490 cal BC).

En relación a los materiales y artefactos de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo analizados, el sílex melado y la variscita aparecieron simultáneamente en los ajuares de los enterramientos alrededor del 4000 cal BC. Por su parte, las hachas y azuelas lo hicieron un poco más tarde, en torno al 3900 cal BC. Finalmente, todos ellos desaparecieron en el mismo momento, en torno al 3655 y el 3500 cal BC, hecho que plantea que el colapso repentino afectó del mismo modo a todas las redes de intercambio.

Para acabar, hay que apuntar que el final del uso neolítico de la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús” (3665-3575 cal BC) no coincidiría con la desaparición de las prácticas funerarias que caracterizan al horizonte de los “Sepulcros de Fossa” en todo el territorio. Tal y como hemos comentado anteriormente, no será hasta el 3485-3239 cal BC que este tipo de enterramientos dejará de realizarse.

4) *Las relaciones temporales entre el horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y los enterramientos neolíticos del sur de Francia y Suiza.*

Los resultados obtenidos concluyen que estos tipos de enterramientos en fosa o cista empezaron y finalizaron antes en Francia y Suiza (4800-4680 cal BC / 4000-3885 cal BC), siendo el NE de la Península ibérica la última región donde se documentaron (entre el 4765-4495/3490-3100 cal BC).

Estos resultados plantean que puede tratarse de un fenómeno funerario de tipo expansivo, que habría empezado en las regiones actuales de Suiza y el sureste de Francia y habría finalizado en el NE peninsular. A este respecto, los horizontes de “Chamblandes”, “Chasséen” y “Sepulcros de Fossa” coincidieron durante un breve lapso de tiempo entre el 4100 y el 3900 cal BC.

Por otro lado, en relación a los enterramientos en cajas de piedra, las fechas radiocarbónicas confirman que este tipo de enterramientos aparecen en el noreste peninsular justo en el momento que empiezan a desaparecer en las regiones francesas y suizas (alrededor del 3900 cal BC). Este hecho cuestiona la posibilidad de que ambos tipos se fundamenten en un mismo origen en la Europa occidental y plantea la posibilidad de que también se trate de un fenómeno paulatino de tipo expansivo.

Estos resultados nos marcan una línea de investigación a seguir. Sin embargo, son necesarios futuros trabajos que amplíen la cantidad y la calidad de la muestra analizada (sobre todo para los contextos franceses y suizos, en que no ha sido posible tener un dominio empírico de la calidad de la muestra del mismo nivel que para los contextos peninsulares) con el fin de poder consolidar nuestras hipótesis explicativas en relación a la dimensión a macroescala de este fenómeno funerario y su asociación con las redes de intercambio a larga distancia.

Así pues, la obtención de amplias series radiométricas y su análisis e interpretación a través de diferentes herramientas estadísticas ha permitido abordar diferentes hipótesis sobre cuestiones de temporalidad en relación al horizonte de los “Sepulcros de Fossa”. Unas hipótesis fundamentadas en un cuidadoso tratamiento de la información empírica y la puesta en marcha de una metodología específica.

A nivel interpretativo, los resultados presentados rompen con la consideración tradicional de los “Sepulcros de Fossa” como una “unidad cultural”. En este sentido, proponemos el uso del término “Sepulcros de Fossa” para referirnos a la realidad social de un conjunto de comunidades reproducidas entre el 4660-4475 y el 3365-3175 cal BC en el NE de la península ibérica, que comparten diferentes tipos de elementos vinculados a determinadas prácticas funerarias y caracterizadas, en general, por inhumaciones individuales en fosa y en cajas de piedra. Sin embargo, el registro arqueológico también es heterogéneo en estos elementos compartidos, tanto simbólicamente como económicamente, por lo que no podemos considerarlos como un todo.

En relación a las posibles perspectivas y trabajos futuros, consideramos que sería interesante ampliar la muestra de contextos analizados y fechados, con el objetivo de reforzar algunas de las explicaciones abordadas de forma preliminar, como la relación temporal entre los diversos tipos de enterramientos en fosas y en cajas de piedra, o el grado de contemporaneidad de los distintos horizontes de “Chamblandes”, “Chasséen” y “Sepulcros de Fossa”.

Indudablemente, cuanto mayor sea nuestro conocimiento sobre la cronología de este o cualquier otro horizonte arqueológico, mayores serán las perspectivas y posibilidades de análisis con las que mejorar nuestras explicaciones e interpretaciones del pasado.

## BIBLIOGRAFÍA / REFERENCES

- Aitchison, T., Ottaway B., Al-Ruzaiza, AS. 1991. Summarizing a group of 14C dates on the historical time scale: with a worked example from the Late Neolithic of Bavaria. *Antiquity*, 65: 108-16.
- Aitken, M.J. 1990. *Science-based dating in archaeology*. London: Taylor & Francis Group Press.
- Alaminós, A., & Blanch, R. M. 1992. Consideracions generals sobre les fosses d'enterrament recentment excavades en el jaciment de la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Vallès Occidental). *Estat de la Investigació sobre el Neolític a Catalunya. 9è Col. loqui International d'Arqueologia de Puigcerdà*: 181-182.
- Alcalde, G. & Saña, M. 2008. *Procés d'ocupació de la Bauma del Serrat del Pont (La Garrotxa) entre 7400 i 5480 cal aC*. Olot: Publicacions eventuales d'Arqueologia de la Garrotxa. Museu Comarcal de la Garrorxa Press.
- Allen, J. F. 1983. Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communications of the ACM*: 832–843.
- 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. Unpublished PhD Dissertation. Univeristy Paris Sorbonne & Autonomus University of Barcelona.
- Allièse, F., Roig, J., Coll, J. M., Subirà, M. E., Ruiz, J., Chambon, P., & Gibaja, J. F. 2014. Les pratiques funéraires dans la nécropole du Néolithique moyen de Can Gambús-1 (Sabadell, Espagne): De la préparation du corps à la fermeture de la tombe. *Bulletin de la Société préhistorique française*: 453-468.
- Antolín, F. 2013. 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. Phd Unpublished Phd dissertation. Autonomous University of Barcelona.



- Antolín, F., & Buxó, R. 2011. Proposal for the systematic description and taphonomic study of carbonized cereal grain assemblages: a case study of an early Neolithic funerary context in the cave of Can Sadurní (Begues, Barcelona province, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 20 (1): 53-66.
- Antolin, F., & Buxó, R. (2012). Chasing the traces of diffusion of agriculture during the early Neolithic in the Western Mediterranean Coast. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 95-102.
- Antolín, F., Blanco, A., Buxó, R., Caruso, L., Jacomet, S., Lopez, O. Marlasca, R., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M. & Terradas, X. 2013. The application of systematic sampling strategies for bioarchaeological studies in the Early Neolithic Lakeshore site of La Draga (Banyoles, Spain). *Journal of Wetland Archaeology*, 13 (1): 29-49.
- 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.
- Antolín, F., López, V., Mestres, J., & Gibaja, J. F. 2018. Bellotas y cereales. Primeras observaciones sobre el registro carpológico de una estructura del V milenio cal. ANE en el yacimiento de Pou Nou-2 (Sant Pere Molanta, Barcelona). *Cadernos do GEEvH*, 7 (2), 10-28.
- Aranda, G. & Lozano, A. 2014. The chronology of megalithic funerary practices: a Bayesian approach to Grave 11 at El Barranquete necropolis (Almería, Spain). *Journal of Archaeological Science*, 50: 369-382
- Aranda, G., Lozano, A. & Sánchez, M. 2015. CronoloGEA. Base de datos de dataciones radiocarbónicas del sur de la Península Ibérica. In: GEA. Cultura material e identidad social en la Prehistoria Reciente del sur de la Península Ibérica. [online]. Disponible en: <http://www.webgea.es/dataciones/>
- Aranda, G., Lozano, A., Escudero, J., Sánchez, M., Alarcón, E., Fernández, S., Díaz-Zorita, M. & Barba, V. 2017. Cronología y temporalidad de los recintos de fosos

- prehistóricos: el caso de Marroquíes Bajos (Jaén). *Trabajos de Prehistoria*, 73(2), 231-250.
- Armit, I., Swindles, G. T., & Becker, K. 2013. From dates to demography in later prehistoric Ireland. Experimental approaches to the meta-analysis of large 14C datasets. *Journal of Archaeological Science*, 40 (1): 433-438.
- Ascough, P. L., Cook, G. T., Church, M. J., Dunbar, E., Einarsson, A., McGovern, T. H., Dugmore, A.J.; Perdikaris, S., Hastie, J., Fridriksson, A. & Gestsdóttir, H. 2010. Temporal and spatial variations in freshwater 14 C reservoir effects: Lake Mývatn, northern Iceland. *Radiocarbon*, 52 (3): 1098-1112.
- Ashmore, P. 1999. Radiocarbon dating: avoiding errors by avoiding mixed samples. *Antiquity*, 73 (279): 124-30.
- Ashmore, P.J., Cook, G.T. & Harkness, D.D. 2002. A radiocarbon database for scottish archaeological samples, *Radiocarbon*, 42 (1): 41-48.
- Bagolini, B. 1990. Cultura dei vasi a bocca quadrata. Il sepolcreto neolitico de La Vela di Trento. *Die ersten Bauern*, 2: 225-231.
- Bagolini, B., & Grifoni, R. 1994. Il Neolitico italiano: facies culturali e manifestazioni funerarie. *Bullettino di Paletnologia Italiana*, 85: 139-170.
- Bailey, G. 1981. Concepts, time-scales and explanations in economic prehistory. *Economic archaeology*, 96: 97-117.
- Bailey, G. 1987. Breaking the time barrier, *Archaeologica Review from Cambridge*, 6: 5-20.
- Bailey, G. 2007. Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology*, 26 (2): 198-223.
- Bailey, G. N. 1983. Concepts of time in Quaternary prehistory. *Annual review of anthropology*, 12 (1): 165-192.

- Bamforth, D.B. & Grund, B. 2012. Radiocarbon calibration curves, summed probability distributions and early Paleoindian population trends in North America, *Journal of Archaeological Science*, 39 (6): 1768-1774.
- Barceló, J. A. (2007). *Arqueología y estadística: Introducción al estudio de la variabilidad de las evidencias arqueológicas*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona Press.
- Barceló, J.A. 2008A. La seqüència crono-cultural de la prehistòria catalana. Anàlisi estadística de les datacions radiomètriques de l'inici de l'holocè a l'edat del ferro. *Cypsela: revista de prehistòria i protohistòria*, 17: 65-88.
- Barceló, J.A. 2008B. La incertesa de les cronologies absolutes en arqueologia. Probabilitat i estadística. *Cypsela*, 17: 23-33.
- Barceló, J.A. 2009. En defensa de una arqueologia explícitament científica. *Complutum*, 20 (1): 175-181.
- Barceló, J. A., Maximiano, A., & Vicente, O. 2005. *La Multidimensionalidad del Espacio Arqueológico: Teoría Matemáticas y Visualización*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante Press.
- Barceló J.A., Bogdanović, I. & G. Capuzzo, G. 2012. New developments of archaeological data bases. The example of radiocarbon dating. *Proceedings of the 1st International Conference on Best Practices in World Heritage*: 733-49.
- Barcelo, J.A., Bogdanovic, I. & Capuzzo, G. 2013. A database for radiocarbon dates. Some methodological and theoretical issues about its implementation, In: G. Earl, T. Sly, A. Chrysanthi, P. Murrieta-Flores, C. Papadopoulos, I. Romanowska & D. Wheatley (eds.) *Archaeology in the Digital Era. Papers from the 40th Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, Southampton, 26-29 March 2012, Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Barceló, J. A., Capuzzo, G., & Bogdanović, I. 2014. Modeling expansive phenomena in early complex societies: the transition from Bronze Iron Age in Prehistoric Europe. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2): 486-510.

- Bayliss, A. 2009. Rolling out revolution: using radiocarbon dating in archaeology. *Radiocarbon*, 51(1): 123-147.
- Bayliss, A. 2015. Quality in Bayesian chronological models in archaeology. *World Archaeology*, 47(4): 677-700.
- Bayliss, A. & Ramsey, C. B. 2004. Pragmatic Bayesians: a decade of integrating radiocarbon dates into chronological models. In: *Tools for Constructing Chronologies*. London: Springer Press: 25-41.
- Bayliss, A., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., & Millard, A. R. 2004. *Tools for constructing chronologies: tools for crossing disciplinary boundaries*. London: Springer Press.
- Bayliss, A., Bronk Ramsey, C., Van der Plight, J. & Whittle, A. 2007. Bradshaw and Bayes: Towards a Timetable for the Neolithic. *Cambridge Archaeological Journal*, 17 (1): 1-28.
- Beeching, A. 2007. L'affaire "Chamblandes": ramifications chrono-culturelles et géographiques du dossier, In: P. Moinat and P. Chambon (eds.): *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental. Actes du colloque de Lausanne*, 12 and 13 of may 2006, Lausanne, Mémoires de la Société préhistorique française, 43: 69-74.
- Bellanger, L., Tomassone, R., & Husi, P. 2008. A statistical approach for dating archaeological contexts. *Journal of Data Science*, 6: 135-1
- Bergson, H. 1910. *Time and Free Will. An Essay on the Immediate Data of Consciousness*. London: Macmillan Press.
- Bernabeu, J, García O, Barton, M., McClure, S. & Pardo, S. 2016. Radiocarbon dates, climatic events and social dynamics during the Early Neolithic in Mediterranean Iberia, *Quaternary International*, 403: 201-210.
- Bernabeu, J., García, O., Pardo, S., Barton, M. & McClure, S. 2014. Socioecological dynamics at the time of Neolithic transition in Iberia. *Environmental Archaeology*, 19 (3): 214-225.

- Bernabò Brea, L. 1946. La successione delle culture nell'Italia settentrionale alla luce dei recenti scavi delle Arene Candide, *Rivista di Studi Liguri*: 3-11.
- Beyneix, A. 1997. Les sépultures cardiales et épicaudiales de France méridionale. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 94 (94): 191-197.
- Binder, D. 1998. Silex blond et complexité des assemblages lithiques dans le Néolithique liguro-provençal. Production et identité culturelle. *Actualité de la recherche*. Éditions APDCA, Antibes: 111-128
- Binder, D., Gratuze, B., & Vaquer, J. 2012. La circulation de l'obsidienne dans le sud de la France au Néolithique. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 189-200.
- Binding, C. 2010. *Implementing archaeological time periods using CIDOC CRM and SKOS*. London: Springer Press.
- Blaauw M, Christen JA, Mauquoy D, Van der Plicht, J. & Bennett JD. 2007. Testing the timing of radiocarbon-dated events between proxy archives. *The Holocene*, 17 (2): 283-8.
- Blackwell PG, Buck C.E. & Reimer, P.J. 2006. Important features of the new radiocarbon calibration curves. *Quaternary Science Reviews*, 25: 408-13.
- Blasco, A., Edo, M., Fernandez, J. L., Gimeno, D., Plana, F., & Villalba, M. J. 1992. Aplicación de técnicas geológicas al estudio de materiales arqueológicos: el ejemplo de las cuentas de variscita catalanas y el complejo minero Neolítico de Can Tintorer (Gava, Barcelona). *Cuaternario y Geomorfología*, 6: 71-80.
- Blasco, A., Villalba, M. J., & Edo, M. (1998). Explotación. manufactura, distribución y uso como bien de prestigio de la " calaita" en el Neolítico: el ejemplo del complejo de Can Tintorer. In *Minerales y metales en la prehistoria reciente: algunos testimonios de su explotación y laboreo en la Península Ibérica* (pp. 41-70). Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.
- Blasco, A., Edo, M. & Saña, M. 2005. Primeros datos sobre la utilización sepulcral de la Cueva de Can Sadurní (Begues, Baix Llobregat) en el Neolítico Cardial. In: P. Arias,

- R. Ontanon, C. García (eds.), *Proceedings of the Third Conference of the Neolithic in the Iberian Peninsula*: 823-832.
- Blockley, S., Blaauw, M., Bronk Ramsey, C. & Van der Plicht, J. 2007. Building and testing age models for radiocarbon dates in Late Glacial Early Holocene sediments. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1915- 26.
- Boaretto, E. 2009. Dating materials in good archaeological contexts: the next challenge for radiocarbon analysis. *Radiocarbon*, 51 (1): 275-82.
- Bofill, M., & Borrell, F. 2009. Utilatge macrolític neolític de les mines 83, 84, 85 i 90 de Gavà. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 4: 139-147.
- Bofill, M., García, X. C. & Molist, M. 2008. Utilatge macrolític en els nivells neolítics de l'assentament de la caserna de Sant Pau. *Quarhis: Quaderns d'Arqueologia i Història de la Ciutat de Barcelona*, 4: 48-51.
- 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*, 5: 315-322.
- Borrell, F., & Orri, E. (2009). Excavació de les mines neolítiques 83, 84, 85 i 90 de Gavà: estructura, ús, reutilització i rebliment. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, (4), 15-45.
- Borrell, F., Gómez, A., Molist, M., Tornero, C. & Vicente, O. 2015. Les ocupacions de la cova de Sant Llorenç (Sitges, Garraf): Noves aportacions al coneixement de la prehistòria del Garraf". *Tribuna d'Arqueologia*, 2011-2012.
- Borrello, M.A., Bosch, J., De Grossi Mazzaorin, J. & Estrada, A. 2012. Les parures néolithiques de corail (*Corallium rubrum* L.) en Europe occidentale. *Rivista di Scienze Preistoriche*, LXII: 67-82.
- Bosch, A. 1984. Les destrals polides del nord de Catalunya: tipologia i petrologia, *Fonaments*, 4: 221-245.
- Bosch, A. 1985. La cova del Pasteral. Un jaciment neolític a la vall mitjana del Ter. *Quaderns*, 2: 29-56.

- Bosch Gimpera, A. 1919. *Prehistoria catalana: edats de la pedra i dels metalls, colonització grega, etnografia*. Barcelona: Editorial Catalana Press.
- Bosch, J., & Borrell, F. (2009). Intervencions arqueològiques a les Mines de Gavà (sector serra de les Ferreres). Anys 1998–2009. *Rubricatum, revista del museu de Gavà*, 4.
- Bosch, A. & Tarrús, J. (1990) – La Cova Sepulcral del Neolític Antic de l'Avellaner (Cogolls, Les Planes d'Hostoles, La Garrotxa). *Girona: Serie Monografica*, 11.
- Bosch, J., Forcadell, A. & Villalbí, M.M. 1995. El Barranc de Fabra: asentamiento de inicios del IV milenio aC. en el curso inferior del Ebro. *Actes del I Congrés del Neolític a la Península Ibérica. Rubricatum*, 1: 391-395.
- Bosch, J., Villalbí, M. D. M., & Forcadell, A. (1996). El barranc d'en Fabra (Amposta, Montsià): un assentament neolític a l'aire lliure. *Memòries d'Excavació del Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya*.
- Bosch, A., Buxó, R., Palomo, A., Buch, M., Mateu, J., Taberner, E. & Casadevall, J. 1999. El poblado de Plansallosa y la neolitización del valle del Llierca (Pre-Pirineo oriental). In: J. Bernabeu, y T. Orozco (eds.): *Actes del II Congrés de Neolític de la Península Ibèrica. Saguntum*, 2: 329- 335.
- Boujot, C., Cassen, S., Guillier, G., & Marchand, G. 1995. Le tracé du TGV en Pays-de-la-Loire (1985-1986). 1-Prospections, sondage et diagnostic archéologiques. 2-Analyse des découvertes, du Mésolithique final à l'époque gallo-romaine. *Revue archéologique de l'ouest*, 12(12): 177-194.
- Bovens, L. & Hartmann, S. 2003. *Bayesian Epistemology*. Oxford: Clarendon Press.
- Bowman, S. 1990. *Radiocarbon Dating. Interpreting the Past*. British Museum Publications Press: London.
- Box, G. E. & Draper, N. R. 1987. *Empirical model-building and response surfaces*. London: John Wiley & Sons Press.
- Brock, F., Bronk, S. & Higham, T. 2007. Quality assurance of ultrafiltered bone dating. *Radiocarbon*, 49 (2): 187-192.

- Bronk Ramsey, C. 1998. Probability and Dating. *Radiocarbon*, 40 (1): 467-74.
- Bronk Ramsey, C. 1995. Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: the OxCal program. *Radiocarbon*, 37 (2): 425-430.
- Bronk Ramsey, C. 2001. Development of the radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, 43 (2A): 355-363.
- Bronk Ramsey, C. 2005. Improving the resolution of radiocarbon dating by statistical analysis. In: T. Levy & T. Higham (eds.): *The bible and radiocarbon dating: Archaeology, text and science* (57-64). London: Equinox Press.
- Bronk Ramsey, C. 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1): 337-60.
- Bronk Ramsey, C B., & Lee, S. 2013. Recent and planned developments of the program OxCal. *Radiocarbon*, 55(2): 720-730.
- Brooks, R. 1982. Events in the archaeological context and archaeological explanation. *Current Anthropology*, 23(1): 67-75.
- Buchanan, B., Collard, M., & Edinborough, K. 2008. Paleoindian demography and the extraterrestrial impact hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(33): 11651-11654.
- Buck, C. & Millard, A. 2004. *Tools for constructing chronologies: crossing disciplinary boundaries*. Springer Science & Business Media: Luxemburg.
- Buck, C. & Meson, B. 2015. On being a good Bayesian. *World Archaeology*, 47 (4): 567-584.
- Buck, C. & Sahu, S. 2000. Bayesian models for relative archaeological chronology building. *Journal of the Royal Statistical Society*, 49 (4), 423-440.
- Buck, C.E., Kenworthy, J.B., Litton, C.D. & Smith, A.F.M. 1991. Combining archaeological and radiocarbon information: a Bayesian approach to calibration. *Antiquity*, 65 (249): 808-21.



- Buck, C. E., Litton, C. D. & Smith, A. F. 1992. Calibration of radiocarbon results pertaining to related archaeological events. *Journal of Archaeological Science*, 19(5): 497-512.
- Buck, C.E., Litton, C.D. & Scott, E.M. 1994A. Making the most of radiocarbon dating: some statistical considerations. *Antiquity*, 68: 252-263.
- Buck, C.E., Christen, J.A., Kenworthy, J.B. & Litton, C.D. 1994B. Estimating the duration of archaeological activity using <sup>14</sup>C determinations. *Oxford Journal of Archaeology*, 13(2): 229-240.
- Buck, C. E., Cavanagh, W. G, & Litton, C. D. 1997. Bayesian approach to interpreting archaeological data. *Radiocarbon*, 39 (2): 219-220.
- Buck C., Christen J.A. & James, G.N. 1999. BCal: an on- line Bayesian radiocarbon calibration tool. *Internet Archaeology*, 7.
- Capuzzo, G.2014. Space-temporal analysis of radiocarbon evidence and associated archaeological record: from Danube to Ebro rivers and from Bronze to Iron Ages. Unpublished Phd dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- Capuzzo, G., Boaretto, E., & Barceló, J.A. 2014. EUBAR: A Database of <sup>14</sup> C Measurements for the European Bronze Age. A Bayesian Analysis of <sup>14</sup> C-Dated Archaeological Contexts from Northern Italy and Southern France. *Radiocarbon*, 56 (2): 851-869.
- Caracuta, V., Fiorentino, G., & Martinelli, M. C. 2012. Plant remains and AMS: dating climate change in the Aeolian Islands (northeastern Sicily) during the 2nd millennium BC. *Radiocarbon*, 54(3-4): 689-700
- Carnap, R. 1952. *The Continuum of Inductive Methods*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Castany, J. 1991. L'estació neolítica sepulcral de la Costa dels Garrics del Caballol (Pinell, Solsonès). *Tribuna d'Arqueologia*, 1989–1990: 53–64.

- Castany, J. (2008). Els megàlits neolítics del Solsonià. Unpublished PhD Dissertation. University of Lleida.
- Chambon, P. & Moinat, P. 2007. Quel avenir pour les Chamblandes?. In Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental. *Colloque international (Lausanne, 12-13 mai 2006). Cahier d'archéologie romande*, 110: 9-12.
- Chiverrell, R. C., Thorndycraft, V. R., & Hoffmann, T. O. 2011. Cumulative probability functions and their role in evaluating the chronology of geomorphological events during the Holocene. *Journal of Quaternary Science*, 26(1): 76-85.
- Christen, J.A., Clymo, R.S. & Litton, C.D. 1995. A Bayesian approach to the use of 14C dates in the estimation of the age of peat. *Radiocarbon*, 37(2): 431-441.
- Christen, J.A. & Litton, C.D. 1995. A Bayesian approach to wiggle-matching. *Journal of Archaeological Science*, 22(6): 719-725.
- Christen, J.A. 1994. Summarizing a set of radiocarbon determinations: a robust approach. *Applied statistics*, 43: (3): 489-503.
- Clemente, & Gibaja J. F. G. 1996. Análisis funcional del material lítico en las sepulturas de la Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona). *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 1, 183-189.
- Clop, X & Álvarez, A. 2009. Estudi de caracterització petrogràfica d'un vas de boca quadrada neolític de la mina 83 de Gavà. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 4, 85-91.
- Coll, J. M. & Roig, J. 2005. Un assentament del Neolític i un viatge de l'antiguitat tardana als Horts de Can Torras. Castellar del Vallès, Vallès Occidental. *Recerca: Revista d'història i ciències socials i humanes de Castellar del Vallès*, 4, 45-58.
- Contreras, D. A., & Meadows, J. 2014. Summed radiocarbon calibrations as a population proxy: a critical evaluation using a realistic simulation approach. *Journal of Archaeological Science*, 52, 591-608.

- Cook, G. T., Ascough, P. L., Bonsall, C., Hamilton, W. D., Russell, N., Sayle, K. L., Scott, E.M. & Bownes, J. M. 2015. Best practice methodology for 14 C calibration of marine and mixed terrestrial/marine samples. *Quaternary Geochronology*, 27, 164-171.
- Crema, E. R. 2012. Modelling temporal uncertainty in archaeological analysis. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19 (3): 440-461.
- Crombé, P., & Robinson, E. 2014. 14C dates as demographic proxies in Neolithisation models of northwestern Europe: a critical assessment using Belgium and northeast France as a case-study. *Journal of Archaeological Science*, 52: 558-566.
- Cruells, W., Castells, J., & Molist, M. 1992. Una necròpolis de “cambres amb túmul complex” del IV mil·lenni a la Catalunya interior. Estat de la investigació sobre el neolític a Catalunya. *IX Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*: 244-248.
- Cubas, M., Carro, M.A., Roig, J., Riera, J.M. & Gibaja, J. 2017. Pottery for the dead: exploring raw material exploitation in the pottery of Can Gambús (Sabadell, Catalonia). In: T. Pereira & N. Bicho: *The Exploitation of Raw Materials in Prehistory: Sourcing, Processing and Distribution*. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing: 449- 462.
- Cura, M. 1975. Consideraciones sobre los enterramientos en cistas neolíticas y su evolución posterior en Catalunya, *Actas del XIII Congreso Nacional de Arqueología (Huelva, 1973)*, Zaragoza: Universidad de Zaragoza Press: 279-289.
- Cura, M. 1992. Noves aportacions al megalitisme català: revisió de les sepulcres del “solsonià” amb l'aparició de les primeres cambres neolítiques. In: M. Cura, R.Vilardell & X. Llovera (eds.): *Estat de la investigació sobre el Neolític a Catalunya, 9è Col·loqui internacional d'arqueologia de Puigcerdà*. Andorra: Institut d'Estudis Ceretans press: 262-264.
- Dalle S., Sabaux C., Capuzzo G., Tys D., Snoeck Ch., Vercauteren M., Warmenbol E., Boudin M., Annaert R., Stamatakis E., Kontopoulos I., Veselka B., Sengeløv A., Hlad M., Salesse K. & De Mulder G. 2019. Preliminary results in the collecting of protohistoric cremation samples for the CRUMBEL project. *Lunula*, 27: 9-14

- Damon, P.E. 1987. The history of calibration of radiocarbon dates by dendrochronology. In: O. Aurenche, J. Evin & F. Hours (eds.): *Chronologies in the Near East. BAR International Series*, 379: 61-104.
- Daura, J., Sanz, M., Oms, F. X., Pedro, M., Martínez, P., Mendiola, S., Oliva, P., Gibaja, J.F., Mozota, M., Alonso, M., Albert, R.M., Allué, E., Bañuls, S., López, J.M., Santos, F.J. & Fullola, J.M. 2019. Deciphering Neolithic activities from a Cardial burial site (Cova Bonica) on the western Mediterranean coast. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 324-347.
- De Finetti, B. 1937. La prevision: ses lois logiques, ses sources subjective. *Annales de l'Institut Henri Poincare*, 7: 1-68.
- De Vries, H. 1958. Variation in concentration of radiocarbon with time and location on earth. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen*, 61: 94-102.
- Dean, J. S. 1978A. Tree-ring dating in archaeology. *Miscellaneous Collected Papers*, 19 (24): 129-63.
- Dean, J.S. 1978B. Independent dating in archaeology analysis. In: B. Schiffer (eds.): *Advances in archaeological method and theory*. New York: Elsevier Press: 223-55.
- Dehling, H. & Van der Plicht, J. 1993. Statistical problems in calibrating radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 35 (1): 239-44.
- De Mulder, G., Strydonck, M., Boudin, M. 2016. The impact of cremated bone dating on the archaeological chronology of the low countries. *Radiocarbon*, 51 (2): 579-600.
- De Mulder, G., Boudin, M., Capuzzo, G., Warmenbol, E., Vercauteren, M., Annaert, R., Tys, D. & Snoeck, C. 2018. CRUMBEL: Cremations, Urns and Mobility. Ancient population dynamics in Belgium. *International Radiocarbon conference. Trondheim 17-22 June 2018*.
- D'Errico, F., Banks, W.E., Vanhaeren, M., Laroulandie, V. & Langlais, M. 2011. PACEA Geo-Referenced Radiocarbon Database. *PaleoAnthropology Society*: 1-12.

- Díaz, N., Solórzano, E., Montiel, R., García, C., Yañez, C., & Malgosa, A. 2004. Determiration genétique de l'individu Néolithique de Segudet (Ordino), les restes humains les plus anciens d'Andorre. *Anthropo*, 7, 39-44.
- Doerr, M., Plexousakis, D., Kopaka, K., & Bekiari, C. 2004. Supporting chronological reasoning in archaeology. In: *Proceedings of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology Conference 2004*.
- 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.
- Dowden, B. 2009. *The Metaphysics of Time: A Dialogue*. Maryland: Rowman & Littlefield Press.
- Duboscq, S. 2017. Caracterización de las relaciones sociales de las comunidades del Nor-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. Unpublished Phd dissertation. Autonomus University of Barcelona .
- Earman, J. 1991. *Bayes or Bust? A Critical Examination of Bayesian Confirmation Theory*. Cambridge: MIT Press.
- Einstein, Al. 1954. *Ideas and Opinions*. New York: Bonanza Books Press.
- Estévez, J., Martín, A. 1991, El nivel epicardial de la Cova del Frare (Matadepera, Barcelona), *Colloque Néolithique Ancien*, 129-133.
- Fíguls, A., Grandia, F., & Weller, O. 2012. Assaig sobre la xarxa d'intercanvis de recursos naturals, béms semielaborats i béms acabats en roques metamòrfiques i ígnies al “Solsonià”. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 223-232.
- Fíguls, A., Weller, O., Grandia, F., Bonache, J., González, J., & Lanaspá, R. M. 2013. La primera explotación minera de la sal gema: la Vall Salina de Cardona (Cataluña, España). *Chungará (Arica)*, 45 (1): 177-195.
- Fletcher, R. 1992. Time perspectivism. *Annales*, 35-49.

- Fontanals, M. 2015. Estudi dels modes de subsistència de les comunitats neolítiques del nord-est de la Península Ibèrica: Reconstrucció paleodietètica a partir dels els isòtops estables. Unpublished PhD dissertation. Autonomous University of Barcelona.
- Fontanals-Coll, M.; Subirà, M.E.; Díaz-Zorita, M.; Duboscq, S. y 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). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 3: 160-170.
- Fontanals, M.; Subirà, M.E.; Díaz-Zorita, M. y Gibaja, J.F. 2017: First insight into the Neolithic subsistence economy in the north-east Iberian Peninsula: paleodietary reconstruction through stable isotopes. *American Journal of Physical Anthropology*, 162: 36-50.
- Fortó, A., Martínez, P., & Muñoz, V. 2005. El jaciment arqueològic de Ca l'Estrada (Canovelles). *Lauro: revista del Museu de Granollers*, 28: 5.
- Fullola, J. M., García, P. 2006. La Cueva del Parco (Alós de Balaguer, Lleida) y el Abrigo del Filador (Margalef de Montsant, Tarragona): dos secuencias clave para el conocimiento del epipaleolítico en el nordeste peninsular. In: J.M. Fullola & P. García (eds.): *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular*. Álava: Diputación Foral de Álava Press: 121-133.
- Galy, G.R. 1964. Sépultures en fosse et paléogéographie. *Caesaraugusta*, 23-24: 57-78.
- Gamba, C., Fernández, E., Tirado, M., Deguilloux, M. F., Pemonge, M. H., Utrilla, P., Edo, M., Molist, M., Rasteiro, R., Chikhi, L. & Arroyo, E. 2012. Ancient DNA from an Early Neolithic Iberian population supports a pioneer colonization by first farmers. *Molecular Ecology*, 21(1): 45-56.
- Gamble, C., Davies, W., Pettitt, P., Hazelwood, L., & Richards, M. 2005. The archaeological and genetic foundations of the European population during the Late Glacial: implications for 'agricultural thinking'. *Cambridge Archaeological Journal*, 15(2), 193-223.

- Gassin, B., Marchand, G., Binder, D., Claud, E., Gueret, C., & Philibert, S. 2010. Late Mesolithic Notched Blades: Tools for Plant Working. *International Conference on Use-Wear Analysis*. Cambridge: Scholars Publishing: 224-231.
- Gely, B. 2005. Nouvelles datations des restes humains néolithiques de la nécropole du Replat à Aime (Savoie). *Bilan Scientifique de la région Rhône-Alpes*, 186.
- Gibaja, J. F. 2002. Las hoces neolíticas del noreste de la Península Ibérica. *Préhistoires Méditerranéennes*, 10-11: 83-96.
- Gibaja, J.(2003). Comunidades neolíticas del Noreste de la Península Ibérica. *British Archaeological Reports*, 1140.
- Gibaja, J. F. 2004. Prácticas funerarias durante el Neolítico en Cataluña. *Mainake*, 26, 9-27.
- Gibaja, J. F. & Carvalho, A. F. (2010). *Un paso en un largo camino por recorrer*. In: J.F. Gibaja & A.F. Carvalho (eds.): The last hunter-gatherers and the first farming communities in the South of the Iberian Peninsula and North of Morocco. Faro: Universidade do Algarve Press.
- 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. *Actas del II Congreso de Arqueología Peninsular*. Zamora: Universidad de Zamora Press.
- Gibaja, J. F., Terradas-Batlle, X., Palomo, A., & Clop García, X. 2009.. *Las grandes láminas de sílex documentadas en contextos funerarios del Neolítico final-Bronce inicial en el Nordeste peninsular*. Barcelona: Monografies del Museu d'Arqueologia de Catalunya Press.
- Gibaja, J. F., Majó, T., Chambon, P., Ruiz Ventura, J., & Subirà, M. 2010. Prácticas funerarias durante el Neolítico. Los enterramientos infantiles en el noreste de la Península Ibérica. *Complutum*, 21/2: 47-68.

- 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.
- Gibaja, J., Léa, V., Luglie, C., Bosch, J., Gassin, B., & Terradas, X. 2013. Between Sardinia and Catalonia: contacts and relationships during the Neolithic. In: C.Luglie: *GOROSTI U5b3*. Le Monnier-Mondadori Education Press: 214-233.
- Gibaja, J. F., González, P., Martín, A., Palomo, A., Petit, M. A., Plasencia, X., Remolins, G. & Terradas, X. 2014A. New finds of obsidian blades at Neolithic sites in north-eastern Iberia. *Antiquity*, 340: 1745-1744.
- Gibaja, J. F., Subirà, M., Fontanals-Coll, M., López Onaindia, D., Masclans, A., Martín, A., Martín, P., Mozota, M., Oliva, M. & Remolins, G. 2014B. Coneixent les poblacions neolítiques de la Catalunya interior gràcies a les seves pràctiques funeràries *Actes III Jornades d'arqueologia de la Catalunya central*: 114-119.
- Gibaja, J. F., Ibáñez, J. J., & González, J. E. 2014C. Neolithic sickles in the Iberian Peninsula. Exploring and Explaining Diversity in Agricultural Technology. *Earth Series*, 2: 112-117.
- Gibaja, J. F., Duboscq, S., Esteve, X., Coll, J. M., Martí, M., Martín, A., Mestres, J., Oms, X., Pou, R., Roig, J. & Subirà, M. 2016A. Restes humans dans des structures néolithiques du nord-est de la péninsule Ibérique: dépôts ou sépultures ?. *Actes des XXXVIe Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes 2015*: 193-209.
- Gibaja, J. F., Duboscq, S., Martín, A., Roig, J., Oms, F. X., Martín, P., Nadal, J., Mozota, M., Oliva, M., Coll, J.M., Palomo, A., Remolins, G., Terradas, X., Masclans, A. & Mestres, J. (2016B). Caractérisation de l'outillage, des récipients et des ornements des sépultures de la culture des «Sepulcros de Fosa». *Actes du colloque international tenu à Paris (France) 2014* : 47-56.
- Gibaja, J.F.; Torchy, L. & Gassin, B. 2016C: L'utilisation de l'outillage lithique taillé destiné à l'acquisition et à la transformation des aliments au Néolithique moyen en



- Méditerranée nord-occidentale. In: T. Perrin, P. Chambon, J.F. Gibaja & G. Goude (eds.): *Le Chasséen, des Chasséens ; retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de fossa, Cortailod, Lagozza*. Paris: Archives d'Ecologie Préhistorique Press: 273-284.
- Gibaja, J. F., Duboscq S., Esteve, X., Coll, J. M., Martí, M., Martín, A., Mestres, J., Oms, X., Pou, R., Roig, J., Subirà, M. E. 2017A. Restes humains dans des structures néolithiques du nord-est de la péninsule Ibérique : dépôts ou sépultures ? In: M. Lauwers. & A. Zémour (eds.): *Qu'est-ce qu'une sépulture ? Humanités et systèmes funéraires de la Préhistoire à nos jours. Actes des XXXVIe Rencontres internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. Antibes: Editions APDCA Press: 193-209.
- Gibaja, J.F., Subirà, M.E., Martín, A., Mozota, M., Roig, J. 2017B. *Mirando a la muerte: las prácticas funerarias durante el Neolítico en el Noreste peninsular*. Castellón de la Plana: Editorial E-Ditarx Press.
- Gibaja, J.F., Morell, B., Barceló, J.A., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Roig, J., Martín, A., González, P., Plasencia, J., Coll, J.M., & Subirà, M.E. 2017C. The chronology of the neolithic necropolis "Bòbila Madurell-Can Gambús" in the north-east of the iberian peninsula: Dating the "Pit Burials" cultural horizon and long-range raw materials exchange networks. *Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research.*, 59(6), 1713-1736.
- Gibaja, J. F., Morell, B., López-Onaindía, D., Zémour, A., Bosch, À., Tarrús, J. & Subirà, M. E. (2018A). Nuevos datos cronológicos sobre la cueva sepulcral neolítica de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles, Girona). *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 69, 145-155.
- Gibaja, J. F. G., Oms, F. X. X., Mestres, J., Mazzucco, N., & Palomo, A. 2018B. Primeros resultados sobre la función del utillaje lítico de las primeras comunidades neolíticas asentadas en Les Guixeres de Vilobí (Sant Martí Sarroca, Barcelona). *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 50: 35-56.
- Gkiasta, M., Russell, T.S., Steele, J., Shennan, S. & Steel, J. 2003. Neolithic transition in Europe: the radiocarbon record revisited, *Antiquity*, 77: 45-62.

- Gómez, D., Litton, C.D. & O'hagan, A. 2002. Novel statistical model for a piece-wise linear radiocarbon calibration curve. *Radiocarbon*, 44: 195-212.
- González, P., Utrilla, P., Mazo, C., Valero, B., Sopena, M. C., Morellón, M., Sebastián, M., Moreno, A. & Martínez, M. 2009. Patterns of human occupation during the early Holocene in the Central Ebro Basin (NE Spain) in response to the 8.2 ka climatic event. *Quaternary Research*, 71 (2): 121-132.
- Granados, O., Puig, F. & Barrufet, R. F. 1991. La intervenció arqueològica a Sant Pau del Camp: un nou jaciment prehistòric al Pla de Barcelona. *Tribuna d'arqueologia*, 1991, 27-38.
- Griffiths, S. 2011. Chronological modelling of the mesolithic–neolithic transition in the midlands and north of England. Unpublished Phd dissertation. Cardiff University.
- Gruet, A.M. 1996. A nonparametric calibration analysis. *The Annals of Statistics*, 24(4): 1474-92.
- Guilaine, J. 1974. La chronologie absolue du Néolithique languedo-cien d'après les stratigraphies de la grotte Gazel et de l'abri de Font-Juvénal. Approche géologique des quinze derniers millénaires. *Bulletin de la Société languedocienne de Géographie*, 8(3-4): 293-299.
- Guilaine, J. & Martín, M. 1964. La civilisation catalane des Sepulcros de fosa et les sépultures néolithiques du sud de la France. *Revue d'études ligures*, XXX: 5-30.
- Guilaine, J., Evin, J. & Martzluff, M. 1995. Datacions isotopiques de les capes 1 a 6 de la Balma de la Margineda. *Les excavacions a la balma de la Margineda (1979-1991). Memòries d'excavació del Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya*, 1: 91-95.
- Guilaine, J., Llongueras, M., Marcet, R., Petit, M.A., Vaquer, J. 1981. La cova del Toll (Moià), Barcelona. In: G.M. Camps (eds.): *El Neolític a Catalunya. Taula Rodona de Montserrat. Maig 1980, Tortosa*. Olesa de Montserrat: Publicacions de l'Abadia de Montserrat: 113-112.

- Guilderson, T. P., Reimer, P. J. & Brown, T. A. 2005. The boon and bane of radiocarbon dating. *Science*, 307(5708)362: -364.
- Hajdas, I., Michczynski, A., Bonani, G., Wacker, L., Furrer, H. 2010. Dating bones near the limit of radiocarbon dating method: study case mammoth from Niedeweningen, ZH Switzerland. *Radiocarbon*, 51(2): 675-680.
- Hajdas, I. 2009. Applications of radiocarbon dating. *Radiocarbon*, 51 (1): 79-90.
- Harris, E. C. 1991. *Principios de Estratigrafía arqueológica*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Hedges R. & Pettitt, J. 1999. On the validity of archaeological radiocarbon dates beyond 30.000 BP. In: J. Evin (ed.): *Actes du 3ème Congrès International 14C et Archéologie. Mémoires de la Société Préhistorique Française*, XXVI: 177-41.
- Herbaut, F., & Querré, G. 2004. La parure néolithique en variscite dans le sud de l'Armorique. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 101: 497-520.
- Holdaway, S., & Wandsnider, L. 2008. *Time in archaeology: time perspectivism revisited*. Utah: University of Utah Press.
- Howson, C. & Urbach, P. 1993. *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*. Chicago: Open Court Press.
- Hume, D. 2003 [1888]. *Treatise of Human Nature*. Oxford: Clarendon Press.
- Isern, N., Fort, J., Carvalho, A. F., Gibaja, J. F. & Ibañez, J. J. 2014 . The neolithic transition in the Iberian Peninsula: data analysis and modeling. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 21(2), 447-460.
- Izaguirre, N. 1998, Aplicación de la biología molecular en el estudio antropológico de las poblaciones humanas del pasado: análisis del ADN mitocondrial. Unpublished PhD dissertation. Euskal Herriko Unibersitatea.
- Johnson, C. N. & Brook, B. W. 2011. Reconstructing the dynamics of ancient human populations from radiocarbon dates: 10 000 years of population growth in Australia. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1725): 3748-3754

- Jöris, O. & Weninger, B. 1998. CalPal Software 2016 version. Available in: <http://www.calpal-online.de/>.
- Kant, I. 2002 (1781). *Metaphysical Foundations of Natural Science in Theoretical Philosophy after 1781*. Cambridge: Cambridge University Press,
- Karlsson, H. 2001. *It's about time: the concept of time in Archaeology*. Bricoleur Press.
- Kudela, K & Bobik, P. 2004. Long-term variations of geomagnetic rigidity cutoffs. *Solar Physics*, 224 (1-2): 423-31.
- 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.
- Lanos, P., & Philippe, A. 2015. Event model: a robust Bayesian tool for chronological modeling. Available in: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01241720/>
- Lanos, P., Philippe, A., Lanos, H., & Dufresne, P. 2016. Chronomodel: Chronological modelling of archaeological data using Bayesian statistics.(version 1.5). Available in: <http://www.chromodel.fr>.
- Le Poidevin, R. 2003. *Ravels in Four Dimensions: The Enigmas of Space and Time*. Oxford: Oxford University Press.
- Léa, V. 2003. Mesurer, quantifier et croiser. Une méthode d'approche pour les industries lithiques du Chasséen méridional. *Histoire & mesure*, 18 (XVIII-1/2): 3-38.
- Léa, V. & Vaquer, J. 2010. Diffusion et échange au Néolithique en Méditerranée nord-occidentale. X. Delestre et H. Marchesi. *Archéologie des rivages méditerranées*, 50: 199-210.
- Lee, S. & Bronk Ramsey, C. 2012. Development and Application of the Trapezoidal Model for Archaeological Chronologies. *Radiocarbon*, 54(1): 107-122.
- Leibniz, G.W. 1989 [1714]. *Philosophical Essays*. Indianapolis: Hackett Press.

- Libby, W.F. 1962. Radiocarbon; an atomic clock. *Annual Science and Humanity Journal*: 190-200.
- Libby, W.F. 1963. Accuracy of Radiocarbon Dates. *Science*, 140: 278-80.
- Libby, W.F. Anderson, E.C. & Arnold, J.R. 1949. Age determination by radiocarbon content: world-wide assay of natural radiocarbon. *Science*, 109 (2827): 227-8.
- Litton D. & Leese M.N. 1991. Some statistical problems arising in radiocarbon calibration. In: K. Lockyear., S. Rahtz (eds.): *Computer applications and quantitative methods in Archaeology*. Oxford: BAR International series, 565: 101-9.
- Llovera, X. 1985. La Feixa del Moro (Juberri) i el neolític mig-recent a Andorra. *Memòries d'excavació del Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya*.
- Lock, G. & Molyneaux, B. 2006. *Confronting scale in Archaeology*. New York: Springer Press.
- Loison, G. 1998. La nécropole de Pontcharaud en Basse-Auvergne. In: *Sépultures d'Occident et genèses des mégalithismes*- Paris: Errance Press: 189-206.
- Loison, G., Gisclon, J. L., & Lagrue, A. 1991. La nécropole de Pontcharaud 2 dans le cadre de nouvelles approches du peuplement néolithique de la Basse-Auvergne. *Mémoires du Musée de préhistoire d'Ile-de-France*, 4, 399-408.
- Long, A. & Rippeteau B. 1974. Testing contemporaneity and averaging radiocarbon dates. *American Antiquity*, 39 (2): 205-15.
- Lozano, A. 2017. La cronología y temporalidad del fenómeno megalítico del sureste de la península ibérica. Unpublished Phd dissertation. University of Granada.
- Lubbock, J. 1865. *Praehistoric times*. London: Williams and Norgate MacArthur Press.
- Lucas, G. 2004. *The archaeology of time*. London: Routledge Press.
- Lyman, R. L., & O'Brien, M. J. 2006. *Measuring time with artifacts: a history of methods in American archaeology*. Nebraska: University of Nebraska Press.

- Mahieu, E. 1992. La nécropole de Najac à Siran (Hérault). *Gallia Préhistoire*, 34: 141-164.
- Maluquer de Motes, J. 1949. La cultura de La Lagozza en Catalunya. *Rivista di Studi Liguri*, XV: 46-49.
- Maluquer de Motes, J. 1959. La cultura neolítica del Vallés en el marco de la Prehistoria del Occidente Mediterráneo. *Arxaona*, 1-2: 61-75.
- Manning, K., Colledge, S., Crema, E., Shennan, S. & Timpson, A. 2016. The cultural evolution of neolithic europe. EUROEVOL Dataset 1: Sites, Phases and Radiocarbon Data. *Journal of open archaeology data*, 5(e2): 1-5.
- Manning, S.W. 1999. *A test of Time. The volcano of Thera and the chronology and history of the Aegean and east Mediterranean in the mid second millennium BC*. Oxford: Oxford University Press.
- Markosian, N. 2003. A Defense of Presentism. *Oxford Studies in Metaphysics*, 1: 47-82.
- Martín, A. M. (1986). Reflexión sobre el estado de la investigación del Neolítico en Cataluña y su reflejo en la cronología radiométrica. *Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana*, 48: 84-103.
- Martín, A. 2009. Les sociétés du Néolithique moyen en Catalogne et leur gestion du funéraire. In: J. Guilaine (ed.): *Sépultures et sociétés: du Néolithique à l'Historie*. Paris: Errance Press: 45-67.
- Martín, A. & Villalba, M. J. 1999. Le Néolithique moyen de la Catalogne. *Proceedings of XXIV Congrès Préhistorique de France. Le Néolithique du Nord-Ouest méditerranéen*: 211-224.
- Martín, A., Biosca, A., & Albareda, M. J. 1985. Excavacions a la cova del Frare (Matadepera, Vallès Occidental), dinàmica ecològica, seqüència cultural, i cronologia absoluta. *Memòria d'excavació del Servei d'Arqueologia del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya*.

- Martín, A., Miret, J., Blanch, R.M., Aliaga, S., Enrich, R., Colomer, S., Albizuri, S. & Bosch, J. 1988. Campaña d'excavacions arqueològiques 1987-1988 al jaciment de la Bòbila Madurell-Can Feu (Sant Quirze del Valles, Valles Occidental). *Arrahona*, 3: 9-23.
- Martín, A. & Tarrús, J. 1991. Les groupes de l'horizon néolithique moyen catalan et ses rapports avec le Chasséen. In: A. Beeching., D. Binder. & J.C. Blanchet (eds.): *Identité du Chasséen, actes du colloque international de Nemours, 17-19 mai 1989, Nemours, Mémoires du Musée de Préhistoire d'Île-de-France*, 4: 81-90.
- Martín, A., Bordas, A., & Martí, M. 1996. Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona). Estrategia econòmica y organizaci3n social en el neolítico medio. *Proceedings of I Congr3s del Neolític a la Península Ibérica. Formaci3 i implantaci3 de les comunitats agrícoles. Rubricatum*, 1: 423-434.
- Martín, A., Edo, M., Tarrús, J. & Clop, X. 2010 . Le Néolithique ancien de Catalogne (VI – première moitié du V millénaire av. J.C.). Les séquences chronoculturelles. In: C.Manen., F. Convertini., D. Binder. & I. Sénépart (eds.): *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale. Structures des productions céramiques. Mémoire Société Préhistorique Française*, 51: 197-214
- Martín, A. & Casas, J., 2018. La Bòbila d'en Joca (Montornés del Vallès, Barcelona). In: J.F., Gibaja., M.E., Subirà., A. Martín., M. Mozota & J. Roig (eds.). *Mirando a la Muerte: Las prácticas funerarias durante el Neolítico en el Noreste peninsular*. Castelló de la Plana: Editarx Press.
- Martins, H., Oms, F.X., Pereira, L., Pike, A.W., Rowsell, K. & Zilhão, J. 2015 . Radiocarbon dating the beginning of the Neolithic in Iberia: new results, new problems. *Journal of Mediterranean Archaeology*, 28(1): 105-131.
- Masclans, A., Palomo, A., Gómez, D., Remolins, G. & Gibaja, J. F. 2017. Use-wear analysis of Neolithic polished axes and adzes: The site of Bòbila Madurell-Can Gambús (Northeast Iberian Peninsula). *Quaternary International*, 427: 158-174.

- 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. Unpublished PhD dissertation. University of Girona.
- Masvidal, C. & Mora, R. 1999. El poblamiento neolítico en el Vallés (Barcelona): problemática y propuesta para su estudio. *SAGVNTVM*, 2: 299-306.
- Masvidal, C., González, P. & Mora, R. 2005. El conjunto cerámico de Bòbila Madurell (Sant Quirze del Vallès, Barcelona): bases para su estudio funcional y contextual. In: R. Ontañón, C. García & P. Arias (eds.): *Actas del III Congreso de Neolítico de la Península Ibérica*, 305-316.
- Mazucco, N. 2014. The Human Occupation of the Southern Central Pyrenees in the Sixth-Third Millennia cal BC: a Traceological Analysis of Flaked Stone Assemblages. Unpublished PhD dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- McTaggart, J. M. E. 1927. *The Nature of Existence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mercadal, O. & Vives, E. 1992. Noves dades sobre el ritual d'enterrament al Neolític Mitjà: l'exemple de la Bòbila Madurell. *Proceedings of 9è Col·loqui Internacional d'arqueologia de Puigcerdà. Institut d'Estudis Ceretans*: 157-163.
- Mestres, J. 1989. Les sepultures neolítiques de l'Hort d'en Grimau. *Olerdulae*, 1-4: 97-129.
- Mestres, J. 1992. Neolitització i territori. *Proceedings of the 9è Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*: 72-75.
- Mestres, J.S. 2008. El temps a la prehistòria i el seu establiment a través de la datació per radiocarboni. *Cypsela*, 17: 11-21.
- Mestres, J., & Martín, A. 1996. Calibración de las fechas radiocarbónicas y su contribución al estudio del neolítico catalán. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 1: 791-804.



- Mestres, J., Nadal, J., Senabre, M.R., Socias & J., Moragas, N. 1997. El Pujolet de Moja (Olèrdola, Alt Penedès), ocupació d'un territori durant el neolític i la primera edat del ferro. *Tribuna d'Arqueologia*, 1995-1996: 121-148.
- Mestres, J., Farré, J. & Senabre, R.M. 1998. Anàlisi microespacial de les estructures enfonsades del neolític a l'edat del ferro a la plana del Penedès. *Cypsela*, 12: 11-29.
- Michczynsky, A. 2004. Influence of  $^{14}\text{C}$  concentration changes in the past on statistical inference of time intervals. *Radiocarbon*, 46 (2): 997-1004.
- Michczynsky, A., Michczynsky, D.J. 2006. The Effect of PDF Peaks' Height Increase During Calibration of Radiocarbon Date Sets, Geochronometria. *Journal on Methods and applications of Absolute Chronology*, 25: 1-4.
- Mill, J.S. 1973 [1843]. *System of Logic, Ratiocinative and Inductive: Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation*. London: John W. Parker Press.
- Millard, A. 2014. Conventions for Reporting Radiocarbon Determinations. *Radiocarbon*, 56 (2): 555-559.
- Miller, D. S., & Gingerich, J. A. 2013) Regional variation in the terminal Pleistocene and early Holocene radiocarbon record of eastern North America. *Quaternary Research*, 79 (2): 175-188
- Miró, J.M. 1994. La cronologia dels estils ceràmics neolítics a Catalunya i la datació de  $^{14}\text{C}$  de la Timba del Barenys (Riudoms, Tarragona). *SAGVNTVM*. 27: 57-66.
- Moinat, P. & Chambon, P. 2007. Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental. *Proceedings of Colloque de Lausanne Cahiers d'Arcéologie Romande*, 110.
- Molist, M. 1992. El Neolític Mitjà a Catalunya: estat del coneixement, debats i preguntes a inicis dels anys 90. *Proceedings of 9è Colloqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà. Estat de la Investigació sobre el Neolític a Catalunya*: 157-163.

- Molist, M., Cruells, W., & Camp, J. C. 1987. L'àrea megalítica de Tavertet (Osona). *Cota zero: revista d'Arqueologia i Ciència*, 3: 55-68.
- Molist, M., Saña, M. & Buxó, R. 2003. El neolític a Catalunya: entre la civilització de pastors i agricultors cavernícoles i els primers pagesos del pla. *Cota Zero: revista d'Arqueologia i Ciència*, 18, 34-53.
- Molist, M., Vicente i Campos, O., & Farré, R. 2008. El Jaciment de la caserna de Sant Pau del Camp: Aproximació a la caracterització d'un assentament del neolític antic. *Quaderns d'Arqueologia i Història de la ciutat de Barcelona*, 4: 15-24
- Molist, M., Bofill, M., Borrell, F., Bosch, J., Buxó, R., Chambon, P., Clop, X., Gibaja, J.F., Gómez, A., Nadal, J., Oliva, M., Ortiz, A., Saña, M. & Vicente, O. 2012. La caserna de Sant Pau del camp (Barcelona): Una aproximació a los modelos de circulación de productos e ideas en un contexto funerario postcardial. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 449-458.
- Mook, W.G. & Streurman, HJ. 1983. Physical and chemical aspects of radiocarbon dating. *PACT*, 8: 31-55.
- Morales, J. I., & Oms, F. X. 2012. Las últimas evidencias mesolíticas del NE peninsular y el vacío pre-neolítico. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 35-42.
- Morell, B., Barceló, J.A., Oms, X., Remolins, G., Subirà, M.E., Chambon, P. & Gibabja, J.F. 2018A. Tracing the Chronology of Neolithic pit and cist burials in North-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19: 491-504.
- Morell, B., Duboscq, S., Masclans, A., Remolins, G., Pou, R., Marti, M., Barceló, J.A., Oms, X., Santos, F.J., Mozota, M., Subirà, M.E. & Gibaja, J.F. 2018B. Chronology of the Neolithic Necropolis at Camí de Can Grau (NE Iberian Peninsula). Funerary pattern changes and long-distance raw material exchanges. *Comptes Rendus Palevol*, 16: 399-412.
- Morgan, L. H. 1877. *Ancient society; or, researches in the lines of human progress from savagery, through barbarism to civilization*. New York: H. Holt Press.

- Mozota, M., & Gibaja, J. F. 2015. "For a few awls more". Bone tools in northeastern Iberia Neolithic burials (4th–5th millennia cal BC). A morpho-technical and functional approach. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 4: 65-77.
- Münnich KO, Östlund HG & De Vries HL. 1959. Carbon-14 Activity during the Past 5000 years. *Nature*, 182: 1432-3.
- Muñoz, A.M. 1965. La cultura neolítica catalana de los "Sepulcros de Fosa". Barcelona: Instituto de Arqueología y Prehistoria Press.
- Murray, T. 1993. Archaeology and the threat of the past: Sir Henry Rider Haggard and the acquisition of time. *World archaeology*, 25(2): 175-186.
- Murray, T. 1997. *Time, Process and Structured Transformation in Archaeology*. London: Routledge Press.
- Murray, T. 1999. *Time and archaeology*. London: Routledge Press.
- Nelson, D.E., Vogel, J.S., Southon, J.R. & Brown, T.A. 1986. Accelerator radiocarbon dating at SFU. *Radiocarbon*. 28(2): 215-22.
- Newton, I. 1972 [1726]. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Oinonen, M., Pesonen, P., & Tallavaara, M. 2010. Archaeological radiocarbon dates for studying the population history in eastern Fennoscandia. *Radiocarbon*, 52(2), 393-407.
- Oliva, M. 2015A. Bases para el estudio de las cuentas de collar petreas de color verde del suroeste de la Península Ibérica del VIo Milenio aC al IVo aC. *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 17: 81-91.
- Oliva, M. 2015B. 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. Unpublished PhD dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- Olsson, E. A & Broecker, W.S. 1958. Sample contamination and reliability of radiocarbon dates. *Transactions New York Academy Sciences*, 20: 593-604.

- Oms, F.X., Petit, M.A., Morales, J.I. & García, M.S. 2012. Le processus de néolithisation dans les Pyrénées orientales. Occupation du milieu, culture matérielle et chronologie. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 109(4): 651-670.
- 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 14 C. *Radiocarbon*, 58 (02): 291-309.
- Oms, F.X., Daura, J., Sanz, M., Mendiola, S., Pedro, M. & Martínez, P. 2017. First evidence of múltiple short time human inhumations from the Cardial culture (Cova Bonica, Barcelona, NE of Iberian Peninsula). *Journal of Field Archaeology*, 42(1): 43-53.
- Ottaway, B. 1973A. Dispersion diagrams: a new approach to the display of carbon-14 dates. *Archaeometry*, 15(1): 5-12.
- Ottaway, B. 1973B. Estimating the duration of cultures. *Antiquity*, 47(187): 231.
- Ottaway, B. 1986. Is radiocarbon dating obsolescent for archaeologists?. *Radiocarbon*, 28 (2A): 732-738.
- Pallarés, M., Bordas, A. & Mora, R. 1997. El proceso de neolitización en los Pirineos Orientales. Un modelo de continuidad entre los cazadores-recolectores neolíticos y los primeros grupos agropastoriles. *Trabajos de Prehistoria*, 54(1): 121-141.
- Palomo, A. 2012. Tecnologia lítica i de la fusta de la prehistòria recent al nord-est peninsular. Anàlisi tecnomorfològica i experimental. Unpublished PhD dissertation. Autonomus University of Barcelona.
- Pearson, G.W. 1987. How to cope with calibration. *Antiquity*, 61: 98-103.
- Pericot, L. 1934. *Historia de España. Tomo I. Épocas primitiva y romana*. Barcelona: Instituto Gallach Press.
- Peros, M. C., Munoz, S. E., Gajewski, K., & Viau, A. E. 2010. Prehistoric demography of North America inferred from radiocarbon data. *Journal of Archaeological Science*, 37(3): 656-664.

- Pesonen, P., Kammonen, J., Moltchanova, E., Oinonen, M., & Onkamo, P. 2011. Archaeological radiocarbon dates and ancient shorelines-resources and reservoirs. *Proceedings of the seminar "The Sea Level Displacement and Bedrock Uplift"*, 7: 119-29.
- Petchey, F. & Higham, T. 2000. Bone Diagenesis and Radiocarbon Dating of Fish Bones at the Shag River Mouth Site, New Zealand. *Journal of Archaeological Science*, 27(2): 135-50.
- Pétrequin, P. 2002. Produir i bescanviar signes socials: ornaments, punyals i destrals de pedra al neolític europeu. *Cota zero: revista d'Arqueologia i Ciència*, 17: 82-97.
- Pétrequin, P., Cassen, S., Croutsch, C., & Weller, O. 1997. Haches alpines et baches carnacennes dans l'Europe du Vème millenaire. *Notae praehistoricae*: 135-150.
- Piqué, R. 1998. Dinàmica paleoambiental entre el 80.000-5.000 BP al nord-est de la península ibèrica: les dades antracològiques. *Revista d'Arqueologia de Ponent*, 8: 7-17.
- Plasencia, J. 2016. Bòbila Madurell-Mas Duran: Formas de vida durante en el Neolítico medio y final del nordeste peninsular, Unpublished Phd dissertation. Autonomous University of Barcelona.
- Popper, K.R. 1959 [1934]. *The Logic of Scientific Discovery*, New York: Basic Books Press.
- Pou, R. & Martí, M. 1995. Els Sepulcres de Fossa al Vallès. Estudi de les necròpolis de la Bòbila Madurell i del Camí de Can Grau. Unpublished master thesis. Autonomous University of Barcelona.
- Pou, R., Martí, M., Bordas, A., Díaz, J. & Martín, A. 1996. La cultura de los Sepulcros de Fosa en el Vallès. Los yacimientos de "Bòbila Madurell" y "Camí de Can Grau" (St. Quirze del Vallès y la Roca del Vallès-Barcelona). *Rubricatum*, 1: 519-526.
- Pou, R., Martí, M., Jordana, X., Malgosa, A. & Gibaja, J.F. 2010. L'enterrament del Neolític Antic de la Plaça de la Vila de Madrid (Barcelona). Una estructura funerària del VIè mil·lenni aC. *Quaris. Època II*, 6: 94-107.

- Poupeau, G., Lugliè, C., D'Anna, A., Carter, T., Le Bourdonnec, F. X., Bellot-Gurlet, L., & Bressy, C. 2010. Circulation et origine de l'obsidienne préhistorique en Méditerranée. Un bilan de cinquante années de recherches. *Archéologie des rivages Méditerranéens*, 50: 183-191.
- Querré, G.; Domínguez-Bella, S. & Cassen, S. 2012. La variscite ibérique. Exploitation, diffusion au cours du Néolithique. In: G. Marchand & G. Querré (eds.): *Roches et Sociétés de la Préhistoire. Entre massifs cristallins et bassins sédimentaires*. Rennes: Presses Universitaires Press: 307-315.
- Ramenofsky, A. F. 1998. *The illusion of time. Unit Issues in Archaeology: Measuring Time Space and Material*. Utah: University of Utah Press.
- Ramsey, F. 2016. Truth and Probability. Readings in Formal Epistemology. London: Springer Press.
- Reichenbach, H. 1971 [1935]. *The Theory of Probability*. Berkeley: University of California Press.
- Reimer, P. J. & Reimer, R. W. 2001. A marine reservoir correction database and on-line interface. *Radiocarbon*, 43(2A): 461-463.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S. & Van der Plicht, J. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55: 1869–87.
- Remolins, G.; Gibaja, J.F.; Alliése, F.; Fontanals-Coll, M.; Martin, P.; Masclans, A.; Mazzucco, N.; Mozota, M.; Oliva, M.; Oms, F.X.; Terradas, X.; Santos, F.J.; Subirà, M.E. & Llovera, X. 2016. The Neolithic Necropolis of La Feixa del Moro (Juberri, Andorra): new data on the first farming communities in the Pyrenees. *Comptes Rendus Palevol*, 15: 537-554.

- Renfrew, C. 1974. *Before civilization: The radiocarbon revolution and prehistoric Europe*. London: Knopf Press.
- Rhode, D., Brantingham, P. J., Perreault, C., & Madsen, D. B. 2014. Mind the gaps: testing for hiatuses in regional radiocarbon date sequences. *Journal of Archaeological Science*, 52: 567-577.
- Ribé, G. 1996. Espacio y territorio entre el neolítico antiguo y medio en la región del Penedès. Bases y resultados de un programa de investigación arqueológica espacial en la Catalunya litoral y prelitoral. *Proceedings of I Congrès del Neolític a la Península Ibèrica*: 379-390
- Ripoll, E. & Llongueras, M. 1967. Notas sobre sepulcros de fosa catalanes. *Empúries*, 29: 240-257.
- Roig, J. & Coll, J. M. 2010A. La necròpolis del neolític mitjà de Can Gambús-1 (Sabadell, Vallès Occ.): Nova tipologia dels sepulcres de fosa i pràctiques funeràries durant el IV mil·lenni Cal BC a Catalunya. *Cypsela*, 18: 93-122
- Roig, J., Coll, J. M., Gibaja, J. F., Chambon, P., Villar, V., Ruiz, J., Terradas, X. & Subirà, M. 2010B. La necròpolis 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*, 67.1: 59-84.
- Russell, B. 1929. *Our Knowledge of the External World*. New York: W. W. Norton and Co Press.
- Sampietro, M. 2007. Genetic Analysis of the prehistoric peopling of Western Europe: Ancient DNA the role of contamination. Unpublished PhD dissertation. Pompeu Fabra University.
- Saña, M. 1994. Gestió i explotació de recursos faunístics (macrofauna). In: J. Bosch & A. Estrada: *El Neolític Postcardial a les Mines Prehistòriques de Gavà (Baix Llobregat), Rubricatum*: 179-185.

- Saña, M. 1998. Arqueozoologia i faunes neolítiques a Catalunya. Problemàtica plantejada entorn a la dinàmica del procés de domesticació animal. *Cypsela*, 12, 99-110.
- Saña, M., Antolín, F., Bergadà, M., Castells, L., Craig, O., Edo, M. & Spiteru, C. 2015. Prácticas agropecuarias durante el neolítico antiguo y el neolítico medio en la cueva de Can Sadurní: una aproximación interdisciplinar. *Proceedings of 5º Congreso do Neolítico Peninsular*: 57-66.
- Schiffer, M.B. 1986. Radiocarbon dating and the "old wood" problem: the case of the Hohokam chronology. *Journal of Archaeological Science*, 13(1): 13-30.
- Schmitt, A. 2015. Pratiques mortuaires en fosse au Néolithique moyen dans le midi de la France: caractérisations et éclairages interprétatifs. *L'Anthropologie*: 119, 1-37.
- Seguí, M. S., Blasco, A., Capdevila, R. B., Villalba, M. J., Juan-Tresserras, J. & Edo, M. 1999. Del cardial al postcardial en la cueva de Can Sadurní (Begues, Barcelona): primeros datos sobre su secuencia estratigráfica, paleoeconómica y ambiental. *SAGVNTVM*, 2: 59-67.
- Serra, J. 1927. *Civilització megalítica a Catalunya: contribució al seu estudi*. Musaeum Archaeologicum Dioecesanum Press.
- Serra, J. 1947. *El poblament prehistòric de Catalunya*. Barcelona: Barcino Press.
- Shennan, S. & Edinborough, K. 2007. Prehistoric population history: from the Late Glacial to the Late Neolithic in Central and Northern Europe. *Journal of Archaeological Science*, 34(8): 1339-1345.
- Smith, M. A. & Ross, J. 2008. What happened at 1500—1000 cal. BP in Central Australia? Timing, impact and archaeological signatures. *The Holocene*, 18(3): 379-388.
- Snoeck, C., Brock, F., & Schulting, R. J. (2014). Carbon exchanges between bone apatite and fuels during cremation: impact on radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 56(2): 591-602.
- Steel, D. (2001). Bayesian statistics in radiocarbon calibration. *Philosophy of Science*, 68(S3): 153-S164.



- Steele, J. 2010. Radiocarbon dates as data: quantitative strategies for estimating colonization front speeds and event densities. *Journal of Archaeological Science*, 37(8): 2017-2030.
- Strevens, M. 2004, "Bayesian Confirmation Theory: Inductive Logic, or Mere Inductive Framework?. *Synthese*, 141: 365–379.
- Strydonck, M., Nelson D.E., Crombé, P., Bronk Ramsey, C., Scott E.M., Van der Plicht J. & Hedges Rem. 1999. What's in a 14C date. *Mémoires de la Société Préhistorique Française*, 26: 433-48.
- Strydonck, M., Van., Boudin, M. & Mulder, G. 2016. C14 dating of cremated bones: the issue of sample contamination. *Radiocarbon*, 51(2): 553-568.
- Stuiver, M & Braziunas TF. 1993. Modelling atmospheric 14C influences and 14C ages of marine samples to 10.000 BC. *Radiocarbon*, 35(1): 137-89.
- Stuiver, M. & Polach, H.A. 1997. Discussion: reporting of 14C Data. *Radiocarbon*, 19(3): 355-363.
- Stuiver, M., Pearson, G.W., & Braziunas, T.F. 1986. Radiocarbon age calibration of marine samples back to 9000 cal yr BP. *Radiocarbon*, 28 (2B): 980-1021.
- Stuiver, M., Reimer, P.J., Reimer, W. 2005. CALIB5.0. Software. Available in: <http://calib.qub.ac.uk/calib/>
- Suess, H.E. 1970. Bristelcone-pine calibration of radiocarbon time 5200 BC to present. In: I.U. Olsson (ed.): *Radiocarbon variations and absolute chronology*. Stockholm: Almqvist & Wiksell Press: 303-312.
- Surovell, T., Finley, J., Smith, G., Brantingham, J.P. & Kelly, R. 2009. Correcting temporal frequency distributions for taphonomic bias. *Journal of Archaeological Science*, 36: 1715-1724.
- Tableman, M. & Kim, J. S. 200). *Survival analysis using S: analysis of time-to-event data*. London: Chapman and Hall/CRC.

- Talma, A.S & Vogel, J.C. 1993. A simplified approach to calibrating 14C dates. *Radiocarbon*, 35(2): 317-22.
- Tarradell, M. 1960. La cultura de los sepulcros de fosa en Cataluña y el problema de sus relaciones con Valencia y Almería. *Saitabi*, V: 5-25.
- Tarrús, J. 1985. Consideracions sobre el Neolític final-Calcolític a Catalunya (2500-1800 a. C.). *Cypsela*, 5: 47-57
- Tarrús, J. 1987. El megalitisme a l'Alt Empordà (Girona): els constructors de dòlmens entre el Neolític mitjà i el Calcolític a l'Albera, Serra de Roda i Cap de Creus. *Cota Zero*, 3: 36-54.
- Telford, R.J., Heegaard, E., Birks, H.J.B. 2004. The intercept is a poor estimate of a calibrated radiocarbon age. *The Holocene*, 14 (2): 296-8.
- Ten, R. 1980. Notes entorn del neolític vallesà. *Arraona: revista d'Història*, 10: 6-25.
- Ten, R. 1986. La cova sepulcral neolítica epicardial dels lladres (Vacarisses, Vallès Occidental). *Empúries: revista de món clàssic i antiguitat tardana*, 48: 352-355.
- Ten, R. 1989. El jaciment arqueològic de la cova de les Animes (Matadepera) en el marc del Neolític Epicardial. *Proceedings of Trobada d'estudiosos de Sant Llorenç del Munt i Orbac*: 101-102.
- Terradas, X. & Gibaja, J. F. 2002. La gestión social del sílex melado durante el neolítico medio en el nordeste de la Península Ibérica. *Trabajos de prehistoria*, 59 (1): 29-48.
- Terradas, X., Gratuze, B., Bosch, J., Enrich, R., Esteve, X., Oms, F. X., & Ribé, G. 2014. Neolithic diffusion of obsidian in the western Mediterranean: new data from Iberia. *Journal of Archaeological Science*, 41, 69-78.
- Terradas, X., Palomo, A., Clop, X. & Gibaja, J. F. 2005. Primeros resultados sobre el estudio de grandes láminas procedentes de contextos funerarios del nordeste de la Península Ibérica. *Proceedings of III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*: 349-357.

- Torring, T. 2015. Neolithic population and summed probability distribution on 14C dates, *Journal of Archaeological Science*, 63: 193-198.
- Tresset, A. & Vigne, J. 2007. Substitution of species, techniques and symbols at the Mesolithic-Neolithic transition in Western Europe. In: A, Whittle & V. Cummings (eds.): *Going over: the Mesolithic-Neolithic transition in NW Europe*. London: British Academy Press: 144- 189.
- Turney, C. S., Roberts, R. G., & Jacobs, Z. 2006. Archaeology: progress and pitfalls in radiocarbon dating. *Nature*, 443 (7108): E3.
- Ubelaker, D.H., Buchholz, B.A. & Stewart, J.E.B.2006. Analysis of artificial radiocarbon in different skeletal and dental tissue types to evaluate date of death. *Journal of Forensic Sciences*, 51(3): 484-488.
- Van der Plicht J. 2004. Radiocarbon calibration -past, present and future. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, 223-224: 353-358.
- Van der Plicht, J., & Mook, W.G. 1987. Automatic radiocarbon calibration: illustrative examples. *Paleo-historica*, 29: 173-82.
- Van Klinken, G.J. 1999. Bone collagen quality indicators for paleodietary and radiocarbon measurements. *Journal of Archaeological Science*, 26 (6): 687-95.
- Vaquer, J. 1998. Les sépultures du Néolithique moyen en France méditerranéenne. In: J. Guilaine: *Sépultures d'occident et genèse des mégalithismes (9500–3500)*. Paris: Errance Press: 167-186.
- Vaquer J. 2007. Les tombes à dalles du Néolithique moyen dans la zone nord pyrénéenne. In: P. Moinat & P. Chambon (eds.): *Les cistes de Chamblandes et la place des coffres dans les pratiques funéraires du Néolithique moyen occidental, Actes du colloque de Lausanne, Lausanne et Paris, Cahiers d'Archéologie Romande & Mémoires de la Société préhistorique française*, 43: 13-25.

- Vaquer, J. 2012. Réflexions sur échanges de biens matériels lithiques entre le midi de la France et le nord de la péninsule Ibérique au néolithique et au chalcolithique. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 565-574.
- Vaquer, J. 2014. Les pratiques funéraires au Néolithique moyen dans le Midi de la France. *Rivista di Scienze Preistoriche*, LXIV: 5-24.
- Vaquer, J. & Guilaine, J. 1990. *Le néolithique en Languedoc occidental*. Paris: Editions du CNRS.
- Vaquer, J. & Lea, V. 2011. Diffusion et échanges au Néolithique en Méditerranée nord-occidentale. In: A. Blasco, Edo, M. & M. Villalba: *La cova de Can Sadurn i la Prehistòria de Garraf. Recull de 30 anys d'investigació*. Milano: Hungony Editore Press: 265-291.
- Vaquer J., Castany, J. & Martín A. 2013. Le rôle du silex bédoulien du Vaucluse dans la compréhension de la chronologie et des relations culturelles du Néolithique moyen solsonien. *Proceedings og 3er col.loqui d'Arqueologia d'Odèn (el Solsonès): Darreres investigacions al Prepirineu Lleidatà 2009-2011. Edicions del GPS i del Museu Diocesà i Comarcal de Solsona*: 47-56.
- Vaquer, J., Martín, A., Pétrequin, P. & Errera, M. 2012. Les haches alpines dans les sépultures du Néolithique moyen pyrénéen: importations et influences. In: P. Pétrequin., S. Cassen., M. Errera., L. Klassen., A. Sheridan & A.M.Pétrequin (eds.): *Jade, Grandes haches alpines du Néolithique européen Ve au IVe millénaire av. J.-C. Cahier de la MSHE Ledoux, série Dynamiques territoriales*, 17 (2), 872-917.
- Vaquer, J., Duday, H., Gandelin, M., Tresset, A. & Herouin, S. (2007). La tombe néolithique de Coste Rouge, Beaufort (Hérault) et la question des tombes à dalles néolithiques dans le nord-est des Pyrénées. *Gallia Préhistoire*, 49: 127-159.
- 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. In: Pétrequin, A.M., Pétrequin, P. & Lo Carmine, A. (eds.): *JADE. Grandes Haches*

*Alpes Du Néolithique Européen, Ve et IVe Millénaires Av. J.-C.* Presses Universitaires de Franche-Comté Press: 872-917.

Villalba, M. J. (1999). Las sepulturas neolíticas del complejo de Can Tintorer y el modelo social de la población minera. *Revista d'arqueologia de Ponent*, (9), 41-73.

Villalba, M. J., & Catalunya. Servei d'Arqueologia. (1986). Les mines neolítiques de Can Tintorer: Gavà: excavacions 1978-1980. Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

Wacker, L., Nemeç, M. & Bourquin, J. (2010A). A revolutionary graphitisation system: fully automated, compact and simple. *Nuclear Instruments and Methods B*, 268: 931-934.

Wacker, L., Bonani, G., Friedrich, M., Hadjas, I., Kromer, B., Nemeç, M., Ruff, M., Suter, M., Synal, H.-A. & Vockenhuber, C. 2010B. Micadas: routine and high-precision radiocarbon dating. *Radiocarbon*, 52 (2): 252-262.

Ward, G. K. & Wilson, S. R. 1978. Procedures for comparing and combining radiocarbon age determinations: a critique. *Archaeometry*, 20(1): 19-31.

Ward, W. 1978. Procedure for combining radiocarbon age determination: a procedure for comparing and combining radiocarbon ages. *Archaeometry*, 20: 19-31.

Waterbolk, H.T.1971. Working with radiocarbon dates. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 37: 15-33.

Weller, O. & Fíguls, A. 2007. L'intercanvi com a dinamitzador econòmic del Neolític mitjà a Catalunya i la primera explotació minera de sal gemma d'Europa: la vall Salina de Cardona (Barcelona). *Cota zero: revista d'Arqueologia i Ciència*, 22: 101-111

Weller, O., & Fíguls, A. 2012. Los intercambios a media y larga distancia y el rol de la sal en el Neolítico medio en el Altiplano y Prepirineo central catalán. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5: 201-212.

Weninger, B., Edinborough, K., Bradtmoller, M., Collard, M., Crombé, P., Danzeglocke, U., Holst, D., Jöris, O., Niekus, M., Shennan, S. & Schulting, R. 2009. A Radiocarbon

- Database for the Mesolithic and Early Neolithic in Northwest Europe. In: P. Crombé, M. Van Strydonck, M. Boundin & M. Batz (eds.): *Chronology and Evolution in the Mesolithic of Northwest Europe*. Cambridge: Scholar Publishing Press: 143-176.
- Weninger, B., Edinborough, K., Clare, L. & Jöris, O. 2011. Concepts of probability in radiocarbon analysis. *Documenta Praehistorica*, XXXVIII: 1-20.
- Whitrow, G. 1988. *Time in history: the evolution of our general awareness of time and temporal perspective*. Oxford: Oxford University Press.
- Whittle, A. W. R., Healy, F. M. A. & Bayliss, A. 2011. *Gathering time: dating the early Neolithic enclosures of southern Britain and Ireland*. London: Oxbow Books Press.
- Wicks, K., Pirie, A. & Mithen, S. J. 2014. Settlement patterns in the late Mesolithic of western Scotland: the implications of Bayesian analysis of radiocarbon dates and inter-site technological comparisons. *Journal of Archaeological Science*, 41: 406-422.
- Williams, A. N. 2012. The use of summed radiocarbon probability distributions in archaeology: a review of methods. *Journal of Archaeological Science*, 39(3): 578-589.
- Yáñez, C. 2003. La tomba de Segudet (Ordino): una nova aportació per al neolític a Andorra. *Papers de recerca Històrica, Societat Andorrana de Ciències*, 1: 10-23.
- Zapata, L., Peña, L., Pérez, G. & Stika, H. P. (2004). Early neolithic agriculture in the Iberian Peninsula. *Journal of World Prehistory*, 18(4): 283-325.
- Zemour, A. 2013. Gestes, espaces et temps funéraires au début du Néolithique (6<sup>e</sup> millénaire et 1<sup>ère</sup> moitié du 5<sup>e</sup> millénaire cal-BC) en Italie et en France méridionale: Reconnaissance des témoins archéologiques de l'après-mort. Unpublished PhD dissertation. Nice Sophia-Antipolis University.
- Zilhão, J. 2001. Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 98 (24): 14180-14185.



## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS (TESIS) / LIST OF TABLES AND FIGURES (THESIS).

<b>Figure 1.</b> Map of all the site of the "Pit Burial" horizon documented to date (map provided by Gerard Remolins).....	<b>38</b>
<b>Figure 2.</b> Top of figure: Feixa del Moro (Juberri, Andorra), stone box burial. Photographs taken during fieldworks in 1984 (1. Frontal view of the grave; 2. Top view of the grave) Photographs archived by the Cultural Heritage of Andorra and published in Remolins et al. 2016. Bottom of figure: General view of the UF16 pit grave of Can Gambús 2 (Sabadell, Barcelona) and detail of chipped stone tools deposited as grave goods (Bravo et al. 2015 and Gibaja et al. 2016).....	<b>39</b>
<b>Figure 3.</b> Honey flint artefacts from the necropolis of “Bòbila Madurell Can Gambús” (picture provided by Alba Masclans and produced by J.F.Gibaja Bao): a) cores from structures E-70 & E-228 (Gibaja & Terradas 2012); b) projectile points; c) blade from structure MF-17; d) blade from structure B16; d) blade from structure B16 and e) blade from structure B16 (photograph by J.Ariza, SAP Archive, reproduced from Martín et al. 2016).....	<b>42</b>
<b>Figure 4.</b> Polished axes and adzes from the necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús” (images provided by Alba Masclans and Juan F. Gibaja).....	<b>43</b>
<b>Figure 5.</b> Variscite beads from structure MS61 of the necropolis of “Bobila Madurell-Can Gambús” (images provided by Juan F. Gibaja Bao).....	<b>44</b>
<b>Figure 6.</b> Obsidian bladelets from: 1) MS21b; 2) MS7; 3) “Habitation” 1; 4) BMD55 and 5) the H8 structures of “Bòbila Madurell-Can Gambús” (image extracted from Gibaja et al. 2014).....	<b>46</b>
<b>Figure 7.</b> “Square-mouthed” pottery vessel from BM 11.4 burial of the necropolis of “Bòbila Madurell-Can Gambús” (image provided by Jordi Roig).....	<b>47</b>
<b>Figure 8.</b> Typology of the Pit Burials according to Duboscq 2017 and Martín et al. 2017.....	<b>49</b>
<b>Figure 9.</b> Example of a silo burial: Structure E11 from “Horts de Can Torras” (image produced by Arrago S.L., extracted from Coll & Roig 2005).....	<b>50</b>
<b>Figure 10.</b> Different kinds of contemporaneity relationships according to Allen's calculus for temporal reasoning (Allen 1983).....	<b>69</b>
<b>Figura 11.</b> El ciclo del Radiocarbono (Fuente: <a href="http://www.science.howstuffworks.com">www.science.howstuffworks.com</a> ).....	<b>77</b>



<b>Figura 12.</b> Gráfico del período de semidesintegración o semivida de un grupo de núcleos radioactivos (gráfico cedido por F.Javier Santos).....	<b>78</b>
<b>Figura 13.</b> Variabilidad de la concentración de <sup>14</sup> C en la atmósfera a lo largo de la Historia (gráfico cedido por F.J.Santos).....	<b>83</b>
<b>Figura 14.</b> Tramo de las curvas de calibración IntCal 13, SHCal13 y Marine 13.....	<b>87</b>
<b>Figura 15.</b> Gráfico de la simulación de la combinación de dos fechas radiocarbónicas procedentes de un mismo individuo a través de la prueba de Chi-Cuadrado. Ha sido realizado con el software OxCal v.4.3 (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al. 2013).....	<b>95</b>
<b>Figura 16.</b> Suma de las distribuciones de probabilidad de las dataciones radiocarbónicas de los enterramientos neolíticos en fosa y en cista del NE de la Península Ibérica (A) y Simulación de la Suma de distribuciones de probabilidad de todo el conjunto de dataciones analizadas (B) (Morell et al. 2018A). Análisis y gráficos realizados con el software Calib (Stuiver et al. 2005) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al. 2013).....	<b>99</b>
<b>Figura 17.</b> Distribuciones internas de los diferentes modelos bayesianos que ofrece el programa OxCal (Bronk Ramsey 2009).....	<b>107</b>
<b>Figura 18.</b> Esquema de la ontología en la que se sustenta la base de datos del presente trabajo y que parte de las propuestas de Barceló 2008B y Barceló et al. 2012 & 2013.....	<b>115</b>
<b>Figura 19.</b> Estructura de la base de datos radiocarbónicas y arqueológicas.....	<b>117</b>
<b>Figura 20.</b> Número total de dataciones por tipo de yacimiento integradas en la base de datos.....	<b>125</b>
<b>Figura 21.</b> Mapa de los sitios fechados con aproximaciones a la zona del Penedés y de la ciudad de Barcelona (mapa realizado y cedido por Gerard Remolins).....	<b>126-127</b>
<b>Figura 22.</b> Número total de dataciones procedentes de enterramientos asociados a la presencia o ausencia de sílex melado (HF), varicita (VAR), vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada” (VBQ), hachas y azuelas de jadeíta, amfibolita, nefrita y eclogita (AXE) y obsidiana (OBS) integradas en la base de datos.....	<b>128</b>
<b>Figura 23.</b> Total de dataciones radiocarbónicas utilizadas para los análisis y modelos estadísticos de este trabajo según su periodización.....	<b>131</b>
<b>Figura 24.</b> Número total de dataciones seleccionadas para los análisis y modelos estadísticos de este trabajo procedentes de enterramientos asociados a la presencia o ausencia de sílex melado (HF), varicita (VAR), vasos cerámicos de tipo “boca cuadrada” (VBQ), hachas y azuelas de jadeíta, amfibolita, nefrita y eclogita (AXE) y obsidiana (OBS) integradas en la base de datos.....	<b>132</b>

<b>Figura 25.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes de enterramientos tradicionalmente asociados al período Postcardial y al Neolítico Medio.....	<b>275</b>
<b>Figura 26.</b> Modelo Baysiano de una Fase Contigua de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>282</b>
<b>Figura 27.</b> Grupos de enterramientos del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” contemporáneos entre sí (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>279</b>
<b>Figura 28.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de todas las dataciones radiocarbónicas (A), simulación de la Suma de Distribución de Probabilidad de todas las dataciones radiocarbónicas (B) realizadas con el software Calib (Stuiver et al. 2005) (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>281</b>
<b>Figura 29.</b> Modelo Bayesiano de una Fase Contigua de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (figura procedente de Morell et al. 2018A).....	<b>282</b>
<b>Figura 30.</b> Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de los enterramientos del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (Fase 2) y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>283</b>
<b>Figura 31.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones disponibles de los enterramientos del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” y de los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau (figura procedente de: Morell 2018B).....	<b>284</b>
<b>Figura 32.</b> Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas de las dataciones radiocarbónicas disponibles del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” y de los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau (figura procedente de: Morell et al. 2018B).....	<b>285</b>
<b>Figura 33.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones disponibles procedentes de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (parte inferior del gráfico) y del Neolítico Final-Calcolítico (parte superior del gráfico) del noreste peninsular (figura procedente de: Gibaja et al. 2018A).....	<b>286</b>
<b>Figura 34.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra.....	<b>287</b>
<b>Figura 35.</b> Modelo Bayesiano de Cuatro Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de los enterramientos en fosa (Fase 2) y en cajas de piedra (Fase 3) del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” y de los enterramientos en cuevas	

e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 4) del noreste de la Península ibérica (Figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>288</b>
<b>Figura 36.</b> Suma de Distribuciones de probabilidad de los diferentes tipos de enterramientos en fosa (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>290</b>
<b>Figura 37.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de los diferentes tipos de enterramientos en cajas de piedra (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>291</b>
<b>Figura 38.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” con presencia y ausencia en sus ajuares de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración.....	<b>300</b>
<b>Figura 39.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” con presencia y ausencia en sus ajuares de materiales de origen exógeno o que han requerido una importante inversión de trabajo en su obtención y elaboración, exceptuando las disponibles de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús”.....	<b>301</b>
<b>Figura 40.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” diferenciando la presencia y ausencia de sílex melado (SML), variscita (VAR), hachas y azuelas de jadeíta, eclogita, anfíbolita o fibrolita (AXE) y vasos de boca cuadrada (VBQ) en sus ajuares.....	<b>304</b>
<b>Figura 41.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes los enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” diferenciando la presencia y ausencia de sílex melado (SML), variscita (VAR), hachas y azuelas de jadeíta, eclogita, anfíbolita o fibrolita (AXE) y vasos de boca cuadrada (VBQ) en sus ajuares, exceptuando las disponibles para la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús”.....	<b>305</b>
<b>Figura 42.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad del total de dataciones analizadas de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús”.....	<b>308</b>
<b>Figura 43.</b> Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua de las dataciones analizadas de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>309</b>
<b>Figura 44.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones analizadas de los sectores “Bòbila Madurell” y “Can Gambús”.....	<b>310</b>
<b>Figura 45.</b> Modelo Bayesiano de Dos Fases Superpuestas de las dataciones radiocarbónicas disponibles para los sectores “Bòbila Madurell” (Fase 1) y “Can Gambús” (Fase 2) (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>311</b>

<b>Figura 46.</b> Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de las dataciones radiocarbónicas procedentes de enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de la necrópolis de “Bòbila Madurell-Can Gambús” (Fase 2) y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) del NE de la Península ibérica (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>312</b>
<b>Figura 47.</b> Sumas de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos con presencia (4180-3550 cal BC) y ausencia (4210-3660 cal BC) de artefactos y materias primas de origen exógeno de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>313</b>
<b>Figura 48.</b> Sumas de Distribuciones de Probabilidad de la presencia y ausencia de los artefactos y materias primas de origen exógeno en los diferentes sectores de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>314</b>
<b>Figura 49.</b> Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de la cronología de la presencia y ausencia de materias primas y artefactos de origen exógeno en la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús”.....	<b>316</b>
<b>Figura 50.</b> Sumas de Distribuciones de Probabilidad de la presencia de cada uno de los materiales y artefactos analizados (figura procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>317</b>
<b>Figura 51.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de las dataciones disponibles de la necrópolis de Camí de Can Grau diferenciando el total de enterramientos fechados, de aquellos con presencia o ausencia en sus ajuares de los materiales analizados (figura procedente de: Morell et al. 2018B).....	<b>319</b>
<b>Figura 52.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos neolíticos de Francia y Suiza y de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del del NE de la península ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>321</b>
<b>Figura 53.</b> Suma de distribuciones de probabilidad de los enterramientos neolíticos del sureste de Francia y Suiza y de los enterramientos en fosa y en cajas de piedra del NE de la península Ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>322</b>
<b>Figura 54.</b> Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos neolíticos de Francia y Suiza (Fase 1) y de los enterramientos neolíticos en fosa (Fase 2) y en cajas de piedra (Fase 3) del noreste de la Península ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>324</b>
<b>Figura 55.</b> Suma de Distribuciones de Probabilidad de los enterramientos del horizonte “Chasséen” y “Chamblandes”, de los “Sepulcros de Fossa” y de los enterramientos de la necrópolis de Camí de Can Grau del NE de la Península ibérica (figura procedente de: Morell et al. 2018B).....	<b>325</b>

<b>Table 1.</b> Summary table of the two currently agreed periodizations.....	<b>57</b>
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de los niveles de representatividad de las posibles muestras isotópicas que podemos encontrar en un contexto arqueológico. Tabla propuesta por Waterbolk (1971:15-16) y Lozano (2017).....	<b>89-90</b>
<b>Tabla 3.</b> Ejemplos de los códigos de los modelos bayesianos de fases y secuencias en el programa OxCal.....	<b>106</b>
<b>Tabla 4.</b> Dataciones publicadas con anterioridad al inicio del proyecto de investigación “(HAR2011-23149) Aproximación a las primeras comunidades neolíticas del NE peninsular a través de sus prácticas funerarias” dirigido por el Dr. Juan F. Gibaja tomando como referencia el año 2014 (cuando se inició esta tesis).....	<b>119-121</b>
<b>Tabla 5.</b> Dataciones de la base de datos descartadas de los análisis y modelos estadísticos realizados en este trabajo según los criterios de fiabilidad establecidos.....	<b>130-131</b>
<b>Tabla 6.</b> Dataciones de la base de datos procedentes de enterramientos de Francia y Suiza que han sido descartadas de los análisis y modelos estadísticos según los criterios de fiabilidad seleccionados.....	<b>133-134</b>
<b>Tabla 7.</b> Dataciones procedentes de enterramientos tradicionalmente asociados al Postcardial y al Neolítico Medio que han sido señaladas como no pertenecientes a una misma fase por el Modelo Bayesiano de Una Fase Contigua Figura m5.2. y Annexes_ II: 5.3.....	<b>276</b>
<b>Tabla 8.</b> Resultados Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos del Neolítico Antiguo en cueva (Fase 1), de los enterramientos del Neolítico Medio (Fase 2) y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) (tabla procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>287</b>
<b>Tabla 9.</b> Resultados del Modelo Bayesiano de Cuatro Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de los enterramientos en fosa (Fase 2) y cajas de piedra (Fase 3) del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” y de los enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 4) del noreste de la Península Ibérica (tabla procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>289</b>
<b>Tabla 10.</b> Grupos de enterramientos del horizonte de los “Sepulcros de Fossa” contemporáneos según las diferentes tipologías.....	<b>292-294</b>
<b>Tabla 11.</b> Resultados del Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo (Fase 1), de la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (Fase 2) y de enterramientos en cuevas e hipogeos del Neolítico Final-Calcolítico (Fase 3) del NE de la Península ibérica (tabla procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>312</b>

<b>Tabla 12.</b> Resultados del Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de la cronología de la presencia y ausencia de materias primas y artefactos de origen exógeno en la necrópolis “Bòbila Madurell-Can Gambús” (tabla procedente de: Gibaja et al. 2017C).....	<b>316</b>
<b>Tabla 13.</b> Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos de los horizontes “Chasséen” y “Chamblandes” (Fase 1) y de los enterramientos en fosa (Fase 2) y en cajas de piedra (Fase 3) del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (tabla procedente de: Morell et al. 2018A).....	<b>323</b>
<b>Tabla 14.</b> Modelo Bayesiano de Tres Fases Superpuestas de los enterramientos de los horizontes “Chasséen” y “Chamblandes” (Fase 1), del horizonte de los “Sepulcres de Fossa” (Fase 2) y de los de la necrópolis de Camí de Can Grau (Fase 3) (tabla procedente de: Morell et al. 2018B).....	<b>325</b>



## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS (ARTÍCULOS) / LIST OF TABLES AND FIGURES (PAPERS)

*4.1. Gibaja, J. F. et al. 2018. Nuevos datos cronológicos sobre la cueva sepulcral neolítica de l'Avellaner (Les Planes d'Hostoles, Girona). Munibe Antropologia-Arkeologia, 69, 145-155.*

**Figura 1.** Situación de yacimientos citados en el texto del noreste peninsular: 1. Cova de l'Avellaner; 2. Cova de Can Sadurní; 3. Cova Bonica; 4. Cova Foradada; 5. Cova del Pasteral / Location of the northeastern Iberian Peninsula sites cited in the text: 1. Cova de l'Avellaner; 2. Cova de Can Sadurní; 3. Cova Bonica; 4. Cova Foradada; 5. Cova del Pasteral.

**Figura 2.** Planta de la Cova de l'Avellaner: Fotos de la zona-I y zona-II / Floor plan of the Cova de l'Avellaner: Photos of the zone-I and zone-II.

**Figura 3.** Principales formas cerámicas (Epicardial reciente) de la Cova de l'Avellaner / Main pottery types (late Epicardial) of the Cova de l'Avellaner.

**Figura 4.** Colmillo de jabalí biperforado de la cavidad sepulcral-3 (zona-II) / Perforated boar tusk from the sepulchral cavity-3 (zone-II).

**Figura 5.** Suma de las Distribuciones de Probabilidad de todas las dataciones disponibles procedentes de la Cova de l'Avellaner / Sum of Probability Distributions of all available dates from the Cova de l'Avellaner.

**Figura 6.** Suma de las Distribuciones de Probabilidad de las dataciones radiocarbónicas realizadas en AMS (parte superior del gráfico) y por Método Convencional (parte inferior del gráfico) de la Cova de l'Avellaner / Sum of Probability Distributions of the radiocarbon dating carried out by AMS method (upper part of the graph) and by Conventional Method (lower part of the graph) of the Cova de l'Avellaner.

**Figura 7.** Suma de las Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes de la Cueva del Avellaner (parte inferior del gráfico) y del resto de enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo del noreste peninsular (parte superior del gráfico) / Sum of Probability Distributions of the radiocarbon of the Cueva del Avellaner (lower part of the graph) and the Neolithic cave burials of the northeast of the Iberian Peninsula (upper part of the graph).

**Figura 8.** Suma de las Distribuciones de Probabilidad de las dataciones procedentes de los enterramientos en cuevas del Neolítico Antiguo (parte inferior del gráfico) y Final-Calcolítico (parte superior del gráfico) del noreste de la península Ibérica / Sum of Probability Distributions of the radiocarbon dates of the Early Neolithic burials (bottom



part of the graph) and the Late Neolithic-Chalcolithic ones (top part of the graph) of the northeast of the Iberian Peninsula.

**Tabla 1.** Dataciones radiocarbónicas disponibles procedentes de la Cova de l'Avellaner. Todas ellas han sido calibradas con el software OxCal v.4.2. (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (REIMER et alii, 2013) / Available radiocarbon dates from the Cova de l'Avellaner. All of them have been calibrated with the OxCal v.4.2 software (BRONK RAMSEY, 2009) and the IntCal 13 calibration curve (REIMER et alii, 2013).

**Tabla 2.** Dataciones radiocarbónicas de los enterramientos en cueva del Neolítico Antiguo del noreste peninsular. Todas ellas han sido calibradas con el software OxCal v.4.2. (Bronk Ramsey 2009) y la curva de calibración IntCal 13 (Reimer et al. 2013) / Radiocarbon dates of the Early Neolithic cave burials of the north-east of the Iberian Peninsula. All of them have been calibrated with the OxCal v.4.2 software (Bronk Ramsey 2009) and the IntCal 13 calibration curve (Reimer et al. 2013).

**4.2. Gibaja, J.F. et al. 2017. *The chronology of the neolithic necropolis "Bòbila Madurell-Can Gambús" in the north-east of the iberian peninsula: Dating the "Pit Burials" cultural horizon and long-range raw materials exchange networks. Radiocarbon. An International Journal of Cosmogenic Isotope Research., 59(6), 1713-1736.***

**Figure 1.** Geographical location of "Bòbila Madurell-Can Gambús" necropolis (map ceded by Gerard Remolins Zamora).

**Figure 2.** From top to the bottom and from the left to the right: different axes and adzes (photo ceded by Alba Masclans Latorre), honey flint blades (photos ceded by Juan Francisco Gibaja Bao), variscite beads (photo ceded by SAP archive) and burial with obsidian cores (photos ceded by SAP archive) documented in "Bòbila Madurell-Can Gambús" necropolis grave goods.

**Figure 3.** Plan of "Bòbila Madurell-Can Gambús" necropolis. Dated and not dated burials are distinguished.

**Figure 4.** Different pit burials documented in "Bòbila Madurell-Can Gambús" necropolis.

**Figure 5.** Plot graph of the presence and absence of the exogenous raw materials in "Bòbila Madurell-Can Gambús".

**Figure 6.** "One Contiguous Phase Bayesian Model" of "Bòbila Madurell-Can Gambús" necropolis. As shown in the graph, the model suggests that there are no temporal discontinuities between "Bòbila Madurell" and "Can Gambús" sectors in their occupations (4102-4016/3655-3560 cal BC and around 365-485 years of span).

**Figure 7.** “Two Overlapping Phases Bayesian Model” of “Bòbila Madurell” (Phase 1) and “Can Gambús” (Phase 2). According to the model, “Bòbila Madurell” sector started a little before (4130-4010) than “Can Gambús” which was used until later (3640-3490). The span of “Bòbila Madurell” was around 255-435 years and the span of “Can Gambús” about 341-505 years.

**Figure 8.** “Three Overlapping Phases Bayesian Model” of Early Neolithic (Phase 1), Middle Neolithic (“Bòbila Madurell-Can Gambús”) (Phase 2) and Final Neolithic-Chalcolithic (Phase 3) burials (NE Iberian Peninsula).

**Figure 9.** “Sum of Probabilities Distribution” graph showing the presence (4180-3550 cal BC) and absence (4210-3660 cal BC) of exogenous raw materials in “Bòbila Madurell-Can Gambús” grave goods.

**Figure 10.** “Sum of Probabilities Distribution” graph showing the presence and absence of exogenous materials, differentiating the two sectors.

**Figure 11.** “Sum of Probabilities Distribution” graph showing the presence and absence of each documented raw material.

**Table 1.** Table with all radiocarbon dates used for the analysis. The presence or absence of honey flint (HF), variscite (VAR) or jadeite, amphibolite, eclogite and nephrite axes and adzes (AXE) in each of their contexts is also specified. Stable carbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) values obtained for human samples were ceded by Maria Fontanals Coll (Fontanals, 2014).

**Table 2.** Radiocarbon dates for “Bòbila Madurell-Can Gambús” necropolis obtained with the Conventional Method. They are not used in this analysis.

**Table 3.** Early Neolithic and Final Neolithic burials from North East of the Iberian Peninsula radiocarbon dates used in this analysis.

**Table 4.** “Two Overlapping Phases Bayesian Model” results of “Bòbila Madurell” (Phase 1) and “Can Gambús” (Phase 2).

**Table 5.** “Three Overlapping Phases Bayesian Model” results for Early, Middle (“Bòbila Madurell-Can Gambús”) and Late Neolithic burials (NE Iberian Peninsula).

**Table 6.** “Three Overlapping Phases Bayesian Model” results of “Bòbila Madurell” burials without exogenous raw materials (Phase 1), with exogenous raw materials in “Bòbila Madurell” and “Can Gambús” sectors (Phase 2) and the single burial from “Can Gambús” sector without exogenous raw materials (Phase 3).

**4.3. Morell, B. et al. 2018. Tracing the Chronology of Neolithic pit and cist burials in North-eastern Iberia. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 491-504.**

**Figure 1.** Location of sites with analysed dating in this work (1. Ceuró, 2. El Vilar de Simosa, 3. Costa dels Garrics de Caballol, 4. Solà III, 5. Serrat de les Tombes, 6. Megalit del Sr. Bisbe, 7. Llord, 8. Feixa del Moro, 9. Tomba de Segudet, 10. Pla del Riu de les Marcetes, 11. Hort d'en Grimau, 12. Camí de Can Grau, 13. Pujolet de Moja, 14. La Serreta, 15. Els Cirerers, 16. Bòbila d'en Joca, 17. Ca l'Olaire, 18. Can Roqueta, 19. Bòbila Madurell, 20. Can Gambús 1, 21. Can Gambús 2, 22. Els Mallols, 23. Ca l'Estrada, 24. Carrer Reina Amàlia, 25. La Plana del Torrent, 26. Povia and 27. Tomba del Moro).

**Figure 2.** At the top of the picture: Feixa del Moro (Juberri, Andorra) stone box burial. Photograph of the section in the slope made in 1984 during the field work (1. Frontal view of the grave; 2. Zenithal view of the grave) Photographs deposited in Andorra Cultural Heritage and published in Remolins et al. 2016. At the bottom of the picture: General view of the UF16 pit grave of Can Gambús 2 (Sabadell, Barcelona) and detail of the chipped stone tools deposited as grave goods (Bravo et al. 2015 and Gibaja et al. 2016).

**Figure 3.** Pit burials types according to Martín et al. 2016

**Figure 4.** Contemporary subgroups of radiocarbon datings of neolithic pit and stone box burials of the NE of the Iberian Peninsula.

**Figure 5.** Sum of Probabilities Distribution of all the radiocarbon datings (A), Simulation of the Sum of Probabilities Distribution of all the radiocarbon datings (B) carried out by Calib software (Stuiver et al. 2005) and Sum of Probabilities Distributions within a Bounded Phase (C) carried out by OxCal v4.3 software (Bronk Ramsey 2009).

**Figure 6.** Single Uniform Phase Bayesian Modelling of the radiocarbon datings of pit and stone box burials.

**Figure 7.** Sum of Probability Distribution of the different types of pit burials.

**Figure 8.** Sum of Probability Distributions of the different types of stone box burials.

**Figure 9.** Graph of the Overlapping Phases Bayesian Modelling of the Early Neolithic burials (Phase 1), the pit Middle Neolithic burials (Phase 2), the stone box Middle Neolithic burials (Phase 3) and the Final Neolithic-Chalcolithic graves (Phase 4).

**Figure 10.** Sum of Probabilities Distribution of the neolithic graves of France and Switzerland (upper part of the graph) and the neolithic pit and stone box burials from the NE of the Iberian Peninsula (bottom part of the graph).

**Figure 11.** Sum of Probabilities Distribution of the neolithic graves of France and Switzerland (upper part of the graph) and the neolithic pit (middle part of the graph) and stone box graves (bottom part of the graph) of the NE of the Iberian Peninsula.

**Figure 12.** Overlapping Phases Bayesian Modelling of the neolithic burials from France and Switzerland (Phase 1), neolithic pit (Phase 2) and stone box (Phase 3) burials of the NE of the Iberian Peninsula.

**Table 1.** Radiocarbon dates of the north-easter iberian neolithic pit and stone box burials analyzed in this study.

**Table 2.** Results of th Overlapping Phases Bayesian Modelling regarding the Early Neolithic burials, the pit and the stone box Middle Neolithic burials and the Final Neolithic-Chalcolithic ones.

**Table 3.** Overlapping Phases Bayesian Modelling of the neolithic burials from France and Switzerland (Phase 1), neolithic pit (Phase 2) and stone box (Phase 3) burials of the NE of the Iberian Peninsula.

**4.4. Morell, B. et al. 2018. *Chronology of the Neolithic Necropolis at Camí de Can Grau (NE Iberian Peninsula). Funerary pattern changes and long-distance raw material exchanges. Comptes Rendus Palevol, 16, 399-412.***

**Figure 1.** Location of the necropolis of Camí de Can Grau in the north-east of the Iberian Peninsula.

**Figure 2.** Grave CCG33, belonging to Type 4.

**Figure 3.** Grave CCG42, belonging to Type 5b.

**Figure 4.** Distribution of the graves at Camí de Can Grau. The type of funerary structure (Type 4 or 5b) and number, sex and age of the buried individuals are given.

**Figure 5.** Graves with ceramics (whole recipients or potsherds).

**Figure 6.** Graves with or without whole recipients.

**Figure 7.** Graves with or without flint tools in the grave goods.

**Figure 8.** Graves with or without honey flint tools in the grave goods.

**Figure 9.** Graves with or without bone tools in the grave goods.

**Figure 10.** Results of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau.

**Figure 11.** Simulation of the Sum of Probabilities of the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau.

**Figure 12.** Result of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau, differentiating the Type 4 graves (upper part of the graph) from the Type 5b (lower part of the graph).

**Figure 13.** Results of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates from the necropolis of Camí de Can Grau, differentiating the individual burials (upper part of the graph) from the collective ones (lower part of the graph).

**Figure 14.** The upper part of the graph represents the temporal distribution of the necropolis of Camí de Can Grau, which is dated approximately between 3960 and 3370 cal BC. The middle part shows the graves with exogenous materials, dated in 3970-3360 cal BC. The lower part shows the graves with no exogenous materials, dated in 3790-3560 cal BC (calibrated to  $2\sigma$ ).

**Figure 15.** Result of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates for the necropolis of Camí de Can Grau (lower part of the graph) and other burials in the “Pit Burials” horizon (upper part of the graph).

**Figure 16.** “Two Overlapping Phases Bayesian Modelling” of the “Pit Burials” horizon period (Phase 1) and the radiocarbon dating from the necropolis of Camí de Can Grau (Phase 2).

**Figure 17.** Result of the Sum of Probabilities test performed on the radiocarbon dates for the burials of south of France and Switzerland (upper part of the graph), “Pit Burials” (middle part of the graph) and Camí de Can Grau (lower part of the graph).

**Table 1.** The number of the grave, the type, the number of individuals and their sex (M= Male, F= Female, Indet= Indeterminate) and age are specified. The age groups are based on Duday et al., 2000: Infantile I (1-6 years), Infantile II (7-12 years), Infantile (unknown exact age), Juvenile (13-18/20 years), Young Adult (20-29 years), Mature (30-49 years), Adult (unknown exact age) and Indet (Indeterminate age).

**Table 2.** Variables assessed with the  $\chi^2$  test and the results.

**Table 3.** Radiocarbon determinations at the necropolis of Camí de Can Grau. Grey shading indicates the dates whose results have not been considered because the amount of collagen and their quality were inadequate. All the radiocarbon dates have been calibrated to  $2\sigma$  with the OxCal v.4.2 software (Bronk Ramsey, 2009) using the IntCal13 curve (Reimer et al., 2013).

**Table 4.** Results of Moran’s I spatial autocorrelation test, assessing the typology of the grave (Types 4 and 5b) and the number of buried individuals.

**Table 5.** Index values of the Nearest Neighbour test.

**Table 6.** Result of Three Overlapping Phases Bayesian Modelling of the funerary structures of south of France and Switzerland (Phase 1), “Pit Burials” from the north-east of the Iberian Peninsula (Phase 2) and the necropolis of the Camí de Can Grau (Phase



