

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

**FACULTAT DE GEOGRAFIA I
HISTÒRIA**

**DEPARTAMENT DE PREHISTÒRIA,
ARQUEOLOGIA I HISTÒRIA ANTIGA**



**LA EVOLUCIÓN DE LAS PUNTAS DE PROYECTIL EN LA TRANSICIÓN A
LAS ECONOMÍAS PRODUCTORAS EN EL ESTE Y NORESTE DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA: IMPLICACIONES FILOGENÉTICAS, CULTURALES
Y SOCIALES**

Programa de doctorado: Geografía i Història del Mediterrani des de la Prehistòria fins a l'Edat Moderna

Tesis doctoral

Presentada por:

Alfredo Cortell Nicolau

Dirigida por:

Oreto García-Puchol

Agustín Díez-Castillo

Joan Bernabeu

València, Enero de 2020

Tothom que ha fet una tesi doctoral sap què, encara que signa una persona, hi ha moltes altres persones darrere, sense les quals aquest treball mai no haguera sigut possible. En el meu cas hi ha dues persones a qui li voldria dedicar molt especialment la present tesi, perquè sense ells probablement ni tan sols tindria tesi, i encara estaria pegant bacs a saber per on! Parle de Joan Cardona i de Joaquim Juan Cabanilles. Tots dos van confiar en mi, des d'un principi, sense conèixer-me ni tindre cap motiu per fer-ho i van anar obrint-me possibilitats i coneixences que són les què em van acabar d'enganxar a l'Arqueologia. Gràcies a Ximo vaig poder fer les meues primeres excavacions, i gràcies a ell vaig conèixer Cocina i tot el que ha vingut després... Això a part de la tabarra que li he pegat al Museu cada dos per tres (i que pense continuar pegant-li mentre pugui). Moltes gràcies!

Òbviament, no tinc més que paraules d'agraïment cap als meus directors. A Joan, per haver confiat en nosaltres i per les bones estones als museus arran del País Valencià; a Agustín, per estar ací cada volta que he 'trencat' l'ordinador o cada volta que he entrat al seu despatx sense cridar i, sobre tot, per haver sabut clavar en el meu cap el 'cuquet' de R, del GIS, del 3D i dels mètodes 'estos moerns', que al final m'han flipat (quan abans per a mi el codi era poc menys que màgia negra) i són una de les parts més importants de la meua formació com a arqueòleg. I a Oreto, 'la jefa'... jo que sé, Oreto! Pues per tot! Què vaig a dir-te, xe! Amb tu només puc tindre paraules d'agraïment. Per estar sempre, des del principi fins al final, per ajudar-me en tot, per recolzar-me sempre, inclús quan m'enganye (i m'enganye prou!), per discutir de pedres bona cosa, i per ser justa i generosa, no només amb mi, sinó amb tot el teu equip. Jo no sé on acabaré, perquè tots sabem com va el 'món postdoctoral', però poe on haja de poar, per a mi seguiràs sent 'la jefa'. A més a més, a tots tres per l'esforç addicional que heu fet per aconseguir que els terminis no se'm menjaren.

D'entre tota la gentola del departament, també en tenim a un de molt especial i molt rabut ;-). Moltes gràcies, Salva, per converses, consells, patejades, esmorçars i tot el que ha fet falta, i per ser el millor 'compinxe' que em puc trobar a les excavacions. Encara hem de fer prou coses tu i jo!! I com no, a Lluís, les nostres prospeccions infructuoses, els nostres intercanvis de sílex xungo i els entrepans de carn de cavall a Catadau. Els dos heu sigut directors 'en la sombra' i m'heu ajudat moltíssim per comprendre l'Arqueologia, la investigació i 'l'escola valenciana'. A les meues compis de despatx, Pilar, Mariel i Tamara i a tota la gent del cafè del matí: Marta (te has ganado un bocadillo con olivas), Guillem (especialment!), Joaquín, Cris, Miguel Ángel, Carmen... tots, que en sou molts!

Per descomptat, a tota la gent de la UCL, començant per Stephen Shennan, que sempre s'ha portat genial amb mi, i amb qui he après moltíssim, però també als professors que em van escoltar i es van interessar pel meu projecte, com ara Andy Bevan, Mark Lake, Borja Legarra o Ignacio de la Torre... I com no, a tota la gent que em va ajudar a passar un gran temps a Londres: Carmen, Caitlyn, Eli, Mitzy, Xin, Santiago... Hi ha molts! I ja que estem en 'internacional', també per descomptat un grandíssim agraïment a la gent de Cambridge, a Enrico Crema, un gran descobriment personal, amb qui m'ha encantat discutir prou, i que s'ha portat amb mi molt millor del que calia i, com no, a tot l'equip del CDAL, amb qui he tingut la sort de poder mantenir discussions molt interessants i alguna que altra cerveseta... Erik, Andreas, Arnau, Francesc, Miguel, Frida, Charles, Leah... Jo que sé, tots!

A tota la gent de Museus i responsables de col·leccions, Miquel Molist, Carlos Mazo, Lourdes Montes, Carmen Olària, Xavi Oms, Palmira Torregrossa, Josep Maria Segura, Vicent Burguera, Pilar Vidal, Carmen Escriche o Consuelo Roca i, molt especialment, a la gent del SIP, Josep Lluís Pascual, Bernat Martí, M^a Jesús De Pedro (i a tots els que li he furatat la taula d'estudi mirant els geomètrics de Cocina i Or) i a la gent amb qui he anat compartint camp, Thomas Perrin o Isabelle Carrère i com no, a tot l'equip d'excavació de Cocina i Cendres (que la meitat, si no tots, ja estan posats en algun lloc per allà dalt).

Per descomptat, un agraïment molt especial a la meua quadrilla de col·legues (no pose el nom de tots, que en sou massa!) i a la meua família, que ha sabut ser pacient amb mi per totes les 'patxotxaes' que m'he perdut per la tesi. A mon pare, Alfredo, ma mare, Charo, les meues germanes Maria i Carmela, i als meus 'germans' Borja i Isaac, però també a les FÈlis, a Ximo i a José i, sobre tot, als cinc 'monyacos' que, fins i tot, a algun pareix que comencen a agradar-li les pedres... Moltes gràcies a Clàudia, Juli, Laia, Jaume i Rubén per ser tan faves com sou! ;-) Si vos porteu bé, vos porte un dia a vore pedres!

Per últim, l'agraïment més especial de tots és per a les meues xiques. A la Xuspi, per fer-me riure tots els dies i per voler 'amör i brasito tot el rato', sense importar-li el meu humor o el meu estrès. I més que a ningú, a Elena, que casi ha fet més tesi que jo, que m'ha sentit parlar-li de pedres i 'paraules llargues' amb més paciència que Santa Teresa de Calcuta (crec que deus ser l'única cantant del món que sap distingir el Mesolític del Neolític), que m'ha aguantat els 'arrebatos' i els moments 'hamster' i, en definitiva, que ha sigut el millor suport que haguera pogut desitjar per fer este viatge que estem fent junts, en la tesi i en la vida.

Nyàs patracol!

“Si no tens raó, no tens raó. I s’ha acabat i punto!”

Rosita Sivera Llopis (‘m’agüela’)

RESUMEN

La transición del Mesolítico al Neolítico constituye uno de los grandes temas de debate en la literatura arqueológica. Tradicionalmente, los diferentes enfoques aplicados se han concentrado en varios aspectos susceptibles de aportar información desde el punto de vista sociocultural: la discusión sobre el impacto démico y/o cultural, la cerámica como marcador de las primeras comunidades neolíticas, el marco cronológico del proceso y también el análisis comparativo de la industria lítica. En este último aspecto se ha puesto especial énfasis en los microlitos geométricos, en tanto que su variabilidad estilística puede aportar gran cantidad de información con respecto a los procesos de transmisión cultural entre los grupos que hicieron uso de los mismos a modo de proyectiles.

En el marco peninsular, en el cual se articula el desarrollo de esta tesis, la discusión continúa abierta. En ocasiones se observa cierta dificultad para construir consensos, siempre condicionados por las limitaciones que impone el registro arqueológico y su interpretación debido a algunas incongruencias, interpretaciones dudosas y/o sesgos informativos. El presente trabajo plantea y desarrolla la aplicación de una serie de propuestas metodológicas que, partiendo de nuevos enfoques, sobre todo centrados en las interpretaciones tafonómicas y en la lectura del registro arqueológico en clave de evolución cultural, tratan de avanzar en la investigación sobre el proceso de neolitización en el este peninsular desde un punto de vista crítico y cuantitativo. El marco cronológico abarcado incluye los primeros siglos del IX milenio cal BP y alcanzaría el final del VIII milenio cal BP.

El formato de la tesis se corresponde con un compendio de publicaciones. Según las normas de la Universitat de València este formato debe incorporar, aparte de las mencionadas publicaciones, un resumen general con un mínimo de 4.000 palabras. Sin embargo, como es bien conocido, los criterios editoriales frecuentemente limitan cierto tipo de discusiones en sentido contextual y teórico que, desde nuestro punto de vista podrían ser muy útiles para la comprensión del trabajo realizado. Es por ello que hemos decidido añadir algunos capítulos adicionales que constituyen la base explicativa de algunas de las cuestiones desarrolladas en la selección de artículos. De este modo, tras una introducción que supone una reflexión general sobre la aplicación de métodos cuantitativos en Arqueología, desarrollamos un primer capítulo sobre el contexto arqueológico de aplicación de la tesis. El segundo capítulo se centra en la presentación de otras propuestas metodológicas desarrolladas, pero aún no publicadas, y se incorporan además las recientes discusiones teóricas acerca del análisis de los microlitos geométricos. El tercer capítulo ofrece unos breves resultados y la discusión sobre el trabajo llevado a cabo. En el último capítulo se aborda la conclusión, tratando de buscar

puntos de encuentro entre los distintos enfoques utilizados para el análisis de los proyectiles geométricos aplicados por las distintas escuelas arqueológicas peninsulares. Por último, se anexan los artículos que conforman el cuerpo de la presente tesis doctoral. El primer anexo consiste en los artículos requeridos para la superación de la tesis y el segundo anexo incluye un artículo adicional, aún en proceso de revisión, pero que creemos que puede aportar información con respecto al trabajo realizado durante la presente tesis doctoral.

ABSTRACT

The transition from the Mesolithic to the Neolithic is still one of the great debates of the archaeological literature. Traditionally, different approaches have focused on many aspects that can bring information, from the point of view of culture evolution: the discussion about the demic/cultural impact of the transition, the use of pottery as a cultural proxy of the first Neolithic communities, the chronological framework of the process and also the comparative analysis of lithic industry. This last aspect has been specially emphasised, since the stylistic variability of geometric microliths can bring much information regarding the processes of cultural transmission among the groups that used such projectiles.

Within the geographic frame of the Iberian Peninsula, where the PhD is developed, the discussion is still open. Besides, it can be difficult to build consensus, always conditioned by the limitations imposed by the archaeological record and its correct understanding, owed to some inconsistencies, dubious interpretations and/or informative biases. This work poses and develops the application of a series of methodological proposals which, starting from new theoretical approaches, mainly focusing on the taphonomic interpretation and on the archaeological record from a culture evolution perspective, try to advance in the research of the Neolithisation process in the East of the Iberian Peninsula from a critique and quantitative point of view. The chronological frame ranges from the first centuries of the IX millennium cal BP until the end of the VIII millennium al BP.

This PhD's format is as a compendium of publications. According to the rules of the Universitat de València, such format must include, besides from the publications, a general summary with a minimum of 4.000 words. However, as it is well-known, editorial criteria frequently limit certain types of archaeological discussions, mainly referring to context and theoretical aspects, which we believe to be very useful for the correct understanding of the work developed. That is why we have decided to add some additional chapters which constitute the explicative bases of some of the questions developed further within the articles. Therefore, after an introduction which concentrates on a general reflection over the application of quantitative methods in Archaeology, we develop a first chapter about the archaeological context concerning the PhD. The second chapter focuses on the presentation of some other methodological proposals developed, although not yet published, while it also incorporates some recent theoretical discussions about the analysis of geometric microliths. The third chapter offers some short results and a brief discussion of the work developed. The last chapter consists on a conclusion, trying to

look for meeting points among the different approaches used for the analysis of geometric projectiles applied by the different peninsular archaeological schools. Finally, the first annex consists on the required articles for the completion of the PhD, whilst we have also included a second annex formed by an article, still under review and waiting for final decision, but which we believe to be able to bring important information regarding the work developed during the present dissertation.

ÍNDICE

INTRODUCTION	1
CAPÍTULO 1. CONTEXTO ARQUEOLÓGICO	7
1.1 La neolitización de la Península Ibérica en la historiografía	8
<i>1.1.1 La Neolitización en la historiografía hasta los años 70 del siglo XX</i>	8
<i>1.1.2 Desde los años 70 hasta el cambio de siglo</i>	10
<i>1.1.3 La transición del Mesolítico al Neolítico en la historiografía del presente siglo</i>	17
1.2 La secuencia del proceso de neolitización en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica: desarrollo del geometrismo en las industrias líticas holocenas	21
<i>1.2.1 El desarrollo final del Mesolítico</i>	21
<i>1.2.1.1 El suaveterroide y las industrias previas al Mesolítico Reciente en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica</i>	21
<i>1.2.1.2 El Mesolítico Geométrico en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica</i>	22
<i>1.2.2 Los inicios del Neolítico</i>	26
CAPÍTULO 2. MICROLITOS GEOMÉTRICOS: PROPUESTAS METODOLÓGICAS	32
2.1 Significado arqueológico de los microlitos geométricos	33
<i>2.1.1 Los microlitos geométricos</i>	33
<i>2.1.2 Los microlitos geométricos como indicadores de evolución cultural</i>	40
<i>2.1.2.1 Cuestión de estilo</i>	41

2.1.2.2 <i>Estilo y función de los microlitos geométricos durante el Mesolítico Geométrico y el Neolítico Antiguo en la Península Ibérica</i>	45
2.2 Propuestas metodológicas presentadas en distintos encuentros internacionales	48
2.2.1 <i>The conformation of lithic deposits in Cueva de la Cocina (Eastern Iberia): Natural vs. Anthropological agents</i>	48
2.2.2 <i>Finishing up. The spread of retouch variability during the Neolithisation process in the Iberian Peninsula</i>	54
2.2.2.1 <i>Introducción al marco teórico-metodológico filogenético</i>	57
2.2.2.2 <i>Filogenética y tipología. Las clases paradigmáticas y la construcción de taxones</i>	63
2.2.2.3 <i>Aplicación al caso de estudio</i>	65
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	73
3.1 Cueva de la Cocina y la interpretación tafonómica	74
3.2 Los microlitos geométricos y la interpretación de los procesos de transmisión cultural	77
CHAPTER 4. CONCLUSION	83
BIBLIOGRAFÍA	86
APÉNDICE 1. ARTÍCULOS ADJUNTOS	
APÉNDICE 2. ARTÍCULO ADICIONAL EN REVISIÓN	

INTRODUCTION

The value of any item in a specific society depends only on how much it is worth for that society. Quetzal feathers or turquoise stones, retained as highly valuable by the Ancient Aztecs, did not mean much for the Spanish conquerors of the New World. Papuan tribes give great importance to pig herding, whose proficiency can condition the social relationships of the tribes' members. The royal blue and Tyrian purple dyes produced through the exploitation of *Murex trunculus* and *Murex brandaris* respectively were no less valuable than gold for the aristocracy of the Ancient Rome, whilst opium became such an important resource in Britain's 19th century as to provoke and name a succession of wars fought against China in 1839-1842 and 1856-1860.

These were just a few well-known examples. Today, one of these valuable resources has undoubtedly become the access to good and informative quality data. Indeed, "*data is the new oil*", as Clive Humby put it. Through thousands of hidden consents, we allow different holdings to monitor our movements, health care history, preferences, vices, conversations and perhaps in the future even our own thoughts (Akbari et al., 2019). However, just like raw oil, all of these data need to be processed, and in order to do so, new and more efficient methods are constantly being developed, in part due to the exponential increasing of computational power which permits the application of expensive techniques, often based on inference and simulation (Albert, 2009). The researchers working in this field are commonly known as data scientists, and their expertise is highly demanded in the most variate research disciplines, of course including

market and social studies, but also expanding to other research areas, such as Engineering, Biology, Medicine, or Psychology, just to name a few ones.

Archaeology, on its part, is not completely alien to the application of these types of techniques, although its use is still modest if we consider the possibilities that they offer for archaeological inference. From a theoretical perspective, if we look for the first steps of the application of these techniques into Archaeology, we should draw back to the second half of the 20th century. Briefly, we could mention Binford's New Archaeology, or processualism, as the starting point where *quantification* starts to acquire methodological consistence as a mean to solve archaeological processes. His 1962's work, *Archaeology as Anthropology*, is commonly used as the cornerstone for the beginning of the processualist view, where he rejected the traditional culture historian typological point of view—which led to his long-standing well-known debates with François Bordes—and stressed the need of a *scientific method* for Archaeology, based on Anthropology and Biology, and where hypothesis testing and reproducibility were necessary.

The reaction and boom of post-processualism, started by Ian Hodder in the beginning of the 1980s (see Hodder, 1982) and followed by a series of archaeologists, such as Christopher Tilley, Michael Shanks or James R. Sacket, demoted the New Archaeology's ways out of the spotlight. Post-processualism concentrated in a more interpretative approach to Archaeology, where inductivism was preferred over falsification and archaeological expertise prevailed over reproducibility. It did not, however, prevent some archaeologists such as Charles C. Dunnell (1980) or Robert Boyd and Peter J. Richerson (1985) from seeding the theoretical ground for the next generation of archaeologists to approach back to rather positivist positions. By setting—not without discussion—the basic guidelines of Evolutionary Archaeology¹ and of Cultural Transmission respectively, Dunnell and Boyd & Richerson were inherently proposing a quantitative framework, rooted into the processualist methodological views. Furthermore, lending from other scientific disciplines, such as Biology, Sociology, Physics or Mathematics was to increase its importance through time. When, in 1988, Stephen Shennan published his work *Quantifying Archaeology*, he provided the archaeological community with a tool that was both a methodological guide and an attempt to synchronize the different theoretical sensitivities ranging from Evolutionary Theory and processualism to anyone interested in the application of quantitative techniques for archaeological inference.

After the *theoretical revolution* of the 1980s, and the time it took to assimilate and create the new methodological tools that could adapt to the increasing theoretical approaches during the Late 20th century and the beginning of the 21st century, today we could speak about many theoretical positions (see Johnson, 2008 or Hodder, 2012). However, there

¹ Although Dunnell 1980's work is usually taken as reference for the start of the application of Evolutionary Theory to Archaeology, it is actually in his 1971's book, *Systematics in Prehistory*, where he introduces the application of biological methods for archaeological inference.

still tends to be a distinction *sensu lato* between processualism and post-processualism, even though they might not be recognised exactly by the same names anymore. Furthermore, the communication between these two theoretical standing points is not always easy and is one of the challenges that the quantitative approaches, usually further away from the *classic* archaeological training, must face. Finding a way to effectively *communicate* between these different archaeological perspectives is challenging now, as it has been for the past thirty years.

From a practical point of view, the application of data science techniques to Archaeology suffers from the absence of abundant good-quality data. Yet this problem is inherent to any theoretical approach in Archaeology, not to a specific methodology, and from our point of view, it should not be seen as a drawback for the application of quantitative methods, but quite the contrary. Quantitative methods and inference can be seen as a useful tool for research progress in the absence of well-structured consistent data. Indeed, data science and modern inference can give additional methodological strength for solving problems where data is incomplete or scarce, which is usually the archaeological case, particularly the more we draw back in time, where there is no written information and where the gaps in the sample become predominant.

However, quantitative methods can be difficult to learn, even more so attending to the fact that archaeologists are usually trained under a humanistic perspective. The necessity of this extra-effort is itself a challenge for the expansion of the method and implies two main risks that must be dealt with if these techniques are to have a significant place within archaeological praxis. The first one is the risk that archaeological learners feel these methods as something whose learning is not worth enough, either because of their difficulty—since they usually imply a high degree of multidisciplinary and the use of *hard science* techniques— or because they do not offer answers for the archaeological questions asked. It is the task of the teachers to train the young archaeologists in an engaging, progressive and understandable way, so to guide them into the resolution of specific questions through pragmatic and quantitative approaches, while hinting the possibilities that the most cutting-edge techniques can give answers to.

The second risk could still be related to the difficulty of the method, from a professional perspective in this case. Time is limited. And keeping up with new methodological approaches coming up from different research disciplines is usually time-consuming. In this sense, it is not completely uncommon that the demanding fascination of the method would blur the original scope of the archaeological trainee and lead her/him into a self-exclusive methodological mind template where roles are inverted and Archaeology becomes the mean, rather than the objective. When/if this position is adopted, Archaeology can be the victim, since archaeological data is particularly sensitive to flaws during the gathering process due to the fact that patterns in data gathering can usually not be established. Then, this biased randomness can only be made up against by a deep knowledge and understanding of the record. The most advanced methods require a

minimal basis of patterning and commonness for inference and prediction, and it is the task of the archaeologist to know its data, so that she/he can provide such basis.

Therefore, even in the strictest application of quantitative techniques to Archaeology, the archaeologist should not forget its main function, which is interpreting the archaeological record. And in order to interpret the archaeological record, the processes forming it and the meaning of the archaeological items, as well as their possible biases —archaeological or not— must be known. Archaeology is not just, and cannot be, only a matter of inputting numbers and data into data frames and matrices in order to obtain specific statistical results. Each information we input must be meaningful, and carefully considered from an archaeological perspective, before we start its processing with old or new techniques, since the construction of any type of interpretative narrative —not only quantitative— is conditioned by the way in which we consider the category and meaning of our initial data. All of this leaves the *data archaeologist* in a position where the method is key, but Archaeology is still the end and the beginning of the process, and where building up knowledge in both strands is mandatory.

Quantitative methods can help, and must be refined and used, even though they still offer much ground for improvement (and this is actually good news!). Although it is true that the way in which the archaeologist/analyst introduces and understands the initial data can condition the results and final interpretations, all of these possible voluntary or involuntary biases can be detected by repeating the experiment (they can be falsified in Popper's words) because the experiment itself is clearly defined and delimited. This task is almost impossible with narrative models and it can lead to endless argumentations where, sadly, the *argumentum ab auctoritate* tends to prevail more often than not.

In this dissertation, structured as a compendium of publications, we present mainly an assemblage of works and methodological approaches, trying to take advantage of some of these new methods and how we can apply them in order to achieve a better comprehension of the archaeological record. We have concentrated on the transition from the Mesolithic to the Neolithic in the Eastern and North-eastern zone of the Iberian Peninsula, focusing mainly, but not only, in one of the most relevant sites for this geo-chronological frame, such as Cueva de la Cocina, and on one of the most distinctive cultural markers for these societies: the geometric microliths.

Only the articles that are at this point published or accepted in impact journals are to be included as the body of the PhD. However, because this would not reflect much of the undergoing work, nor would it reflect the presentations at meetings, seminars, book chapters, etc., developed during the time of the PhD, we have decided to include a short chapter accounting for other methodological approaches, either in process, or presented in different types of conventions. We have also decided to include a second annex with another article, sent for publication, but still waiting for final decision, since we believe that it can capture part of the work that has been done and treats many of the aspects

developed under this PhD. Thus, in the first chapter we offer a *state-of-the-art* of the Neolithization process in the Eastern Iberian Peninsula. In the second chapter a brief glance of the overall work is developed, and other methodological proposals are offered. The third chapter includes the results and insights obtained from the application of the different techniques used in the articles, and the fourth chapter consists on a general conclusion. Then, the first attachment includes four articles indexed in Scopus and consisting on different approaches to several archaeological situations —data re-interpretation, taphonomic problems, lithic and social knowledge and methodological proposals—. Finally, the second and last attachment is the preprint of an article, still under review, but which treats many of the archaeological issues concerning this doctoral dissertation. We have decided to leave the preprint as it has been sent for its final version, only inserting the images for better comprehension.

The order of the mandatory articles is as follows:

ARTICLE 1

DIEZ-CASTILLO, A., CORTELL-NICOLAU, A., GARCÍA-PUCHOL, O., ESCRIBÁ-RUIZ, P. (2017). “Entorno 3D para el análisis y la recreación virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España)”. *Virtual Archaeology Review*, 8 (17), pp. 75-83. DOI: 10.4995/var.2017.7028

ARTICLE 2

PARDO-GORDÓ, S., GARCÍA-PUCHOL, O., DIEZ-CASTILLO, A., McCLURE, S. B., JUAN-CABANILLES, J., PÉREZ RIPOLL, M., MOLINA BALAGUER, LI., BERNABEU, J., PASCUAL BENITO, J. LI., KENNET, D. J., CORTELL-NICOLAU, A., TSANTÉ, N., BASILE, M. (2018). “Taphonomic processes inconsistent with indigenous Mesolithic acculturation during the transition to the Neolithic in the Western Mediterranean”. *Quaternary International*, 483, pp. 136-147. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.05.008

ARTICLE 3

CORTELL-NICOLAU, A., GARCÍA-PUCHOL, O., BARTON, M. C., DIEZ-CASTILLO, A., PARDO-GORDÓ, S. (2019). “Wandering through the Mesolithic. An archaeostatistical approach to explore the mobility patterns in eastern Iberia”. *Journal of Archaeological Science: reports*, 26 (101892). DOI: 10.1016/j.jasrep.2019.101892

ARTICLE 4

CORTELL-NICOLAU, A. (2019). "Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability". *Lithic Technology*, 44 (3), pp. 153-165. DOI: 0.1080/01977261.2019.1615805

CAPÍTULO 1. CONTEXTO ARQUEOLÓGICO

Tanto el desarrollo final del Mesolítico, como el inicio y expansión del Neolítico y, en especial, el proceso de interacción entre ambas sociedades, son fenómenos arqueológicamente complejos por varias razones. En primer lugar, la información disponible está condicionada por el registro, siempre insuficiente. En segundo lugar, al recopilar y analizar esa información se encuentra un panorama muy variado, con diferentes tipos de señales, que no siempre son fácilmente interpretables. Todo esto conlleva la percepción de un fenómeno dilatado y diverso, que dificulta ver con claridad cada una de las múltiples situaciones que se producen durante el final del Mesolítico e inicios del Neolítico.

La Península Ibérica participa de la gran mayoría de dinámicas que afectan a Europa Occidental en este aspecto. Sin embargo, se dan elementos específicos que pueden tener incidencia en nuestra comprensión sobre el proceso de neolitización en el ámbito regional. En el presente capítulo se intentará ofrecer una visión de las últimas fases mesolíticas y de la llegada de las primeras sociedades productoras, concentrándonos en nuestro marco geográfico de estudio (esto es, el cuadrante nororiental de la península). Vamos a partir en primer lugar de una revisión historiográfica para, en el segundo apartado, describir con algo más detalle el fenómeno de la geometrización asociado al desarrollo final del Mesolítico, y su relación con la transición a las economías

productoras. Con todo ello el objetivo reside en contextualizar mejor el marco temporal del que tratan los artículos anexos, donde el espacio dedicado al contexto arqueológico suele estar más acotado por restricciones editoriales.

1.1 LA NEOLITIZACIÓN DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN LA HISTORIOGRAFÍA

1.1.1 La Neolitización en la historiografía hasta los años 70 del siglo XX

El proceso de Neolitización ha constituido uno de los grandes focos de atención en el estudio de la Prehistoria, debido tanto a la profunda transformación social que supuso, como a las enormes consecuencias en el desarrollo de la sociedad, tal y como la conocemos hoy en día. Durante décadas de investigación han podido solucionarse algunos de los interrogantes que plantea, mientras otros siguen sin tener una respuesta clara. Una de las primeras obras en afrontar esta cuestión, más allá de las aportaciones de los hermanos Siret a finales del XIX, sería el trabajo clásico “*Etnología de la Península Ibérica*”, publicado por Pere Bosch Gimpera en 1932, y que resume gran parte de sus investigaciones desde los años 20. Este primer enfoque, si bien no aborda directamente la interacción que pudo haberse dado entre los últimos grupos de caza-recolectores y las primeras sociedades agrícolas, es relevante, ya que marcaría algunos de los ejes sobre los que pivotaría la discusión arqueológica durante los siguientes 30 años. Sus líneas maestras serían, por un lado, la asociación de los grupos epipaleolíticos peninsulares con el Capsiense africano, tanto de acuerdo con el registro lítico, como con los escasos restos antropológicos disponibles, basados básicamente en los estudios de Mendes Correa sobre los restos humanos del yacimiento portugués de Muge. Por otro lado, la cerámica cardial había sido reconocida por primera vez por Colominas en 1925, a partir de sus estudios en las Cuevas de Montserrat —él la incluiría en ese momento dentro de la Cultura Montserratina—, y por Visedo en ese mismo año, a partir del material hallado en Cova de la Sarsa. Bosch Gimpera la incluiría dentro de la denominada como Cultura de las Cuevas, entendida como una evolución de la cultura epipaleolítica previa y, por tanto, también de ascendencia africana, en lo que vendría a ser conocido como el *Hispano-mauritano* o *Ibero-sahariano*. La importancia de estos enfoques reside, principalmente, en el esfuerzo investigador que se realizó en los siguientes años para comprender mejor, y/o aclarar cuando fuera necesario, su significado.

En este sentido, y a falta de contextos estratigráficos claros, la cerámica cardial fue asociada en un principio a momentos eneolíticos, no solo por Bosch Gimpera, sino también por Lluís Pericot (1934) quien, sin embargo, distinguiría dos grupos, uno central y otro meridional. Dentro de este contexto, las primeras excavaciones llevadas a cabo en Cova de la Sarsa (Bocairent, València), a cargo de Fernando Ponsell a finales de los años 20 del siglo XX, e intermitentemente durante los siguientes años 30, no aportaron mayor claridad estratigráfica, y también sus complejos cerámicos serían incluidos dentro de la

tradición eneolítica. Aún dentro del paradigma africanista, que también defendería Julio Martínez Santa-Olalla (1941), cobraría una gran importancia la publicación de la Esquerda de les Roques de El Pany (Torrelles de Foix, Barcelona), en 1936 por Martí Grive. A partir de este momento, sería Julián San Valero, en 1942, el primero en alejar la cerámica cardial de la campaniforme de acuerdo con dos criterios básicos, por un lado, la estratigrafía mencionada y, por el otro, la asunción de que “la tosquedad no es indicio seguro de mayor antigüedad” (San Valero, 1946) en contra de lo que se postulaba hasta ese momento.

La progresiva inclusión de nuevos yacimientos arqueológicos en el registro conllevaría un refuerzo paulatino de las acertadas tesis de San Valero. Lluís Pericot excavó Cueva de la Cocina (Dos Aguas, València) en 1941, 1942, 1943 y 1945. En sus conclusiones referentes a la neolitización (Pericot, 1945) sostiene que las cerámicas ‘de superficie rayada’ suponen la fase más antigua de la neolitización, dando así crédito al punto de vista de San Valero, que rompe con la tendencia imperante hasta el momento de asociar mayor complejidad decorativa a un estadio de neolitización más avanzado. Asumiendo el nuevo paradigma con respecto a la posición estratigráfica de la cerámica cardial, Jordá y Alcácer, en su trabajo sobre la Covacha de Llatas (Andilla, València) (Jordá & Alcácer, 1949) también atribuyen la fase cardial a los primeros momentos de la neolitización. Sin embargo, el aspecto más destacado de dicho trabajo reside en la distinción que hacen entre dos facies neolíticas, una de costa (con cardial) y una de montaña interior (sin cardial). Este trabajo puede considerarse un punto de partida para un nuevo paradigma en el debate sobre el proceso de neolitización, cuyo testigo recoge Domingo Fletcher, en 1953, quien sin embargo introduce una nueva fase, la de contacto, representada por conjuntos con trapezios y cerámica cardial, como puede observarse en los yacimientos de Sarsa o Cova de l’Or. De este modo, la cerámica cardial y los microlitos geométricos se definen ya en este momento como el mejor exponente para captar las características culturales del proceso de neolitización.

A propósito de Cova de l’Or, conocida desde 1933, pero cuyas excavaciones no se llevarían a cabo hasta mediados de los años 50 por Vicente Pascual, su importancia para la evolución del conocimiento arqueológico sobre el Neolítico es capital, no solo por el volumen de material allí recuperado, sino por ser una de las primeras cuevas que ofrece dataciones de carbono 14 — 6720 ± 160 BP sobre un conjunto de muestras de cereales (Schubart & Pascual, 1966)—, y que confirma la antigüedad de las cerámicas cardiales asociadas a las semillas domésticas. Además, su publicación coincide con un momento de especial importancia para la investigación a partir de las excavaciones de Bernabò Brea en Arene Candide (Bernabò Brea, 1956). En este punto, el paradigma de la importancia africana en el proceso de neolitización en la Península Ibérica comienza a cuestionarse. En este sentido, varios autores empiezan a observar las similitudes entre las colecciones mediterráneas y las peninsulares, comenzando por Tarradell (1962), en una línea seguida por algunos investigadores, como el mismo Fletcher, que abandona el

paradigma hispano-mauritano (Fletcher, 1963), o Pellicer quien, en su estudio sobre la cerámica impresa en el Mediterráneo occidental aboga decididamente por una difusión de la misma con un punto de origen en el Próximo Oriente y apuntando a la expansión marítima como vía (Pellicer, 1964b). De este modo, las anteriormente apuntadas dataciones de Or servirían a Enrique Pla (1966) no solo para descartar definitivamente las posturas africanistas, sino para dar importancia a la industria lítica en la cuestión, planteando el problema de la conexión entre las últimas industrias mesolíticas y las primeras neolíticas. Todo este debate es recogido por Ana María Muñoz Amilibia (1970) quien, a pesar de no estar de acuerdo con el modo en que Pellicer había dividido las distintas facies para el Neolítico andaluz, sí que coincide tanto con él como con Tarradell en descartar el origen africano para el Neolítico peninsular y en la difusión marítima como método básico de la expansión del Neolítico mediterráneo.

1.1.2 Desde los años 70 hasta el cambio de siglo

El último cuarto del siglo XX significó un renovado impulso a la investigación del proceso de neolitización. Dicho impulso vino motivado por varios factores, no necesariamente ligados a la discusión previa, centrada en cómo las fases cerámicas podían ofrecer información sobre los tiempos de la adopción de la agricultura. En primer lugar, es determinante la aportación de Javier Fortea, no solo con sus estudios específicos sobre Cueva de la Cocina (1971), sino principalmente por el desarrollo de su tesis doctoral, defendida en 1968, pero publicada en 1973, y en la que aborda la sistematización del complejo Epipaleolítico en el Mediterráneo peninsular. La misma Cueva de la Cocina jugará un rol central en cuanto al proceso de neolitización, y será la base sobre la que se sustentarán tanto las fases del último período epipaleolítico, o Mesolítico Geométrico, como los primeros momentos de la neolitización. En síntesis, Fortea expuso cuatro fases, en las cuales, y en orden cronológico, Cocina I correspondería a un Mesolítico caracterizado por el predominio de los trapecios en el registro lítico, Cocina II se vería representada por el aumento de los triángulos y la presencia de los triángulos de tipo Cocina, con dos lados cóncavos, la fase Cocina III sería de contacto y vendría marcada, además de por la presencia de segmentos de retoque abrupto por la aparición de elementos cerámicos, y Cocina IV correspondería a un momento de neolitización más avanzado. Además, y bebiendo de la tradición investigadora que, como hemos visto, había venido gestándose en los años anteriores, propuso una corriente interpretativa basada en tres facies diferenciadas, según la cual existiría: 1) un Neolítico caracterizado por la presencia de cerámica, pero industrias de tradición paleolítica, con la práctica total ausencia de elementos geométricos, tal como se representaría en Mallaetes, 2) un Neolítico de nueva aparición desligado de las tradiciones peninsulares previas, como vendrían a indicar Cova de l'Or y Cova de la Sarsa y, por último (3), un Neolítico interior, identificado en Cueva de la Cocina, cuyas fases acaban de ser expuestas. En segundo lugar, otro de los elementos que contribuyen al crecimiento del debate sobre el tema que nos ocupa es la ampliación

del marco geográfico de aplicación. Si hasta este momento la práctica totalidad del registro provenía de yacimientos valencianos, con algunas inclusiones de yacimientos andaluces, como La Carigüela (Pellicer, 1964a; Almagro et al., 1970) o Nerja (Pellicer, 1963), o catalanes, como los ya mencionados Montserrat o Esquerda de les Roques, por citar algunos, a partir de este momento se incluyen yacimientos del interior, cuyos investigadores aportarán nuevas visiones al proceso de neolitización, que centrarán la discusión arqueológica hasta prácticamente el final del siglo XX. Uno de los primeros de estos casos sería el del registro de Verdelpino (Cuenca). Este yacimiento, excavado por Manuel Fernández-Miranda y Alfonso Moure (Fernández-Miranda & Moure Romanillo, 1974; 1975), ofreció una secuencia con cuatro niveles en la cual, según sus autores, no solo no aparece la cerámica cardial, sino que los niveles de cerámicas lisas estarían infrapuestos a los niveles con cerámicas decoradas, ofreciendo, además, fechas tan antiguas como 7950 ± 150 BP —sobre hueso indeterminado— en el nivel IV, de cerámicas lisas. A todo esto suman la ausencia de geométricos, la presencia de buriles y lo que consideran como una flecha de tradición epigravetiense para sostener una neolitización de raigambre paleolítica, previa a los horizontes cardiales mediterráneos. No será este el único ámbito geográfico añadido al revitalizado debate sobre la neolitización. A partir de estas fechas van a cobrar especial relevancia los yacimientos de la Cuenca del Ebro. Algo olvidados hasta los trabajos de Enrique Vallespí quien, siguiendo los pasos de su abuelo, Lorenzo Pérez Temprado, realizó una ardua tarea de prospección en la zona del Bajo Aragón (Vallespí, 1959; 1960), la llegada de investigadores que cogen su testigo e inician la excavación sistemática de algunos enclaves arqueológicos supondrá la inclusión, no solo de nuevas fuentes de datos para entender la adopción de la agricultura en la Península Ibérica, sino también de nuevas perspectivas sobre el proceso. En este sentido, serán especialmente importantes, por pioneras en la zona, las excavaciones de Ignacio Barandiarán en Botiquería dels Moros (en adelante Botiquería) en 1974 (Barandiarán, 1978) —aunque la cueva ya hubiera sido excavada por J. Tomás Maigi en 1955 y 1959, no fue objeto de una publicación exhaustiva (Tomás & Vallespí, 1960)—, y Costalena en 1978 (Barandiarán & Cava, 1989). Por último, a esta ampliación del marco geográfico también se suma la revisión de alguno de los yacimientos clásicos en el ámbito valenciano. En este sentido, deben destacarse las intervenciones de Javier Fortea en Cueva de la Cocina, desde 1974 hasta 1981, así como las de Bernat Martí en Cova de l'Or desde 1975 hasta 1985 (Martí et al., 1977; 1980; Martí, 1981; 2011).

La ampliación de los ámbitos geográficos implicados, de los grupos de investigación que abordan la cuestión y, por tanto, del registro arqueológico, llevó a una profundización del debate sobre el proceso de neolitización. Ya hemos visto como, en este momento, las tesis dominantes se habían situado en un punto según el cual la neolitización sería un proceso importado y en el que se podían distinguir tres facies principales, representadas por Mallaetes, Cocina y Or. Sin embargo, la inclusión de los nuevos yacimientos

mencionados aparejó la difusión de ciertos puntos de vista autoctonistas, de acuerdo con secuencias que mostraban cerámica en niveles muy profundos, mezcladas con elementos líticos de tradición epipaleolítica. Es el caso, ya visto, de Verdelpino, defendido por Fernández-Miranda y Moure (1974; 1975; 1977), pero no es el único. Si bien es cierto que Verdelpino fue un caso singular y especialmente controvertido, como comprobaremos más adelante, también lo es que, durante esta época, los postulados autoctonistas en el proceso de transición hacia las economías productoras adquirieron cierta relevancia. En este sentido se pronunciaría Ignacio Barandiarán a partir de sus excavaciones en Botiquería (1978). Barandiarán defendía, si bien no una evolución propia de los últimos grupos de caza-recolectores peninsulares hacia el Neolítico, sí un proceso lento, durante el cual estos grupos epipaleolíticos habrían continuado con su actividad económica primordial y habrían adoptado solo de forma esporádica, y por contacto con los grupos neolíticos costeros, algunos elementos puntuales, como la cerámica, sin que esto implicara un cambio demográfico o en sus modos de vida. En una perspectiva similar situaríamos también los trabajos iniciales de Francisco Gusi y Carmen Olària (Gusi, 1978; Gusi & Olària, 1979). En los niveles I y II de Cova Fosca, cerámicos, obtienen una serie de dataciones antiguas (7210 ± 70 BP en el primer nivel y los 7640 ± 110 en el segundo), en un contexto lítico que definen como continuación del nivel III, mesolítico y acerámico. Estas fechas, junto a las similitudes de dicho yacimiento con Can Ballester, con cronologías que, según sus autores, alcanzan el VI milenio cal BC en sus niveles neolíticos, están en la base de su propuesta de un sistema según el cual los modos de vida mesolíticos perdurarían en el tiempo y convivirían con la forma de vida de los primeros agricultores de la Península Ibérica. José Aparicio ahonda aún más en estos presupuestos cuando, en 1979, define el período proto-neolítico como un proceso que se produce sobre la ‘base étnica y ergológica del Mesolítico III’ (Aparicio, 1979: 185). Según su punto de vista, se podrían diferenciar tres fases del Mesolítico, en las cuales el Mesolítico I correspondería al período entre finales del Magdaleniense e inicios del hoy conocido como Mesolítico Geométrico y se correspondería, en la Península Ibérica, con el *ibero-mauritano* anteriormente citado, el Mesolítico II sería equiparable al Cocina I de Fortea, y su Mesolítico III equivaldría a Cocina II de Fortea, todo en un proceso de evolución diacrónica, que debería llevar a la adopción de elementos de cultura neolítica que, en todo caso, no modificarían los modos de vida de los últimos cazadores-recolectores. Además, defiende una homogeneidad durante todo el Epipaleolítico-Mesolítico mediterráneo, que respondería a la similitud que muestran los nichos ecológicos en esta área y se justifica ecológicamente, aduciendo respuestas análogas ante estímulos ambientales similares. En 1980 y 1981 Bernat Martí y colaboradores publican parte de los resultados obtenidos tras las campañas realizadas en Cova de l’Or (Martí, 1981; Martí et al., 1980). En ellos confirman la ocupación *ex novo* de dicho yacimiento por grupos neolíticos, lo que convierte a la cueva en un yacimiento representante de la neolitización sin sustrato epipaleolítico previo —algo que corroborará Juan Cabanilles (1984) de acuerdo con sus

estudios de la industria lítica, tanto de Or como de Sarsa—, lo que toman como evidencia del componente démico de la transición a las economías productoras en la Península Ibérica. En este sentido, una de las propuestas que tendría más éxito comenzaría a atisbarse en el *Colloque International du CNRS*, celebrado en Montpellier en 1983, pero cuyas actas no serían publicadas hasta 1987. Allí, Javier Fortea, Bernat Martí y otros expresan sus dudas tanto sobre el registro de Mallaetes, como sobre los de Cova Fosca, ambos en la base de la propuesta de una aculturación progresiva y/o una temprana adopción de cerámica entre grupos de cazadores-recolectores. Además, argumentan, frente a las corrientes autoctonistas, que no se observan, ni en los registros faunísticos, ni entre los restos de cereales, taxones de transición a las especies domesticadas. De este modo, reducen las posibilidades del proceso de neolitización al grupo representado por Cocina-Costalena-Botiquería, por un lado, y que abarca a los yacimientos con sustrato geométrico, y al neolítico representado por las cuevas de l'Or y de la Sarsa; esto es, grupos neolíticos *puros*, sin contacto evidente con el sustrato mesolítico previo. Estos mismos argumentos los retomará el propio Fortea en 1985 y, de nuevo, con Bernat Martí, en 1984-1985 cuando, además, inciden en la problemática de algunas de las secuencias que se habían utilizado para sostener procesos autóctonos de neolitización, particularmente la de Verdelpino. En ese mismo año, 1985, Joaquim Juan Cabanilles, en un estudio comparativo sobre la industria lítica de Cueva de la Cocina y Cova de l'Or, utilizará las letras A, B, C y D para referirse respectivamente a las fases I, II, III y IV de Cocina, propuestas por Fortea. Esta nueva nomenclatura acabará por asentarse en la literatura arqueológica hasta el punto del uso indistinto entre una u otra.

Trascendiendo un poco la esfera peninsular, y antes de avanzar más en el tiempo, debe recordarse la importancia de la publicación del trabajo de Ammermann y Cavalli-Sforza 1984 que propone el modelo de ola de avance para la difusión del Neolítico en el Viejo Continente. En esencia, su propuesta consiste en la adaptación del modelo de reacción-difusión creado por John Gordon Skellam en 1951 para la comprensión de la dispersión de gases. Dicho modelo se basa en la saturación de un espacio dado, a partir del cual los gases tienden a expandirse más allá del espacio predefinido, a un ritmo determinado y constante. Aunque ambos autores ya habían trabajado sobre esta propuesta desde principios de los años 70 (Ammermann & Cavalli-Sforza, 1971) es en 1984 cuando publican *The Neolithic Transition and the Genetics of Population in Europe*. En este trabajo los autores adaptan las fases de expansión a la demografía humana, creando un ritmo de expansión de 1 Km/año, que a grandes rasgos se adapta a los tiempos de neolitización del continente. El hecho de que esos ritmos no sean constantes en toda Europa ha llevado a toda una serie de discusiones en el ámbito regional acerca del funcionamiento preciso de distintos puntos y/o elementos de interacción y, en última instancia, desembocaría en las propuestas del modelo arrítmico de Guilaine, algo más tardías (Guilaine, 2001; 2013). El modelo ha sido revisado, matizado y modificado en numerosas ocasiones, pero sigue siendo un componente esencial del estudio de la

expansión neolítica en tanto que ofrece un marco general que permite comprender las tendencias generales de la neolitización. Al mismo tiempo introduce en el debate argumentos sólidos en favor del carácter démico de dicho proceso.

En todo caso, las primeras contestaciones al modelo no tardarían en surgir, dada la variedad de la casuística cuando se intenta abordar el fenómeno de la neolitización a escala europea. En 1986, Marek Zvelebil configura el conocido como modelo de disponibilidad o de frontera, según el cual las comunidades mesolíticas son clave en la expansión neolítica en tanto que sería a través de estas mismas comunidades y de sus redes como, por medio de sus contactos fronterizos con los primeros grupos agrícolas, se expanden los rasgos culturales y tecnológicos ligados a la neolitización. El modelo de islas-filtro, de Lewthwaite, en el mismo volumen, sostiene que el progresivo declive de las *señales* de la neolitización que se observa a medida que las economías productoras se difunden desde el foco originario próximo-oriental hasta el Atlántico reside en el propio proceso. Al sostener que la transmisión se produce por medio de transferencias culturales, los propios grupos receptores de los elementos ligados a la neolitización ejercerían de filtro al no adoptar todas las características y, a su vez, reducirían el repertorio de rasgos característicos de las culturas agrícolas que pasarían a los siguientes grupos.

La configuración de estos tres modelos es fundamental en la teoría de la neolitización, en tanto que se erigirían en los códigos básicos a partir de los cuales se intentarían explicar los procesos de transición agrícola locales y regionales, no solo en la Península Ibérica, sino en la práctica totalidad del continente europeo. Dentro de este renovado marco teórico, los debates sobre los postulados autoctonistas y aquellos que abogaban por un componente démico de la neolitización, alcanzaron una mayor nitidez en sus posiciones, ya exentas de ambigüedades. Carmen Olària, en su estudio sobre las excavaciones de Cova Fosca, sitúa claramente la domesticación en momentos epipaleolíticos, unida a un incipiente proceso de sedentarización cuando afirma que “Una repuesta del hombre, que (...) se plasmaría a través de la domesticación de los ovicápridos. (...) Cova Fosca se convertiría en un lugar de ocupación permanente y prolongado” (Olària, 1988: 362), a propósito de la fase III del citado yacimiento, en una posición que comparte Miguel Martínez Andreu cuando defiende un proceso de sedentarización con continuidad desde el Paleolítico (Martínez Andreu, 1989-1990). En esta situación, la tesis doctoral de Joan Bernabeu (1989) supone un nuevo impulso al componente difusionista démico de la neolitización. Aparte del grueso del trabajo, constituido a partir de la construcción de las fases de evolución neolítica de acuerdo con el registro cerámico, este autor señala de nuevo la ausencia de los agriotipos en los espacios en los que se propone su domesticación, y se acerca a lo que se conocería como el Modelo Dual cuando aboga por un proceso difusionista en el cual el papel del sustrato no debe ser, sin embargo, ignorado. La serie de argumentaciones y réplicas es, como puede verse, muy extensa, y nos limitaremos, por tanto, a señalar solo algunas de las contribuciones más significativas. En este sentido, destaca la propuesta de Vicent (1991), cuyo corte marxista incorpora la

reflexión sobre el cariz social de la neolitización y lo artificioso de las creaciones tipológicas, en tanto elementos únicamente válidos en su sentido epistemológico. También la propuesta de Barandiarán y Cava (1992), más centrada en el registro, y según la cual la diversidad encontrada en los distintos yacimientos no obedecería a tradiciones culturales distintas, sino más bien a espacios funcionalmente diversos, lo que implicaría que estaríamos hablando de una única tradición cultural con distintas caras, o facies, representadas en los yacimientos mediante la distinción de sus conjuntos arqueológicos. Otro trabajo de capital importancia es el de João Zilhão quien, en 1993, introduce nuevos elementos de reflexión en la discusión. En primer lugar, aboga definitivamente por la postura de difusión agrícola por vía marítima. Aunque la idea no es nueva —recordemos que ya había sido sugerida por Bernabó Brea o Tarradell—, recobra un nuevo impulso al reintroducirse en el debate como elemento básico de discusión, más aún dentro de la revitalización de las ideas difusionistas que había supuesto el mencionado modelo de ola de avance. Además, introduce en la discusión el concepto de *leapfrog* (aportado originariamente al debate arqueológico por Ruth Tringham en 1978). En segundo lugar, son especialmente relevantes sus observaciones cuando hace notar la importancia de los procesos post-deposicionales en nuestra comprensión sobre la secuencia estratigráfica de cada yacimiento. Es lo que, en ese momento llama el *síndrome de Verdelpino*. Los términos en los que Zilhão plantea el debate cuando afirma que “*we are dealing with the neolithization of people, not the neolithization of deposits*” (Zilhão, 1993: 55), se constituirán en uno de los elementos a tener en consideración hasta nuestros días. Ese mismo año, 1993, es además el año en el que el Modelo Dual adquiere su denominación y forma definitiva, con la publicación de Bernabeu, Aura y Badal, y ya no dejará de ser uno de los centros sobre los que pivote la discusión sobre el proceso de neolitización. Dicho modelo, como ya se ha apuntado anteriormente, se basa en la distinción en la adopción del Neolítico en dos grupos básicos. Por un lado, estarían los grupos sin tradición epipaleolítica, cuyo origen debe buscarse en aportaciones démicas del Mediterráneo, y por el otro estarían los grupos que, como consecuencia del contacto con estos primeros, adoptan la neolitización.

Siguiendo la estela de algunas de las propuestas de década de 1990, Ana Cava (1994), resulta algo más ambigua al hablar de que “la transformación (...) no es, en estos territorios interiores, sino la culminación de un largo proceso evolutivo que se inicia bastante tiempo atrás” (Cava, 1994: 66), para luego explicar que la postura defendida es la de unas poblaciones mesolíticas, que vienen de la tradición del geometrismo, y que incorporarían las innovaciones neolíticas en un proceso sin solución de continuidad. En este sentido, destacaría la propuesta de Rodríguez Alcalde, Alonso y Velázquez (1995). Desde una posición teórica muy vanguardista para la época, recurren al marco de la Teoría del Caos y de los sistemas complejos para, partiendo de la base de considerar las redes mesolíticas como un sistema interactivo isotrópico y, por tanto, sensible a intrusiones externas, desarrollar un modelo matemático fractal a partir del cual tratan de

explicar, no tanto las causas de la expansión neolítica en el Mediterráneo, cuanto la dinámica de los procesos de transmisión de información. Introducen aquí los conceptos de capilaridad y redes percolativas, de los que también participará Vicent (1997), e influidos por las posiciones de Zvelebil y Lewthwaite, que vienen a rechazar la idea de una expansión axial de la neolitización y consideran más oportuno hablar de una expansión capilar; esto es, a través de las redes sociales preexistentes. Como puede deducirse, las implicaciones de esta postura afectaban directamente al Modelo Dual, dado que la expansión de los elementos culturales neolíticos mediante redes de transmisión social invalidaba uno de los postulados fundamentales del mismo; esto es, la aparición de un Neolítico *ex novo*, tanto en Or como en Sarsa, sin tradición epipaleolítica previa, y cuya existencia se debía, por tanto, a un proceso démico. Así, el mismo 1997 llegó una respuesta, firmada por Martí & Juan Cabanilles. En primer lugar, señalan la debilidad de la propuesta fractal a la hora de proponer, más allá del propio modelo teórico, quién inicia la transmisión de información y dónde. En segundo lugar, y más relevante en el artículo, recurren al registro arqueológico para demostrar que no se encuentra un proceso de gradación, ni endógeno ni exógeno, protagonizado por las poblaciones epipaleolíticas peninsulares hacia una progresiva neolitización independiente de la influencia de los grupos llegados desde el Próximo Oriente.

En este sentido, es especialmente relevante un último trabajo en cuanto que ofrece renovados argumentos a la hora de valorar muchos de los contextos que se habían utilizado para sostener procesos de transición al Neolítico de corte social y no démico. En 1999, Joan Bernabeu y colaboradores deciden abordar el modo en que los procesos tafonómicos post-deposicionales pueden estar afectando al registro arqueológico, particularmente en contextos de transición cultural. Para ello estudian una serie de dataciones radiocarbónicas de distintos registros (mesolíticos, neolíticos o mixtos), concluyendo que las dataciones provenientes de contextos mixtos ofrecían un mayor grado de incertidumbre. Por lo tanto, reconocen con base estadística una serie de conjuntos que pueden estar afectados por lo que Zilhão llamó el síndrome de Verdelpino y que, desde ese momento en adelante comenzarán a denominarse Contextos Arqueológicos Aparentes (CCAs). Este concepto, que básicamente plantea que el registro arqueológico analizado se constituye en muchos casos por una serie de palimpsestos, que podrían crear una secuencia arqueológica real en apariencia, pero configurada en gran medida por los procesos post-deposicionales que la han afectado, es de capital importancia en tanto que, desde ese momento, obliga a los investigadores a una reflexión profunda sobre el método de recogida de datos, así como a un esfuerzo en la comprensión de todos los procesos que pueden estar afectando al modo en como se interpreta el registro arqueológico. Además, supone una renovada óptica desde la cual observar con espíritu crítico secuencias especialmente problemáticas.

1.1.3 La transición del Mesolítico al Neolítico en la historiografía del presente siglo

Como se ha visto, en el momento del cambio de siglo se encuentran vigentes una serie de propuestas entre las cuales se distinguen, fundamentalmente, tres posiciones. Por un lado, tendríamos la posición autoctonista (Ramos et al., 2001; Olària, 2008-2010), que iría perdiendo peso progresivo hasta prácticamente desaparecer. Por el otro, tendríamos un punto de vista desde el cual el proceso de neolitización se explicaría, fundamentalmente, mediante un proceso de transmisión social, con especial preponderancia del sustrato mesolítico previo y sin un significado sustancial de las aportaciones démicas mediterráneas (Alday, 2003). Por último, tendríamos el Modelo Dual, explicado anteriormente, según el cual el peso de las aportaciones démicas era fundamental para entender la neolitización en la Península Ibérica (Juan Cabanilles & Martí, 2002). A todo esto debe sumarse el progresivo aumento del registro que se había venido produciendo desde fines del siglo XX y durante la presente centuria. Dado el volumen de información, no se entrará en el análisis pormenorizado de cada uno de los yacimientos que se han ido sumando recientemente para la investigación arqueológica. Baste mencionar algunos de los sitios más significativos para la cuestión. En este sentido destacarían especialmente algunos ámbitos geográficos, como el País Valenciano, donde se podrían resaltar los trabajos en Falguera (García-Puchol & Aura, 2006) Mas d'Is (Bernabeu et al., 2003; Diez-Castillo et al., 2010; Bernabeu et al., 2012; Bernabeu et al., 2014), Cova de les Cendres (Bernabeu & Molina, 2009), Tossal de la Roca (Cacho et al., 1995; Cacho & Jordá Pardo, 2009), Benàmer (Torregrossa Giménez et al., 2011) o Les Mangraneres (García-Puchol, 2005); la Cuenca del Ebro, con Pontet (Mazo & Montes, 1992), Forcas II (Utrilla & Mazo, 2014), Secans (Rodanés et al., 1996) o Valmayor XI (Rojo et al., 2015), solo por citar algunos; Cataluña, que presentaría, entre otros, La Draga (Bosch et al., 2011), Guixeres de Vilobí (Oms et al., 2014), Caserna de Sant Pau del Camp (Molist et al., 2008), o Balma Margineda (Oms et al., 2016); pero también otros ámbitos peninsulares, que ven incrementar su registro y entran de lleno en el debate, como el caso vasco-navarro, con Mendandia (Alday & Adán, 2005) o Kanpanoste (Cava & Alday, 2004) o el de la Meseta, que aportaría los yacimientos de La Lámpara o la Revilla del Campo (Rojo et al., 2008). Volviendo al debate latente entre las distintas propuestas teóricas respecto al modelo de neolitización, Barandiarán y Cava (2000) distinguen el Bajo Aragón del Alto Aragón, donde el primero adoptaría la cerámica, pero no la agricultura hasta más tarde, mientras que el segundo adopta más pronto todo elemento neolítico, aduciendo para ello los contactos transpirenaicos, también apoyados por Pilar Utrilla (2002), entre otros. Además, aparte de establecer cinco fases para el Epipaleolítico, incluyendo la neolitización, critican, frente a las argumentaciones de Bernabeu, el concepto de los CAAs, mencionado más arriba. En particular, notan su posible arbitrariedad y circularidad argumental y defienden la postura en Forcas II de un 'mesolítico cerámico', con dataciones que alcanzan el 7090±340, posicionándose en el sentido ya visto de un indigenismo que incorporaría elementos de la neolitización y hablando de un

‘Epipaleolítico neolitizado’ para rechazar el concepto de un ‘Neolítico puro’. Bernabeu, por su parte, centraría sus dudas sobre la alta datación del nivel 4 de Forcas II, no en referencia a los CAAs, sino en alusión a su alta desviación estándar (± 340) (Bernabeu, 2002). En este sentido, João Zilhão (2001) llama la atención sobre los posibles problemas del conocido como *efecto de madera vieja*, o los problemas derivados de las dataciones hechas sobre elementos de vida larga, cuya antigüedad puede resultar imprecisa, resultando en un envejecimiento general de las dataciones radiocarbónicas. Otra aportación significativa del trabajo de Barandiarán y Cava (2000) es la constatación de ciertos vacíos radiocarbónicos, que empiezan a observarse, y que irán cobrando importancia a medida que avance la investigación. Por último, vuelven a hablar de un ‘sistema de mosaico’, en el cual las diferencias podían deberse a distintos espacios funcionales. En 2002 llega una respuesta, por parte de Juan Cabanilles y Martí, quienes elaboran una cartografía de la neolitización en la que se exponen distintos puntos de vista. Por un lado, refuerzan las hipótesis de la Teoría Dual y, de nuevo, recurren al registro arqueológico para argumentar, entre otras cosas, que defender una neolitización desde el sustrato mesolítico es arriesgado cuando, en muchas ocasiones, ese sustrato ni siquiera se ha reconocido. Se reafirman, tanto en lo necesario de las aportaciones démicas para comprender el registro, de acuerdo con la información arqueológica de que se dispone, así como de los evidentes problemas post-deposicionales que afectan a algunos de los yacimientos que, supuestamente, mostrarían fases de transición, como Cova Fosca o Mas Nou. Otro aspecto de este documento es la primera mención a la inconsistencia de la fase D, o Cocina IV de Fortea. En definitiva, abogan por una discontinuidad espacial de los primeros núcleos neolíticos, por la rapidez en el proceso de implantación territorial neolítica, así como por una dualidad tanto territorial como cultural entre los últimos cazadores-recolectores y los primeros agricultores.

El incremento en la investigación de esta problemática, así como la incorporación de nuevos ámbitos geográficos a la discusión, llevó a la observación de distintos contextos que, lógicamente, incluyeron aportaciones diferentes en uno u otro sentido del debate expuesto. Así, en 2003, Alfonso Alday sostenía, a raíz de sus estudios sobre la diacronía cerámica en la región vasco-riojana, unas fechas muy antiguas para la adopción de la cerámica en este ámbito, llegando incluso a finales del VII milenio cal BC en Mendandía III, y que además indicaban una fase cerámica con cordones lisos y sin decoración cardial previa a la fase cardial que, hasta entonces, había marcado el inicio del Neolítico. Este autor sostiene, a propósito de Mendandía, que el yacimiento es fiable y que no está afectado por los presupuestos que podían dar lugar a CAAs. Además, se apoya en Forcas II, La Lámpara o Los Cascajos para señalar contextos similares a Mendandía, abogando por una superación del Modelo Dual, según la cual incluye *lo cardial* de la fachada mediterránea dentro de un conjunto de respuestas estilísticas a la neolitización, con significado no necesariamente cronológico. Este punto de vista es apoyado por Manuel Rojo y colaboradores (2006) quienes, además, ofrecen una serie de 47 fechas de los

yacimientos de La Revilla y La Lámpara, provenientes de fosos y en las cuales se alcanzan los inicios del VI milenio cal BC sobre carbón y mediados del mismo milenio sobre semilla.

Sin embargo, desde la vertiente mediterránea se sigue desarrollando el Modelo Dual (García-Puchol, 2005; Bernabeu, 2006). Juan Cabanilles y Martí (2007-2008) introducirían un nuevo elemento de discusión, no solo al eliminar definitivamente la fase D (fase IV de Fortea) del registro arqueológico, según los criterios esbozados en 2002 y reforzados por García-Puchol (2005), sino al introducir serias dudas sobre la posibilidad de que la fase C no fuera también una construcción arqueológica sin base empírica. Con esto demostraban también que los CAAs podían asimismo afectar a yacimientos clásicos del ámbito mediterráneo —de hecho, su aplicación inicial fue para el yacimiento de Cova de les Cendres (Bernabeu et al., 1999)— y que muchas de las estratigrafías hasta ahora tenidas por seguras debían ser revisadas desde un punto de vista crítico. A este propósito, Zilhão (2011) rechaza tanto las propuestas sobre Mendandia como las de los yacimientos del Valle del Ambrona. En el primer caso, aduce problemas estratigráficos, que habrían provocado, mediante factores antrópicos y pedogenéticos, la mezcla de los niveles II-III —como hemos visto, el nivel III sería el que daría las dataciones problemáticas—. En cuanto a los yacimientos meseteños, el autor portugués señala como la más antigua de las fechas consideradas *fiabiles* la muestra UtC-13347 se sitúa en una antigüedad de 6313±48 BP. Para él, por lo tanto, la datación más antigua del yacimiento de La Lámpara, (KIA-21350: 6871±33 BP), debería ser descartada.

En cualquier caso, hoy en día este debate se sigue manteniendo en lo básico. Con el autoctonismo prácticamente descartado, compiten dos posturas de investigación de acuerdo con el mayor peso de las poblaciones mesolíticas, con preponderancia del indigenismo en el proceso de neolitización (Alday, 2009; Rojo et al., 2013; 2015; Alday et al., 2018) o bien las que destacan el carácter esencialmente démico de la adopción de la agricultura, mediante el Modelo Dual o movimientos migracionistas en general (Bernabeu & Martí, 2014; Zilhão, 2014; Salazar-García & García-Puchol, 2017).

Estas propuestas se enmarcan en un momento de renovación teórica y metodológica. En el sentido teórico, surge una corriente a escala europea que matiza modelos anteriores y tiene en cuenta las disparidades en el ritmo de la neolitización. Hablamos del modelo arrítmico de Jean Guilaine (2001; 2013), brevemente mencionado con anterioridad. Configurado a partir de la propuesta de ola de avance de Ammermann y Cavalli-Sforza, pero que introduce los distintos ritmos del proceso de neolitización, descartando un ritmo de avance fijo de 1 Km/año, y teniendo en cuenta especialmente la mayor velocidad del proceso cuando este se produce por vía marítima, donde se puede llegar a un ritmo de avance de 3.5 Km/año.

Metodológicamente, el incremento de la investigación arqueológica, notable en los últimos años, así como el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, está ayudando a clarificar algunas ideas y a la introducción de nuevos paradigmas. Dos de los instrumentos

más llamativos, y que más resultados están dando en la investigación arqueológica son las sumas de distribuciones de probabilidad de dataciones radiocarbónicas calibradas (SCDPDs, por sus siglas en inglés) (Bernabeu et al., 2016; García-Puchol et al., 2016) y la paleogenómica (Olalde et al., 2019; Villalba-Mouco et al., 2019). Los motivos de crecimiento del primero son fundamentalmente dos: en primer lugar, el propio incremento de las bases de datos de dataciones de radiocarbono está permitiendo trabajar en profundidad sobre los aspectos cronológicos y obtener una mayor precisión general de los procesos de cambio. En este sentido, se hablaba anteriormente de la constatación de vacíos poblacionales. El aumento en el número de dataciones publicadas sobre distintas secuencias parece confirmar este vacío, no solo en la Península Ibérica (García-Puchol y Aura, 2006; Torregrossa et al., 2011), sino también a escala europea (Perrin, 2005; Cristiani et al., 2009; Perrin et al., 2009; Shennan, 2018). De este modo se han desarrollado distintos modelos explicativos (Jover & García Atiénzar, 2014). Este aspecto reviste importancia en el debate entre dualidad cultural o procesos indigenistas, ya que la confirmación de dichos vacíos implicaría necesariamente una menor incidencia del componente indígena como elemento de transmisión cultural, al carecer de fase de contacto. En segundo lugar, y volviendo a los motivos del crecimiento de los SCDPDs, su enfoque de probabilidad, basado en la estadística bayesiana, no hubiera sido posible sin el exponencial incremento de la capacidad computacional generada en los últimos años (Albert, 2009). En cuanto a la paleogenómica, los estudios sobre ADN han conocido a su vez un notable empuje de un tiempo a esta parte y, aplicados al tema que nos ocupa, son capaces de arrojar luz sobre los aspectos démicos del proceso.

Por otro lado, el desarrollo e introducción de una serie de herramientas en la investigación peninsular sobre el Neolítico, aplicadas con éxito en el campo de la evolución biológica, ha proporcionado una aproximación renovada sobre el estudio de los procesos de transmisión y filiación cultural. La filogenética (O'Brien & Lyman, 2003), por ejemplo, está siendo aplicada en el ámbito peninsular para distinguir entre distintos grupos culturales y sus filiaciones (García Rivero, 2013). Otros aspectos de la aplicación de la Biología Evolutiva, como la Genética Cuantitativa (Lycett & von Cramon-Taubadel, 2015), o la Morfometría Geométrica (GM, por sus siglas en inglés) (Adams et al., 2013) aún pueden tener un largo recorrido de aplicación en Iberia. Hay otra serie de técnicas aplicadas con éxito en el marco de la investigación peninsular en referencia al problema que nos ocupa. Desde el desarrollo y adaptación de modelos matemáticos, a partir de la raíz original del modelo de ola de avance (Fort & Méndez, 1999; Fort et al., 2004; Fort, 2012; Isern et al., 2017), hasta la aplicación de redes de sistemas complejos en la comprensión de distintos procesos evolutivos (Lozano, 2009; Bernabeu et al., 2017), el desarrollo de modelos de agentes que puedan aportar luz a la expansión neolítica (Pardo-Gordó, 2017), o el uso de estadística bayesiana para una mejor interpretación de la secuencia arqueológica (García-Puchol et al., 2018). La extensión de la aplicación de todas estas herramientas debería propiciar, a corto-medio plazo, una base metodológica

sobre la que avanzar en muchas de las cuestiones que aún siguen abiertas a propósito del análisis del proceso de adopción de la agricultura. La propuesta y desarrollo de alguna de estas herramientas analíticas constituyen el objetivo central de la presente tesis doctoral.

1.2 LA SECUENCIA DEL PROCESO DE NEOLITIZACIÓN EN EL CUADRANTE NORORIENTAL DE LA PENÍNSULA IBÉRICA: DESARROLLO DEL GEOMETRISMO EN LAS INDUSTRIAS LÍTICAS HOLOCENAS

1.2.1 El desarrollo final del Mesolítico

En la Península Ibérica, las fases reconocidas durante el desarrollo final del Mesolítico y los inicios del Neolítico guardan similitudes con el registro europeo. Sin embargo, existen particularidades regionales que dotan a este ámbito geográfico de una personalidad propia. En algunos casos, estas particularidades pueden concordar con algunos ámbitos del Mesolítico europeo como, por ejemplo, el horizonte de Muestras y Denticulados durante el Primer Mesolítico, que ha encontrado paralelos en el *Epipaleolítico Indifferenziato* italiano (Lo Vetro & Martini, 2016). En otras ocasiones, el carácter de las industrias ibéricas se presenta más restringido, como las observamos en la regionalización del Mesolítico Final, o fase B del Mesolítico Reciente en la terminología local. En general, la historiografía europea suele dividir el Mesolítico en dos fases, Primer Mesolítico o Sauveterriense, que se desarrollaría a partir del X milenio cal BC hasta finales del VIII milenio cal BC, y Segundo Mesolítico, Mesolítico Final o Castelnuoviense², que comenzaría a inicios del VII milenio cal BC y concluiría con la llegada del Neolítico, a mediados del VI milenio cal BC.

Desde una perspectiva geográfica, el siguiente apartado se va a centrar en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica, objeto de estudio de los artículos anexos, sin excluir posibles referencias a otros ámbitos peninsulares. Cronológicamente, después de un repaso muy breve a la primera fase mesolítica, utilizado únicamente para la comprensión del proceso previo al fenómeno que nos interesa, se desarrollarán algo más la versión peninsular del Castelnuoviense europeo y el proceso de neolitización.

1.2.1.1 El sauveterroide y las industrias previas al Mesolítico Reciente en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica

Atendiendo a la variedad del Sauveterriense a escala europea, es común la utilización del término Sauveterroide, haciendo alusión a ciertas similitudes industriales, no exentas de particularidades geográficas. Es el caso, por ejemplo, de las industrias italianas (Valdeyron, 2008), pero también de las ibéricas, en un proceso común en sus líneas básicas, pero no exento de regionalización. De hecho, ya Fortea (1973; 1984), en su

² En ocasiones el término Castelnuoviense es substituido por el Tardenoisense. Sin embargo, varios autores desaconsejan el uso de este último término y han hecho notar su desvirtuación y sus problemas de definición, atendiendo a la gran variedad de tecnocomplejos, no siempre similares, a los que ha sido aplicado (Perrin & Binder, 2014; Allard, 2017; Marchand & Perrin, 2017).

definición de la facies Filador —la definición tradicional con la que se ha reconocido a este periodo en la Península Ibérica—, utilizó el término *Sauveterroide*, reflejando similitudes con las industrias francesas, pero también una personalidad propia.

Centrándonos en la historiografía más reciente, el Sauveterroide ibérico comparte con otras zonas europeas la presencia de los triángulos pigmeos y los segmentos de círculo, aunque se han notado dos diferencias fundamentales entre los sistemas al Sur y al Norte de los Pirineos. En primer lugar, en la Península Ibérica el componente geométrico es mucho menor que en el Sauveterriense europeo y, en segundo lugar, las fechas ibéricas parecen anteceder a las europeas (García-Argüelles et al., 2013; Soto et al., 2016). Esto ha dado lugar a que se proponga un origen del Sauveterriense en la propia Península Ibérica, dentro de una tradición industrial que no significaría una ruptura con el Epimagdalenense, sino que representaría una fase de continuidad con respecto a dicho periodo, en lo que se propone como Sauveterroide Microlaminar (García-Argüelles et al., 2013). Otra de las diferencias fundamentales con respecto al Sauveterriense clásico francés sería el cambio industrial que se produce al final del periodo que, hacia mediados del VIII milenio cal BC, desemboca en una industria caracterizada por varios soportes macrolíticos, como cantos, grandes lascas o denticulados, y que ha venido a conocerse como Mesolítico de Muecas y Denticulados (o MMD) (Aura et al., 2006; Vaquero et al., 2006). Este proceso conoce diferencias cronológicas entre la costa Mediterránea y algunas zonas interiores, como la Alta Cuenca del Ebro (Soto et al., 2016), y se ha anotado como, en ocasiones, puede coincidir con la aparición de los primeros elementos castelnovienses con reminiscencias de grandes lascas y denticulados procedentes del MMD, pudiendo observarse esto en algunos yacimientos, como en Tossal de la Roca (Cacho et al., 1995). Este punto, sin embargo (el de un posible contacto entre las industrias MMD y las primeras Castelnovienses) no ha sido aún estudiado en profundidad. Por último, las industrias de muecas y denticulados se han puesto en común con las industrias del *Epipaleolítico Indifferenziato* italiano sin que, hasta ahora, se hayan publicado paralelos bien definidos en otras regiones de Europa. Sobre esta base se extenderán los tecnocomplejos castelnovienses en un proceso cuyos interrogantes y evolución son muy similares a los propuestos en otros contextos europeos.

1.2.1.2 El Mesolítico Geométrico en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica

En ocasiones se ha referido al carácter *tardenoide* de las industrias del Mesolítico Reciente en la Península Ibérica (Aura et al., 2006). Nosotros nos mostraríamos algo reticentes a utilizar este término en tanto que, como hemos comentado anteriormente, el propio término ha sido aplicado a conjuntos muy variables y ha sufrido modificaciones desde su definición por Barrière en 1955 (con menciones anteriores desde Octobon,



Fig. 1.1 Yacimientos del Mesolítico Geométrico en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica: 1. Fuente Hoz, 2. Mendandia, 3. Atxoste, 4. Kanpanoste Goikoa, 5. La Peña, 6. Aizpea, 7. Artusia, 8. Valcervera, 9. Abrigo de Peña-14, 10. Esplugón, 11. Rambla Legunova, 12. Espantalobos, 13. Forcas II, 14. Cabezo de la Cruz, 15. Abrigo de los Baños de Ariño, 16. Pontet, 17. Botiquería dels Moros, 18. Abrigo del Angel 2, 19. Cova del Vidre, 20. Cingle del Mas Cremat, 21. Cingle del Mas Nou, 22. Cova Fosca, 23. Cueva de la Cocina, 24. El Collao, 25. Benàmer, 26. Tossal de la Roca, 27. Casa Corona, 28. Arenal de la Virgen, 29. Cueva del Lagrimal, 30. Abric de la Falguera.

1924). Por otro lado, el carácter de las industrias que aparecen tras el complejo MMD, en las cuales se da una predominancia de trapecios común al Castelnoviense europeo, ha hecho que algunos autores incluyan a la Península Ibérica dentro de este tecnocomplejo (Marchand & Perrin, 2017). En cualquier caso, y sin negar el carácter castelnoviense de las industrias ibéricas reconocidas a partir del VIII milenio cal BC, sobre todo en su fase inicial, gran parte de la historiografía peninsular ha optado por escoger, para este periodo, la denominación de Mesolítico Geométrico (Utrilla & Montes, 2009).

El cuadrante nororiental de la Península Ibérica resulta especialmente significativo para entender el desarrollo de los últimos caza-recolectores y el proceso de transición hacia la agricultura por diversos motivos. En primer lugar, la gran tradición investigadora en la costa mediterránea³ ha permitido que se conozca una cantidad aceptable de yacimientos de estas cronologías, si bien es cierto que en otras zonas peninsulares, como el País Vasco o la Meseta Norte, el registro es igualmente amplio. La longevidad del registro disponible en nuestra área de estudio es, sin embargo, fuente de algunos problemas, como el hecho de que algunas excavaciones sean antiguas, con la consiguiente diferencia en el

³ A esta labor arqueológica se ha sumado la investigación en el valle del Ebro desde el último cuarto del siglo pasado, asimismo aumentando significativamente el registro disponible.

tratamiento de datos, o la práctica inexistencia de yacimientos excavados al aire libre, lo que podría provocar un sesgo en nuestra percepción del pasado. En segundo lugar, esta zona conoce no solo los mayores conjuntos del Mesolítico Geométrico de la Península Ibérica, sino también las dataciones radiocarbónicas más antiguas de la llegada de la agricultura (junto con las áreas catalana y pirenaica). Por último, la región en la que nos centraremos, que incluiría el País Valenciano, Cataluña y el Bajo Ebro, presenta una gran variedad de situaciones cuya explicación no resulta sencilla, pero que pueden aportar una gran cantidad de información sobre la interacción —o *no* interacción— de los últimos grupos de cazadores-recolectores y los primeros grupos de agricultores en la Península Ibérica (Fig. 1.1).

Ya hemos visto, en la historia de la investigación, cómo se produce la diferenciación en Fase A y Fase B de los periodos que engloba el Mesolítico Geométrico, y las dudas generadas por el reconocimiento de una hipotética Fase C, o fase de contacto. Cada una de las tres zonas en estudio presenta diferencias con respecto a la periodización expuesta. Creadas con la adaptación de Juan Cabanilles (1985) a partir de la sistematización de Fortea (1973), estas fases se adaptan bien a gran parte del País Valenciano. En general, suele aceptarse que la Fase A del Mesolítico Geométrico conoce sus inicios en la Península Ibérica desde la primera mitad del VII milenio cal BC. Se caracteriza, como podemos observar en los primeros niveles de Falguera (Aura & García-Puchol, 2006) o Cocina, por una industria dominada por los trapecios, que a veces muestran un carácter hiperpigmeo y cuya combinación con triángulos pigmeos —en poca cantidad— y puntas microlíticas de doble dorso podría tener reminiscencias sauveterroides (Juan Cabanilles & Martí, 2002). Encontramos ejemplos de esta industria por toda la región, tanto en yacimientos en cueva, como al aire libre, pudiendo citar algunos como Benàmer, Tossal de la Roca o la propia Falguera. En el Castelnoviense europeo es común una regionalización, que en ocasiones ha venido a llamarse Mesolítico Final. En el ámbito geográfico que nos ocupa, este Mesolítico Final sería equiparable a la Fase B del Mesolítico Geométrico, y se caracteriza, principalmente, por el aumento de la presencia de triángulos con respecto a los trapecios en el “*kit*” geométrico. Además, las formas trapezoidales pueden incluir concavidades muy pronunciadas en sus lados y una reducción de sus vértices, cuya acentuación produciría la eliminación misma de la base menor y la configuración del tipo característico de la fase: el triángulo ‘tipo Cocina’, definido por Fortea tras la recuperación de esta pieza en la cueva epónima. Dicho triángulo, de dos lados cóncavos y vértice variable, aunque normalmente agudo o redondeado, no solo está presente en la costa mediterránea ibérica, sino que también se reconoce en el Sur portugués, en una versión más alargada, y bajo la denominación de triángulo de Muge (GEEM, 1969), así como en las industrias del Norte de África (Tixier, 1963). Ahora bien, uno de los factores más interesantes al hablar del Mesolítico Geométrico en el País Valenciano es que, aunque en general las fases A y B se suceden ordenadamente, al analizarlo regionalmente, vemos como este patrón secuencial es

desigual. De hecho, desde la zona del Xúquer hacia el Sur puede ser complicado encontrar evidencias de la Fase B, que desaparece directamente en algunos yacimientos, como Falguera o Benàmer⁴, y solo encontramos triángulos tipo Cocina esporádicos y en poca cantidad en algunos yacimientos como, por ejemplo, Casa de Lara (Fernández López de Pablo, 1999), L'Albufera de Anna (Aparicio, 1979) o Cueva Zorra cuyas conexiones con Cueva de la Cocina, a través del Macizo del Caroig y la zona de Millares son plausibles. Esta falta de registro de la Fase B no solo refiere al carácter de la industria. Las dataciones radiocarbónicas muestran al Sur del País Valenciano los mismos lapsos cronológicos que ya hemos visto y comentado para el resto de Europa, y coinciden con el desarrollo de dicha Fase B en las zonas montañosas del Centro Norte, como se ve en Cocina o Llatas. La continuidad de la Fase B por el interior de la Península, o por Andalucía, hasta Portugal, es un tema interesante que, sin embargo, trasciende nuestro marco de estudio actual. Podría destacarse que, al contrario que en el resto de Europa, el retoque predominante es el abrupto directo, siendo prácticamente inexistentes los retoques simples y planos, complementarios, o no, así como la combinación de retoques directos e inversos.

Hemos visto como los vacíos cronológicos en determinadas áreas no siempre se traducirían en la desaparición total de los grupos humanos si ampliamos el marco regional de estudio y que, al hacerlo, puede darse el caso de que esos vacíos en unas zonas coincidan con aumentos en otras, como es el caso, por ejemplo, en los Alpes italianos o algunas zonas del Sur francés (Perrin, 2005). Así, si en el País Valenciano, la supuesta ausencia de dataciones y tecnocomplejos de la Fase A en la zona Sur coincide con el florecimiento de la Fase B en los ámbitos montañosos del centro-norte; este proceso —la desaparición de la Fase A— es algo menos acusado en el Bajo Aragón. En dicho ámbito de estudio están bien documentados yacimientos de los inicios del Mesolítico Geométrico, como Los Baños, Ángel 1, Botiquería 2, Costalena d o Pontet, si bien las cronologías más recientes también muestran el desarrollo de la fase final. Esto se observa en el nivel 4 de Botiquería y en Costalena c3, pero también en yacimientos excavados recientemente, como Cabezo de la Cruz o Secans. En general, las fases del Mesolítico Final se encuentran aquí bien documentadas (Utrilla et al., 2009) y la supuesta “amplia” densidad de población ha servido para crear modelos explicativos para la adopción de la agricultura basados en la interacción y el carácter proactivo de los últimos grupos de cazarecolectores (Alday et al., 2018; Utrilla, 2002), modelos no siempre exentos de controversia. Las industrias del Bajo Ebro son, en líneas generales, similares a las descritas para el País Valenciano, en las que no parecen penetrar con fuerza las influencias del Norte de los Pirineos como se ve, por ejemplo, en la gran predominancia del retoque

⁴ Aunque es cierto que en Benàmer existe un triángulo que guarda similitudes con el tipo Cocina, no creemos que pueda considerarse como tal en sentido estricto. El resto de industria, además, no permite pensar en una fase B consolidada, a lo cual se suma el hecho de que la datación mesolítica más reciente de Benàmer se queda en 7490 ± 50 sobre polen (7480 ± 40 sobre agregado de carbón), aún dentro del horizonte cronológico de la Fase A.

abrupto y directo. Según algunos autores, estas influencias sí afectarían a las industrias del Alto Ebro (Soto et al., 2016).

El problema cambia significativamente al enfocar la zona catalana, esencialmente porque, hoy en día, no se conocen yacimientos con Mesolítico Geométrico bien estratificado y definido para este marco geográfico (Vaquero & García-Argüelles, 2009). En realidad, el MG se da, de modo casi testimonial, en algunos yacimientos periféricos de la región, atendiendo a las delimitaciones administrativas actuales, como Cova del Vidre (Bodganovic et al., 2017), o el caso de les Coves del Fem donde, sin embargo, a pesar de haber obtenido dataciones en cronologías del Mesolítico Final, la industria lítica es muy escasa y está prácticamente exenta de elementos diagnósticos (Palomo et al., 2018). El problema persiste a pesar de que el trabajo arqueológico ha sido tradicionalmente abundante en esta región, sin decaer recientemente. De hecho, en los últimos años se está trabajando, o se ha trabajado en yacimientos como Guixeres de Vilobí, La Serreta, Mas d'en Boixos (Oms et al., 2014), Cova del Toll o Font Major (Cebrià et al., 2014). El vacío arqueológico, en el presente estado de la investigación, parece real, y no sabemos si podríamos ligarlo a problemas en la concreción cronológica tanto para Europa como para la propia costa mediterránea ibérica, ya que, en este caso, la solución de continuidad es mucho más amplia y abarca casi mil años; esto es, prácticamente todo el periodo del MG. Se han propuesto diversas hipótesis para explicar este vacío, como el posible sesgo producido por la investigación, cambios en los regímenes demográficos o de ocupación del territorio o la existencia de episodios erosivos (Vaquero & García-Argüelles, 2009). Sin embargo, con los datos actuales no parecen concluyentes.

1.2.2 Los inicios del Neolítico

En la primera mitad del sexto milenio cal BC comienzan a registrarse las primeras dataciones de conjuntos neolíticos en la Península Ibérica. Dichas dataciones provienen, principalmente, del área valenciana, con yacimientos como Mas d'Is, Cova de les Cendres o Cova de l'Or (Martí & Bernabeu, 2012) a las que se han ido sumado otras dataciones del ámbito catalán y pre-pirenaico, como Guixeres (Oms et al., 2014), Chaves (Baldellou, 2011) o Balma Margineda (Oms et al., 2016). El proceso de neolitización va a conocer una situación de partida variable, y es precisamente esta disparidad de situaciones lo que hace especialmente interesante esta zona de estudio. Si en el ámbito catalán y en muchas zonas del País Valenciano encontraremos un Neolítico prácticamente *ex novo*, la situación en el Bajo Aragón puede ser distinta, debido al desarrollo al menos inicial de la Fase B del Mesolítico Geométrico. La existencia de un hiato cronológico ha sido objeto de gran debate (Barandiarán & Cava, 2000; Martí & Juan Cabanilles, 2000; 2002). En cualquier caso, los yacimientos donde se documentan contextos neolíticos sin ocupaciones previas son más escasos, estando representados en Alonso Norte (Andrés &

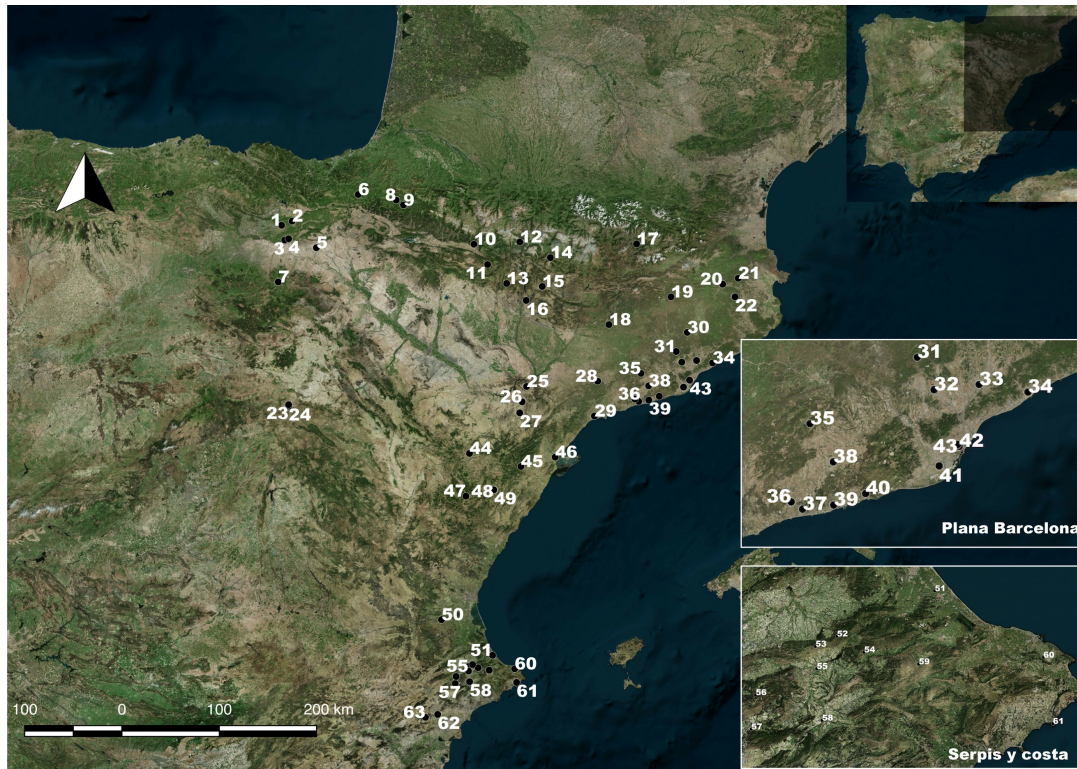


Fig. 1.2. Yacimientos del Neolítico Antiguo en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica: 1. Mendandia, 2. Atxoste, 3. Los Husos I, 4. Peña Larga, 5. Los Cascajos, 6. Abauntz, 7. Cueva Lóbrega, 8. Aizpea, 9. Zatoya, 10. Esplugón, 11. Chaves, 12. Cueva Coro Trásito, 13. Huerto Raso, 14. Cova del Trocs, 15. Forcas II, 16. Moro de Olvena, 17. Balma Margineda, 18. Parco, 19. Font del Ros, 20. Serrat del Pont, 21. Plansallosa, 22. La Draga, 23. La Revilla del Campo, 24. La Lámpara, 25. Valmayor XI, 26. Pontet, 27. Botiquería del Moros, 28. Cueva Font Major, 29. El Cavet, 30. Cova del Toll, 31. Cova del Frare, 32. Can Roqueta, 33. Can Bellsola, 34. Can Xammar, 35. Les Guixeres, 36. Cova Bonica, 37. Cova Foradada, 38. La Serreta, 39. Can Sadurní, 40. Cova de Sant Llorenç, 41. Can Fiulà, 42. Sant Pau del Camp, 43. Plaça de la Vila de Madrid, 44. Abrigo del Àngel 2, 45. Cova de les Bruixes, 46. Cova del Vidre, 47. Cueva del Gato, 48. Cingle del Mas Nou, 49. Cova Fosca, 50. Cueva de la Cocina, 51. El Barranquet, 52. Cova de l'Or, 53. Cova Negra de Gaianes, 54. Cova d'en Pardo, 55. Benàmer, 56. Cova de la Sarsa, 57. Abric de la Falguera, 58. Mas d'Is, 59. Cova Fosca de la Vall d'Ebo, 60. Cova Ampla del Montgó, 61. Cova de les Cendres, 62. Novelda C.U., 63. Cova dels Calderons

Benavente, 1989) o Chaves (Baldellou, 2011)⁵ y tal vez en Valmayor XI (Rojo et al., 2015) (Fig. 1.2).

Con la llegada de la neolitización observamos algunos cambios en los patrones de aprovisionamiento lítico, así como en el desarrollo tecnológico. Por un lado, vemos como se diversifican las fuentes de materia prima, ampliando la esfera de adquisición de materiales fuera del ámbito regional, como es el caso del cristal de roca o el recurso al sílex jaspoide (Juan Cabanilles & Martí, 2017). Por otro lado, y en cuanto a la faceta tecnológica, también vemos una evolución. La producción del MG ya estaba orientada hacia una estandarización para la producción de soportes laminares con la finalidad de fabricar geométricos, principalmente mediante la técnica de microburil, la cual, con la llegada del Neolítico Antiguo, se reduce hasta su práctica desaparición (Gibaja & Palomo,

⁵ Tradicionalmente, Cueva de Chaves se ha puesto en relación con los conjuntos tanto del Alto como del Bajo Ebro. Sin embargo, debe recordarse que el ámbito geográfico de esta cueva es pirenaico y que, al igual que otros yacimientos de esta zona, como Forcas II, es posible que los procesos e influencia que recibe y emite difieran de los que conocen su centro en el Valle de Matarranya, fuertemente condicionado por sus pasos y sus conexiones con el Mediterráneo.

2004). Por otro lado, los módulos de los núcleos varían, sugiriendo una menor estandarización, aunque no se pierde el carácter integrado de la industria laminar. En este sentido, es significativo el cambio en el modo de reducción de núcleo, que pasa de una explotación frontal en el MG a un lascado envolvente o semienvolvente, que suele resultar en volumetrías cónicas o semicónicas (García-Puchol & Juan Cabanilles, 2012). Además, se documentan algunos objetos líticos desconocidos en la facies MG peninsular, como los taladros, que se convertirán en uno de los marcadores culturales del Neolítico inicial. Si nos centramos en los microlitos geométricos, el cambio es igualmente significativo. Por un lado, y en cuanto a morfometría, vuelve a reducirse la presencia de triángulos, desapareciendo además la variante con dos lados cóncavos, o tipo Cocina. Las formas, además, ofrecen una mayor rectitud de sus lados y parece percibirse un incremento de volumen, cuya relación con la disponibilidad de materia prima debe aún cuestionarse. Otro de los cambios más significativos es el que afecta a los modos de retoque. Ya hemos visto como, durante el MG, el retoque abrupto directo es predominante. Sin embargo, con la llegada del Neolítico comenzamos a apreciar una mayor variedad. Los geométricos con retoque directo a un lado e inverso al otro no son infrecuentes, a los que también se suma la variable que combina retoques abruptos directos o inversos con retoques simples complementarios, generalmente directos, que pueden compartir lado con un retoque abrupto, o presentarse en el lado opuesto. Asimismo, estos retoques simples pueden ser invasores en algunas tipologías específicas, recordando en algunos casos a los triángulos de Montclus. Esta renovada variedad del retoque (que irá ampliándose según se avance cronológicamente) recuerda a los conjuntos de otras zonas francesas, como Chateauf-neuf-les-Martigues o el propio Montclus, donde el carácter abrupto y directo del retoque no había sido tan estricto, tampoco en tiempos del Mesolítico Final, y se ha argumentado para defender la precocidad de algunas industrias peninsulares por vía de la transferencia transpirenaica (Alday, 2009; Utrilla, 2002). Dentro de este debate, ocupa un lugar específico el retoque en doble bisel. Este tipo de acabado consiste en un retoque bifacial y oblicuo, y en sus primeros estadios, suele verse aplicado sobre segmentos de círculo, aunque pueda ampliarse a triángulos e incluso a trapecios. Su carácter mesolítico o neolítico ha sido objeto de polémica (Juan Cabanilles, 1985; Juan Cabanilles & Martí, 2002; Utrilla, 2002; García-Puchol, 2005; Alday, 2009; González Morales, 2012; Juan Cabanilles & Martí, 2017; Alday, 2018), acrecentada desde nuestro punto de vista por dos hechos fundamentales. En primer lugar, por una definición poco clara de qué *es* y qué *no es* el doble bisel; es decir, si exige un patrón específico de retoque continuo, bifacial y oblicuo, o si pueden incluirse dentro de la definición ciertas variedades bifaciales y en ocasiones discontinuas. Además, la morfometría de los geométricos con doble bisel no suele ser tomada en cuenta, cuando parecería claro que la aplicación de este tipo de retoque suele ir ligada a patrones morfométricos específicos que van más allá de la tricotomía segmento-triángulo-trapecio, y que suelen relacionarse con los tipos de ratio y módulo. En segundo lugar, los contextos en los que aparece el doble bisel—excepto en los casos

en los que se trata de cronologías neolíticas más avanzadas, que no suscitarían polémica— suelen asociarse a fases de contacto. Ya hemos visto como algunos de estos niveles pueden presentar problemas estratigráficos, como es el caso de Cocina (Juan Cabanilles & Martí, 2007-2008; Pardo-Gordó et al., 2018) y, por tanto, requieren un estudio estratigráfico y tafonómico pormenorizado. El doble bisel es, además, controvertido en tanto que pueda considerarse, o no, un elemento propio del Neolítico. Este tema se abordará en más profundidad en el siguiente capítulo, dentro de los trabajos no incluidos en los artículos.

Centrándonos en la secuencia del Neolítico de la fachada mediterránea peninsular, se ha propuesto recientemente una primera fase relacionada con la cerámica *impressa* documentada en el sur de Francia e Italia (Bernabeu & Martí, 2014). Los conjuntos de *impressa* aún son, sin embargo, escasos en esta zona, pudiendo reducirse prácticamente a las cabañas uno y dos, y a la unidad F5 de Mas d'Is o la UE79 de Barranquet. A este respecto se ha propuesto la llegada de grupos neolíticos pioneros, que podrían coincidir con los registros de *impressa*, y cuya huella en el registro arqueológico, debido a su escaso número, sería muy débil (Jover & García-Atiénzar, 2014). En la Península Ibérica, sin embargo, no parece producirse el vacío cronológico que sí ocurre en el resto de Europa —con excepción de la Provenza— en la transición del horizonte de la cerámica *impressa* al cardial en torno a 5600-5400 cal BC (Manen et al., 2019). Cabe recordar que la definición de una hipotética fase de *impressa* no debería ir ligada únicamente a la producción cerámica, sino también a la industria lítica asociada, entre otros aspectos. En este sentido, la industria que acompaña a este tipo de cerámica en los yacimientos peninsulares es muy escasa, de forma que la comparación con otros yacimientos de *impressa* mediterráneos, como Coppa Nevigata, Peiro Signado o Ponte de Roque-Haute, no permite ir más allá de señalar algunos elementos comunes como la presencia de algunos materiales característicos de esta fase (como el cristal de roca⁶).

El panorama cambia sustancialmente al acercarnos a la fase cardial, con una proliferación de yacimientos notable, sobre todo a partir de la segunda mitad del VI milenio cal BC. Por ello, para hablar de esta fase, volveremos a dividir el marco de estudio en las tres zonas básicas consideradas; País Valenciano, Cataluña y el Bajo Aragón. Una de las regiones donde el cambio resulta más acusado es precisamente la del litoral catalán. Habíamos visto cómo no se han descrito evidencias del Mesolítico Geométrico en esta zona. Sin embargo, aparte de las antiguas fechas de Cova de Sant Llorenç⁷ (Borrell et al., 2014), se han publicado dataciones centradas en el segundo cuarto del VI milenio cal BC en yacimientos como Les Guixeres (Oms et al., 2014) o Cavet (Fontanals et al., 2008), si

⁶ Hasta la fecha no se ha encontrado obsidiana asociada a esta fase en la Península Ibérica, como es común en los yacimientos mencionados.

⁷ Las fechas más antiguas pertenecen, sin embargo, a la UE A4, donde tres dataciones distintas ofrecen diferencias entre sí de casi 2.000 años.

bien la mayor proliferación de fechas se sitúa a partir de la segunda mitad del VI milenio hasta el punto de configurar, a finales de dicho milenio, una densidad de yacimientos neolíticos bien consolidada, de la que forman parte algunos conjuntos destacados, como Guixeres, La Draga, Caserna de Sant Pau, Cova del Frare, Cova del Toll, Cova Bonica o Can Sadurní, entre otros. El estudio de esta zona es interesante porque permite observar la implantación de la agricultura en un ámbito geográfico en el que la influencia de los grupos previos de cazadores es prácticamente inexistente.

Por su parte, el Bajo Aragón sí conoce evidencias de poblamiento anterior a la neolitización, además de varios yacimientos para los que se han propuesto posibles fases de contacto, como los niveles 6 y 8 de Botiquería, el nivel c1 y c2 de Costalena, o el nivel c superior de Pontet (Barandiarán & Cava, 2000). En cuanto a yacimientos de implantación neolítica sin ocupaciones previas, cabría destacar Alonso Norte o, si nos acercamos al ámbito pirenaico, Chaves o Moro de Olvena. Al contrario que en Cataluña, una de las particularidades que hacen interesante el estudio de esta región es precisamente el hecho de que se planteado la posibilidad de procesos de interacción. Este aspecto proporciona la oportunidad de intentar mesurar cómo esta cuestión puede abordarse desde el punto de vista de la evolución cultural.

Por último, la situación en el País Valenciano introduce ejemplos en los que podemos abordar el proceso de neolitización tanto desde el punto de vista de la implantación de grupos “*neolíticos puros*”, como desde el punto de vista de una posible interacción con los grupos de caza-recolectores. No en vano, fue a partir de esta región desde donde se concibió el Modelo Dual, de acuerdo con los registros observados en algunos yacimientos de nueva creación, como Cova de l’Or, pero también de otros en los que parecía observarse un contacto entre los últimos grupos mesolíticos y los primeros neolíticos, como Cueva de la Cocina o Covacha de Llatas. Estos dos yacimientos presentan problemas estratigráficos de distinta índole en las fases de contacto que sería preciso considerar. El caso de Cocina es tratado en los artículos anexos. Con el aumento de la investigación arqueológica, ha aumentado el registro, tanto de yacimientos neolíticos “*ex novo*”, como Mas d’Is, como de yacimientos cuya secuencia presenta niveles mesolíticos y neolíticos, como el caso de Falguera y Benàmer. Sin embargo, en estos dos yacimientos, por ejemplo, se observa una ruptura cronológica entre las últimas fases mesolíticas y las primeras neolíticas. Si nos alejamos hacia las estribaciones mediterráneas del Sistema Ibérico, yacimientos, como Cova Fosca (Olària & Gusi, 1983; Olària, 1988) o Cingle del Mas Nou (Olària et al., 1987) ofrecen secuencias que abarcan el desarrollo final del Mesolítico y el primer Neolítico, pero cuya estratigrafía e industria lítica deben ser analizadas críticamente.

Así, los vacíos poblacionales de finales del Mesolítico Geométrico parecen ser los primeros lugares que son ocupados por los grupos de agricultores. Hasta ahora, la investigación ha asumido que dichas zonas eran las primeras elegidas precisamente por la ausencia de poblamiento previo (Juan Cabanilles & Martí, 2017), pero sigue sin

responderse de forma satisfactoria a las causas de este vacío poblacional. Tal vez sería interesante preguntarse si no existiera una relación más profunda entre los últimos grupos de caza-recolectores y los primeros grupos de agricultores, y replantearse las cuestiones causa-efecto relativas a las dinámicas demográficas de los inicios de la neolitización.

CAPÍTULO 2.

MICROLITOS

GEOMÉTRICOS:

PROPUESTAS

METODOLÓGICAS

Para desarrollar propuestas metodológicas como las que centran el presente trabajo son necesarios una reflexión y análisis sobre el material arqueológico que raramente se ven reflejados de forma extensa en el resultado final, obligatoriamente acotado por la necesidad de síntesis y las normas de publicación que rigen las distintas editoriales. Es por ello por lo que, aparte del contexto arqueológico, se ha querido añadir un segundo capítulo adicional a la presente tesis con el fin de explicar con más detalle alguno de los aspectos desarrollados en la investigación realizada. Los artículos adjuntos dividen su temática en dos aspectos centrales: el análisis tafonómico, mediante la aplicación de técnicas estadísticas y tridimensionales, y la aplicación de métodos cuantitativos para el estudio y comprensión de los procesos culturales, para lo cual se han utilizado los microlitos geométricos como elementos centrales de estudio. En este capítulo se va a

explorar el significado cultural y arqueológico de estos objetos. Además, también se ha querido utilizar este apartado como espacio en el que mostrar alguno de aquellos trabajos en los que se han aplicado distintos enfoques al análisis de la industria lítica tallada para llevar a cabo una aproximación sociocultural. Los resultados han sido presentados en distintos foros internacionales, y se encuentran a la espera de su publicación en revistas indexadas.

La primera parte de este capítulo consiste en una introducción al análisis de los microlitos geométricos y de sus posibilidades como objeto de estudio, incluyendo una breve discusión sobre el carácter funcional y/o estilístico de los mismos, así como una referencia al siempre difícil debate sobre la definición del estilo en el contexto arqueológico, su significado y sus posibilidades de uso con el fin de evaluar los procesos de transmisión cultural en el marco del estudio de las tradiciones culturales de la Prehistoria. En la segunda parte se presentan alguno de los trabajos mencionados que, en líneas generales, siguen las mismas temáticas que los artículos indexados adjuntos, si bien añaden alguna propuesta metodológica no contemplada en ellos.

2.1 SIGNIFICADO ARQUEOLÓGICO DE LOS MICROLITOS GEOMÉTRICOS

2.1.1 Los microlitos geométricos

Jaques Tixier define a los microlitos geométricos como “*pièces de petites our très petites dimensions, prises sur lame ou sur lamelle, ayant, par combinaison de deux des divers types de tronçatures à retouches abruptes, la silhouette de certaines figures géométriques: segment de cercle, trapèze, triangle, l’un des côtés au moins étant une portion de tranchant naturel*” y añade, además, como característica necesaria, la ausencia de talón (Tixier, 1963: 127). Durante los años 60 y 70 del siglo XX, el esfuerzo se centró en la definición del grupo, apoyado en la aparición de nuevos tipos en distintos ámbitos geográficos, que no siempre coincidían con la definición original de Tixier —pensada para las industrias norteafricanas, donde el retoque abrupto y la técnica del microbutil son abrumadoramente mayoritarias—. Así, en 1968, Michel Brézillon recoge definiciones anteriores para hacer notar la variedad del grupo, que no se limita a las clásicas formas de segmento, trapecio y triángulo y que, además, puede incluir gran diversidad de tipos de retoque e incluso presentar la diferencia fundamental, en cuanto al esquema operativo se refiere, de estar realizado sobre lasca, y no necesariamente sobre lámina. Dentro de estas discusiones, uno de los trabajos llamados a tener más trascendencia sobre el modo en que la Arqueología entiende los aspectos técnicos de los microlitos geométricos es el elaborado por Claude Barrière y el *Grupe d’Étude de l’Épipaleolithique-Mésolithique* (GEEM, 1969), en el cual se establecen no solo tipos básicos, recogidos en lo esencial a partir del registro francés, sino también toda una serie de normas en cuanto a la orientación del geométrico o su clasificación. La inclusión de nuevos yacimientos y contextos geográficos contribuiría a su definición más completa,

generalmente enmarcada en series tipológicas más amplias, así como a señalar sus particularidades regionales (Rozoy, 1971; Fortea, 1973; Hinout, 1973; Courtin, 1974; Escalon de Fonton, 1977; Rozoy, 1978). En este sentido, cabe destacar el trabajo de Didier Binder (1987), en tanto que, atendiendo a conceptos laplacianos (Laplace, 1966), introduce el retoque como un elemento fundamental en la identificación de las particularidades cronológicas y geográficas, lo que lleva a prestar una especial atención hacia las cadenas operativas y de producción, que tendrán un gran protagonismo en la literatura arqueológica gala.

El geometrismo ha ocupado siempre un lugar de especial atención en todo estudio que englobe, tanto el Mesolítico como el Neolítico Antiguo, principalmente en Francia (Vaquer, 1990; Marchand, 1999; Perrin, 2001), España (Juan Cabanilles, 1984; García-Puchol, 2005; Domingo, 2005) e Italia (Longo & Isotta, 2007; Ferrari & Fontana, 2016), aunque también en otros ámbitos (Finlayson & Mithen, 1997; Perlès, 2004). Sin embargo, estas contribuciones se centran ya en precisar cuáles son los elementos más importantes de la regionalización y la distribución cronológica de los rasgos geométricos, más que en la definición tipológica y estilística básica del fenómeno que, como hemos visto, queda prácticamente configurada en el último tercio del siglo XX.

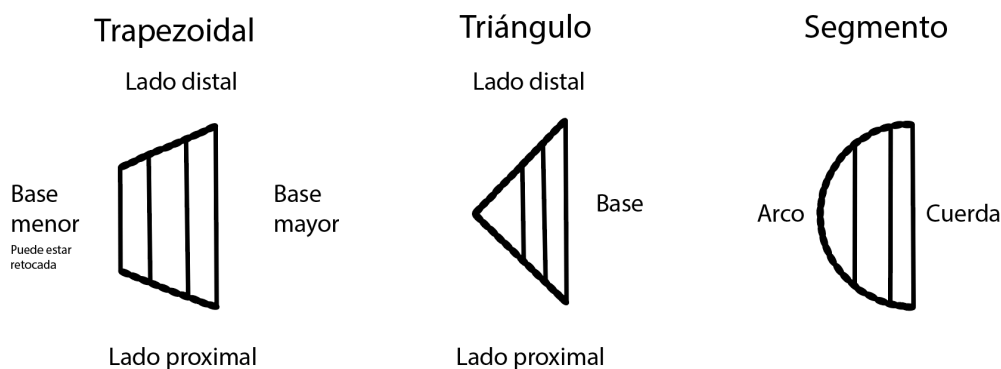


Fig. 2.1 Tipos básicos de microlitos geométricos

En esencia, los microlitos geométricos son piezas líticas realizadas mayoritariamente sobre lámina, a partir de una truncadura doble, que puede haber sido llevada a cabo utilizando la técnica de microburil, o la flexión, y que presentan retoque en dos o tres de sus lados, dejando casi siempre uno de los lados, el filo, sin retoque intencional⁸. La técnica llevada a cabo para el desarrollo de las truncaduras convierte en característica común la ausencia de talón. El tipo de retoque no afecta al hecho de que el útil pueda ser considerado microlito geométrico y puede ser, de hecho, muy variable; desde retoques abruptos directos, típicos, por ejemplo, en cronologías más antiguas ibéricas, hasta una variedad de retoque que puede incluir no solo inversos o bifaciales, sino también cambios en la inclinación. Esto lleva en ocasiones a reducciones oblicuas y/o planas en unas configuraciones que pueden combinarse y complementarse, dando lugar a una tipología

⁸ Si bien es cierto que algunos tipos específicos pueden presentar retoque en todos los lados del geométrico, como ejemplifican algunos triángulos sauveterroides italianos (Valdeyron, 2008).

muy variada, dentro de la cual pueden rastrearse tanto patrones cronológicos como geográficos. En cuanto a la forma, los microlitos suelen dividirse en tres grandes grupos: segmentos, triángulos y morfologías trapezoidales, dentro de los cuales también pueden aparecer rectángulos y formas romboidales (Fig. 2.1).

Deben, sin embargo, matizarse algunos aspectos de la definición anterior, en cualquier caso, breve atendiendo a la gran variabilidad y casuística que afecta a este grupo tipológico, y el significado que dicha variabilidad puede tener para la comprensión del fenómeno que representa. En primer lugar, es fundamental una correcta definición sobre qué va a considerarse como microlito geométrico o no en función de dos de sus aspectos más básicos: sus medidas y la forma en que estas se configuran; esto es, la forma y el tipo en que el retoque da lugar al microlito finalizado. En cuanto a su métrica, el carácter por definición microlítico de la pieza implica que esta no puede sobrepasar los 5 cm de longitud (GEEM, 1969). Binder (1987) afirma que dicho carácter microlítico viene dado por una longitud no superior a 2.5 cm, si bien Juan Cabanilles (2008) observa correctamente que, en la práctica, estas medidas pueden ser rebasadas. En este sentido, tal vez también podría ser interesante plantearse si, —dado que el tamaño general de las industrias podría venir en gran medida determinado por la disponibilidad de materia prima y sus características—, deberíamos considerar las mismas medidas para los geométricos en ámbitos donde la materia prima, u otros factores, constriñen a la industria a distintos tamaños en general. Esto es, si debiésemos considerar las medidas generales propuestas para aceptar una pieza como ‘microlito’ o si, por el contrario, una pieza debería ser considerada microlítica en relación con el volumen general de las industrias que la acompañan (ver Kuhn & Elston, 2002). Esta disparidad de criterios, ya desde el momento de la definición misma de la pieza, es frecuentemente motivo de controversia, en tanto que la acotación del objeto de estudio condiciona, obviamente, los resultados del propio estudio (O’Brien et al., 2016).

Otro de los aspectos a tener en cuenta es la forma de la pieza. Para referirnos a ella debemos distinguir entre tres tipos básicos⁹: los segmentos, las formas trapezoidales y los triángulos. Los segmentos o medias lunas configuran, como su nombre indica, un segmento de círculo en el cual el arco, o parte curva de la pieza, se retoca completamente, dejando la cuerda, o filo, sin retoque intencional. Los triángulos, por su parte, presentan dos truncaduras retocadas, con un vértice variable cuya configuración viene, en gran medida, determinada por la silueta de los lados y en los cuales la base, o lado opuesto al vértice, también permanece sin retoque intencional en casi todos los casos. Por último, los trapecios presentan asimismo dos truncaduras opuestas y una base mayor sin retocar. En este caso, aunque no es habitual, pueden presentar retoque también en la base menor. A propósito de los trapecios convendría aclarar que no todo elemento sobre lámina y

⁹ Entendemos que la idoneidad del uso de estos tres tipos básicos es convencional y responde a la necesidad de comunicación entre arqueólogos, pero no refleja necesariamente la totalidad de la complejidad del fenómeno, para cuya correcta comprensión debería atenderse a muchos más factores.

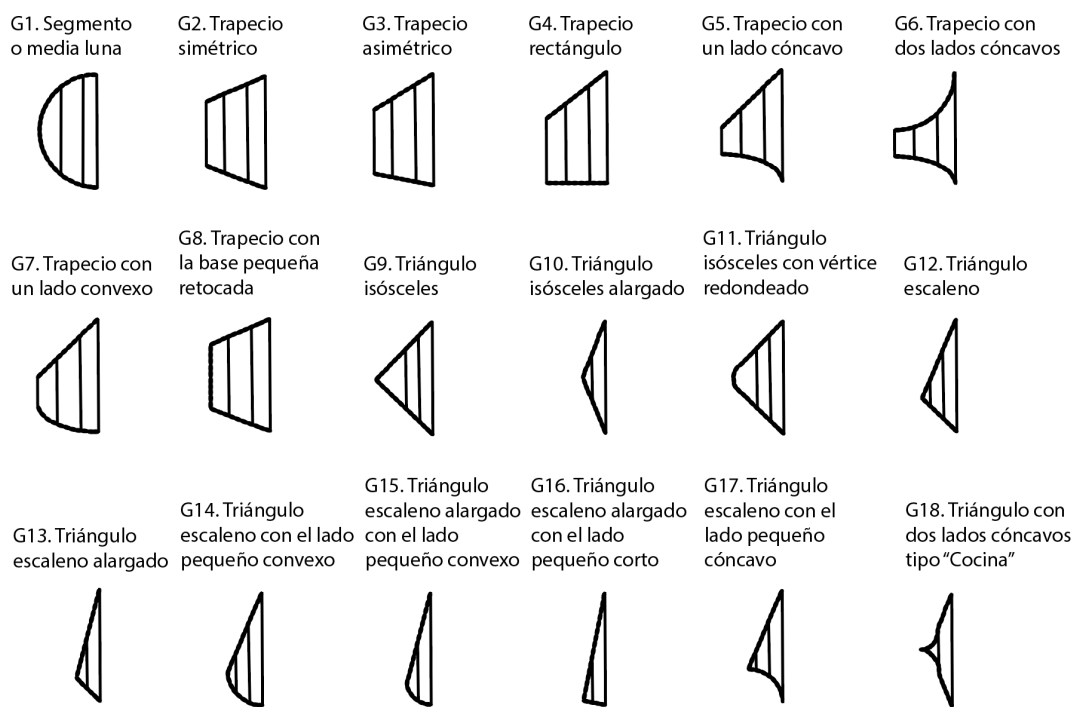


Fig. 2.2 Tipologías básicas, de raíz fundamentalmente morfométrica, para el Mediterráneo peninsular, de acuerdo con Javier Fortea (1973). Tipologías posteriores, como las de Juan Cabanilles (1984; 2008) y García-puchol (2005) añaden la valoración de otros elementos, como el tipo de retoque

doble truncadura debe ser considerado trapecio. En este, sentido, se ha aconsejado que aquellas piezas cuya base menor supere el 1.5 del ancho de la pieza, no sean incluidas en el grupo de trapecios y sean consideradas como doble truncadura (Fig. 2.2). Generalmente, suelen separarse también, entre los tipos básicos, los rectángulos y los rombos —que en ocasiones podrían asemejarse a los trapecios de bases desplazadas de Juan Cabanilles (2008)—. No obstante, esta distinción puede ser difícil, excepto en los casos más claros, y no estamos seguros de que su significado arqueológico trascienda el valor que indudablemente otorga como convención para la comunicación entre investigadores. En principio, la distinción de los retoques aplicados parece obedecer más a motivos cronológicos y geográficos que a la distinción segmento-triángulo-trapecio, en tanto que, en líneas generales, es posible apreciar cada uno de los tipos de retoque mencionados en cada una de las tres formas¹⁰. Dentro de cada uno de estos tres grandes grupos, la gran variabilidad en cuanto a tamaño, ratios, silueta de lados o tipos de retoque, da lugar a distintas configuraciones que permiten analizar patrones de variabilidad, tanto en sentido cronológico como geográfico.

También debería considerarse el modo de producción de los distintos microlitos geométricos. En este sentido, y dentro de una cadena operativa guiada por una producción laminar estandarizada (García-Puchol, 2005; Martí et al., 2009; García-Puchol & Juan

¹⁰ En todo caso, si bien es cierto que retoques abruptos, oblicuos y planos; invasores y/o cubrientes; directos y/o inversos se aprecian sobre triángulos y trapecios casi indistintamente a partir de ciertas cronologías, los segmentos sí suelen acotar el tipo de retoque a abruptos y oblicuos, siendo más infrecuente observar en ellos retoques invasores y/o simples.

Cabanilles, 2012; Perrin & Binder, 2014), la producción del microlito geométrico supone la rotura de la lámina para, posteriormente, configurar la truncadura mediante distintos tipos de retoque. Uno de los métodos más comunes, de amplia presencia durante el Mesolítico europeo y norteafricano, es el empleo de la técnica de microburil. Dicha técnica consiste en la creación de una muesca sobre la lámina y la posterior remoción de la parte sobrante de la lámina mediante un golpe de buril. Por último, la truncadura del geométrico se retoque para darle la forma deseada (Fig. 2.3). A consecuencia de este retoque último, en numerosas ocasiones el estigma del golpe de microburil no es apreciable en el geométrico. Independientemente de ello, esta técnica produce unos deshechos característicos, los propios microburiles, cuya frecuencia en los distintos yacimientos es desigual, y no siempre guarda relación con la presencia de estigmas.

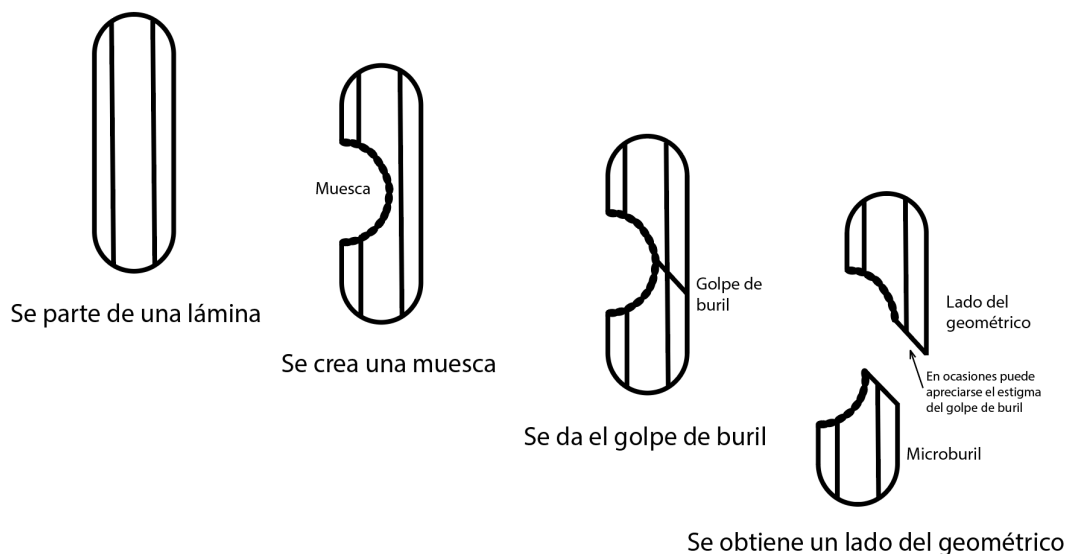


Fig. 2.3 Ejemplo de la técnica de microburil

Aunque se han intentado explicaciones a la ausencia de microburiles en contextos en los que sí se está utilizando la técnica de microburil (Neeley & Barton, 1994), por ahora ninguna parece ser completamente satisfactoria. Por otro lado, esta técnica no es la única utilizada para conseguir las truncaduras del geométrico. En ocasiones, puede utilizarse la rotura por flexión (Fernández López de Pablo et al., 2008), consistente en flexionar el extremo de la lámina a desechar hasta su rotura, y el posterior retoque del lado del geométrico, con resultados que, en general, producen concavidades menos acusadas que el uso de la técnica de microburil.

En cuanto al origen del geometrismo, podría decirse que este va ligado a la producción laminar y la tendencia a la microlitización que se deriva de aquella (Kuhn & Elston, 2002). Se han propuesto diversas causas para esta adopción tecnológica, entre las cuales se ha destacado el hecho de que permitan una mayor movilidad y versatilidad, pero también reflejar cambios en las estrategias de caza o presentar una gran funcionalidad, gracias a su carácter modular (Neeley, 2002), así como preservar la vida de los astiles,

cuyo coste de producción sería más alto que el de los propios geométricos (Musil, 1988, en O'Brien & Lyman, 2003). En cualquier caso, aunque las razones que motivan su aparición no parecen estar del todo claras, el hecho de que ya estuvieran utilizándose durante el Paleolítico Superior (entre otros Aura, 1995; Bar-Yosef et al., 2011; Fontes et al., 2015; Straus, 2016), parece indicar que su aparición, no debería de guardar una relación directa con los cambios económicos y medioambientales derivados de la transición holocénica.

Como tal, el fenómeno abarca una extensión muy amplia, tanto en sentido cronológico como geográfico. Se han propuesto algunas fechas iniciales para la geometrización que rebasan, como mínimo, los 20.000 años de antigüedad (Straus, 2002)¹¹ y su uso en Europa se prolonga hasta finales del Neolítico. En cuanto a su ubicación geográfica, abarcan una amplísima difusión territorial que, en el registro arqueológico actual, se extiende no solo por toda Europa y Cuenca Mediterránea, desde las Islas Británicas (Clark, 1956; Tolan-Smith, 2008) hasta Europa Oriental (Nuzhnyj, 2000) o el Próximo Oriente (Lechevalier, 1978; 1980; Yaroshevich et al., 2010), sino también por distintas regiones del globo, incluyendo África (Lewis et al., 2014), Asia Central (Derevianko et al., 2008; Rybin et al., 2016; Kolobova et al., 2019), y llegando incluso a Australia (Hiscock, 2002; Slack et al., 2004) pasando por toda la mitad Sur de Asia (Brunet, 2012; Roberts et al., 2015; Padhan, 2017; Biagi, 2018)¹².

Con la llegada del Holoceno es, sin embargo, cuando los microlitos geométricos alcanzan su máxima expresión tanto como definidores culturales como en relación con su extensión y uso. Su amplia expansión por Europa Occidental desde el X milenio cal BC ha ayudado a configurar la versión europea de las distintas fases culturales descritas en el capítulo anterior para la Península Ibérica. Aunque no nos detendremos en la explicación de cada una de ellas a escala europea, atendiendo al marco geográfico y cronológico de la presente tesis doctoral, baste mencionar las similitudes de los procesos europeos (si bien con particularidades regionales) que afectan al Mediterráneo Occidental (Binder, 1987; Perrin, 2003; 2005; Aura et al. 2006; Dini et al., 2008; Valdeyron, 2008; Cristiani et al.,

¹¹ Aunque para algunos conjuntos sudafricanos se han llegado a proponer fechas que rebasan los 70.000 BP (Ambrose, 2002; Wurz & Lombard, 2007; Brown et al., 2012), y no es infrecuente ver cronologías que alcanzan los 30.000 BP en Asia Central (Kolobova et al., 2019) y Sur (Clarkson et al., 2009), nos parece más prudente, al menos por el momento, dejar como referente *sensu lato* la fecha ofrecida en el texto. Basak y Srivastava (2017), por ejemplo, ofrecen dos yacimientos del Oeste de Bengala: Mahadebbera y Kana, para los cuales dan unas fechas de las unidades con microlitos geométricos de 31 ± 3 ka en el primer caso y de 42 ± 4 ka en el segundo. Ofrecen imágenes de los geométricos de Mahadebbera, pero no de los de Kana, los más antiguos.

¹² Más arriba ya habíamos anotado como el geometrismo va ligado a, y requiere del paso previo de la microlitización laminar. En este sentido, si aceptamos dicha microlitización, entendiéndola como el proceso que implica la producción de hojitas con dorsos rebajados, cuya principal función es formar parte de elementos compuestos como armaduras, el proceso se extiende aún más geográficamente y llega a abarcar prácticamente todo el globo, incluyendo las zonas más septentrionales de Asia (Elston & Brantingham, 2002), China (Lu, 1998; Zhimin, 2001), Japón (Nakazawa et al., 2005) o América (Inizan et al., 1992). Por otro lado, no hemos hecho mención en el texto a algunos ámbitos en los que el carácter geométrico laminar de las industrias —ya sea por los tipos aceptados como geométricos, o por el tamaño de estos— sea controvertido. Tales podrían ser, solo por citar algunos casos, los ejemplos siberianos (ver Dolitsky, 1985), y también el dudoso caso de Denisova, en Vasil'ev (1993; 2011) y Derevianko et al. (2005) o, a nuestro parecer, los de las tradiciones sudafricanas más antiguas referidas en la nota anterior. Es interesante destacar que la gran mayoría de documentos consultados en este sentido ofrecen referencias en texto, pero no documentación gráfica del objeto.

2009; Perrin et al., 2009; Binder et al., 2012; Perrin & Binder, 2014; Lo Vetro & Martini, 2016; Perrin & Defranould, 2016; Philibert, 2016; Allard, 2017; Marchand & Perrin, 2017) y para cuya comprensión es de gran ayuda la utilización de la información cultural que pueden ofrecer los microlitos geométricos.

Por último, nos gustaría añadir que, en sentido tipológico, años de investigación arqueológica han desarrollado una serie de listas tipológicas para los microlitos geométricos del Este peninsular, entre las que destacaríamos las creadas en su día por Fortea (1973), por Juan Cabanilles (1984; 2008) y por García-Puchol (2005). Son más que suficientes para dar cuenta de la variabilidad tipológica en nuestro marco de estudio y cumplen holgadamente con la función que, desde nuestro punto de vista, debe exigirse a una tipología, que es ni más ni menos que proporcionar un marco de entendimiento entre distintas escuelas y ámbitos geográficos, de modo que pueda optimizarse la investigación colectiva, y sin presuponer que el tipo que ha llegado a nuestros días estaría compartimentado del mismo modo que lo compartimenta la investigación arqueológica actual. Desde nuestro punto de vista, lo contrario, es decir la proliferación de tipologías excesivamente especializadas, no contribuye a una mayor comprensión del fenómeno arqueológico, dado que la clasificación tipológica es un constructo del presente y en la mayoría de los casos no existe base para saber si las distinciones que establecemos tienen realmente un significado arqueológico. Por lo tanto, y ya que la función básica de las clasificaciones tipológicas debería ser crear un marco de comprensión suficiente entre especialistas de distintos ámbitos, es innecesario complicarlas en extremo con la proliferación de tipos específicos que, en muchas ocasiones, no son más que variedades de un mismo tipo, no tienen *significado* arqueológico constatado y centran el debate en discusiones estériles sobre la idoneidad o no de los propios tipos que, recordemos, han sido creados por la investigación actual. De este modo, se ha intentado aquí, en la medida de lo posible, evitar el recurso a las listas tipológicas, excepto cuando fuera estrictamente necesario, por dos motivos principales: por las dificultades que aún existen para comprender el significado arqueológico real del tipo, y por la compartimentación artificial que suponen del registro arqueológico. En este sentido, al clasificar una pieza como un tipo específico, a la vez se están obviando todas las particularidades de la pieza y se la está juzgando como un arquetipo predefinido, lo que reduciría la variabilidad del conjunto geométrico a un número predeterminado de tipos (18 en el caso de Fortea, por ejemplo), y eliminaría todas las distinciones de un geométrico dentro de su propio tipo, aparte de ignorar situaciones en las que la definición de un tipo u otro para un determinado geométrico dependen únicamente del criterio del investigador. Como —ya se ha mencionado anteriormente— listas tipológicas más extensas serían inabarcables, en nuestro trabajo se ha optado, cuando posible, por trabajar con densidades morfométricas y frecuencias, al creer que así se puede aproximar mejor la tendencia global de un conjunto específico y pueden eliminarse problemas derivados del tradicional concepto de

existencia / no-existencia que, como sabemos, puede mediatizar la interpretación arqueológica y no siempre obedece a situaciones arqueológicas reales.

Cuando sea necesario hacer alusiones a tipos, recurriremos por lo general a la lista de Fortea, por ser esta la más extendida. Sin embargo, en ocasiones, la propuesta de Fortea, de raíz exclusivamente morfométrica, y concentrada en las culturas epipaleolíticas-mesolíticas, es insuficiente cuando avanzamos cronológicamente hacia el Neolítico. En esos casos, podrían utilizarse bien los tipos de Juan Cabanilles o bien los de García-Puchol, según se ajuste más al elemento en discusión.

2.1.2 Los microlitos geométricos como indicadores de evolución cultural

El análisis del sentido identitario de las manifestaciones culturales en las sociedades prehistóricas se ha encontrado tradicionalmente con algunas dificultades teórico-metodológicas que deberían tenerse en consideración. En primer lugar, la definición misma de los indicadores que pueden aportar información cultural; más en concreto, de qué y cuánta información pueden dar. En segundo lugar, es de suponer que muchos de esos indicadores se hayan realizado sobre elementos de carácter perecedero —vestidos, tocados, etc.—, sobre el propio cuerpo —pinturas corporales, tatuajes, etc.— o incluso sin el uso de soporte alguno —ritos, idioma, etc.— los cuales, por tanto, nunca llegaríamos a conocer. Ahora bien, la cultura se refleja en prácticamente todos los ámbitos de producción de una sociedad, desde su relación con el medio (ver Ingold, 1993 o Driscoll, 2017 para un enfoque más reciente) hasta la cultura material (Lemonnier, 1983). De acuerdo con esto, la industria lítica ha sido uno de los indicadores esenciales, atendiendo a su mejor conservación y a que haya permitido un cierto tipo de seriación, bien es cierto que frecuentemente parcial e incompleta, pero que ha brindado puntos de anclaje desde los que construir un relato mínimamente coherente de la evolución humana hasta la aparición de otros elementos que facilitarían su caracterización.

Los intentos han sido abundantes y variados, y generalmente suelen construirse sobre la definición y frecuencia de unos u otros tipos en conjuntos específicos, como ejemplificaría el trabajo clásico de Bordes (1961) sobre el Musteriense europeo, o del propio Fortea (1973) para la construcción de los complejos epipaleolíticos del Mediterráneo peninsular; o bien sobre piezas específicas, cuya evolución es utilizada para comprender posibles relaciones entre unas u otras culturas, bien en sentido cronológico o geográfico. Los bifaces achelenses, por ejemplo, han sido un claro caso de la utilización de este tipo de técnicas (Lycett et al., 2016), pero también elementos culturales más recientes, como las puntas acanaladas norteamericanas (Bettinger & Eerkens, 1999; O'Brien & Lyman, 2003) que, entre otro tipo de estudios, han llegado incluso a ser comparadas con las puntas solutrenses europeas para testar un posible contacto entre ambos continentes (Bradley & Stanford, 2004 pero ver Straus et al., 2005).

Aplicado al caso de los microlitos geométricos, uno de los ejemplos más significativos lo desarrolló Rozoy en 1978. En todo caso, el análisis del autor francés no se circunscribe

sólo a las puntas de proyectil, de forma que los elementos de estudio principales incluirían también hojas de dorso, puntas óseas y/o elementos de deshecho y sustrato. Sin embargo, como es lógico para este periodo cronológico, el grueso de elementos de análisis está constituido por los microlitos geométricos, que el autor, además, relaciona con el desarrollo del arco, al cual atribuye toda una serie de propiedades transformadoras de la sociedad. Rozoy elabora una lista-tipo minuciosa y jerarquizada, que en algunos puntos recuerda a la taxonomía linneana —mucho antes de que la filogenética comenzara a aplicarse *oficialmente* en Arqueología—, y a partir de la cual establece unos criterios evolutivos para el Segundo Mesolítico y el Neolítico Antiguo en Francia y Bélgica. Además, individualiza distintos grupos regionales, de acuerdo tanto con la morfología de los propios geométricos como con una serie de valores estadísticos capturados a partir de frecuencias de material y la adición de específicos elementos significativos.

En todo caso, aún sin llegar siempre a este punto de sistematización, la historiografía europea acepta, por lo general, la presencia de ciertos tipos o rasgos, cuya repetida aparición en determinadas estratigrafías, permite marcarlos como indicadores de una cronología, o de un tecno-complejo específicos. En este sentido, baste mencionar solo algunos de los geométricos más característicos, como los de tipo Cocina para el Mesolítico Final peninsular, o las flechas de Montclus o los trapecios de Martinet para el Neolítico Antiguo y el Mesolítico Reciente del Sur francés respectivamente (pero ver Perrin et al., 2018), solo por citar algunos casos.

Sin embargo, uno de los elementos más interesantes que pueden aportar los microlitos geométricos para la investigación arqueológica sobre la evolución cultural no consiste únicamente en comprender cómo afecta la identidad cultural a la configuración de los propios microlitos geométricos sino, a partir de ello, averiguar cuales son las dinámicas y constricciones que rigen los esquemas mentales de dicha construcción. En el caso de este estudio, el interés reside en saber si la información extraída puede ayudarnos a entender el carácter sociodemográfico de la transición a la agricultura en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica.

2.1.2.1 *Cuestión de estilo*

Para ello es clave comprender una de las dicotomías fundamentales en la literatura arqueológica: la de estilo vs. función. Además, es necesario definir claramente qué es el estilo y por qué puede aportar información sobre los procesos culturales subyacentes. Este tipo de reflexiones no son nuevas. Binford (1962) es uno de los primeros autores en poner de relieve esta dicotomía. Si hasta ese momento la perspectiva historicista había englobado bajo el paradigma de *estilo* prácticamente todo aquello que indicara variabilidad cultural, este autor sostiene que la diversidad funcional tiene una incidencia fundamental en la evolución morfotípica de los elementos arqueológicos y que, por tanto, las características derivadas de dicha función no pueden analizarse de la misma manera, ni ponerse en el mismo plano, que las características derivadas de elementos que no sean

puramente funcionales, que serían las que él consideraría estilo *sensu stricto*. En su argumento, Binford creó tres grupos de artefactos distintos. En primer lugar, estarían los artefactos técnicos, o aquellos que se relacionan directamente con el medio, y cuya evolución estaría estrechamente ligada a su función y al ambiente en el que se desarrollan —p. ej., un hacha o un anzuelo—, en segundo lugar los elementos socio-técnicos, que actúan dentro del subsistema cultural, y cuya función principal es la de ofrecerse como medio extrasomático para la articulación de grupos cohesionados en torno a un objetivo común —como ejemplos, el propio autor cita la corona de un rey o el bastón de un guerrero—, y por último, sitúa a los elementos ideo-técnicos, pertenecientes al mundo de los símbolos y las ideas. Para él, las características de estilo afectan, y se entrecruzan entre estos tres grupos, pero las define como aquellas “*formal qualities that are not directly explicable in terms of the nature of the raw materials, technology of production, or variability in the structure of the technological and social sub-systems of the total cultural system*” (Binford, 1962: 220). De la propia definición del autor podría deducirse, pues, que los elementos técnicos quedarían exentos de ser afectados por factores estilísticos, en tanto que, en sus propias palabras, la configuración de dichos elementos se articula exclusivamente según su funcionalidad y cómo estos interaccionan con su propio medio. En cualquier caso, la implícita, pero taxativa separación que establece entre aquellos rasgos que pueden considerarse estilísticos, y los que no, marca un punto de partida en la conformación del concepto actual de estilo, en su sentido arqueológico.

Otra de las principales construcciones argumentativas en los inicios de la discusión sobre estilo y función se la debemos a Sacket. En el primero de dos de sus trabajos fundamentales (1977), este autor establece las pautas básicas de su concepción del estilo. Sacket reduce aquí la división de artefactos a dos esferas, la de utilitarios —aquellos cuyas formas están condicionadas por sus fines tecnoeconómicos— y la de no-utilitarios —los objetos que funcionan en los ambientes sociales e ideacionales—. La diferencia radical con Binford consiste en que, para Sacket, no existen elementos cuya transmisión se vea libre de la esfera estilística; esto es, de los condicionantes y consensos que imponen las formas resultantes de dicha transmisión. Esto lo refleja Sacket en los dos grupos. Por un lado, y basado en el concepto de equifinalidad, según el cual, diversas soluciones pueden llegar a un mismo fin¹³, defiende que la evolución de los elementos utilitarios no se rige únicamente por su función, sino que el componente cultural; esto es, el estilo, juega un papel clave en la configuración de tipos. Por otro lado, los elementos no utilitarios tampoco estarían exentos de un componente funcional, en tanto que la función social que ejerzan puede tener más valor para sus usuarios, que el propio uso empírico de un objeto. El concepto de Sacket es contrario al de Binford, fundamentalmente en el sentido de que, para él, el estilo es subyacente a, y condiciona, siquiera

¹³ También Binford hace referencia a la equifinalidad, con su concepto de *equivalentes funcionales*, pero lo hace desde un prisma funcional, estableciendo una diferencia en términos de eficiencia entre equivalentes.

inintencionadamente, cualquier decisión que se tome en términos de transferencia cultural.

En 1978 (y 1989) Close, con su estilo reduccionista, realiza su propia aproximación al tema, siguiendo en cierto modo la postura equifinalista de Sacket y según la cual todo elemento tiene un componente estilístico de variación. Para ello, basándose en la lateralidad de las hojitas de dorso de conjuntos del Paleolítico Superior y Epipaleolítico del Norte de África realiza análisis estadísticos (fundamentalmente χ^2) que pudieran relacionar posibles causas de esa variación, entre las que incluye: función, lateralidad (del tallador), tipo de retoque, extremo apuntado y estilo. En este caso, la autora concluye que la variación obedece a motivos estilísticos, pero llega a esa conclusión por eliminación de las otras posibilidades, no por una definición precisa de la concepción del estilo y de cuales son las características que puedan definir a un elemento, o rasgo, como estilístico, más allá de las referencias a Sacket. En todo caso, uno de sus puntos interesantes es la llamada de atención sobre el hecho de que son las tendencias, y no los elementos individuales, las que configuran un marco para el estudio estilístico. Ese mismo año, Dunnell, en otro de los documentos clásicos dentro del debate estilo vs. función, se sitúa en el lado completamente opuesto, e intenta, precisamente, una definición cuantitativa del estilo frente a la función. Ya inmerso en su desarrollo de la teoría evolutiva, Dunnell establece dos tipos de unidades: las unidades funcionales y las unidades estilísticas o ‘con significado histórico’ —serían las que se han venido utilizando para configurar distintos grupos culturales—. El autor intenta un enfoque cuantitativo para la definición del estilo desde un prisma evolutivo. Su razonamiento, dentro de un marco *darwiniano* en el cual lo más funcional/apto terminará por imponerse sobre lo menos apto, implica que debe definirse claramente la distinción entre estilo y función. Para él, en tanto que el estilo no es funcional, los rasgos que definen un estilo particular no tienen por qué imponerse sobre los rasgos de otro estilo y, por lo tanto, ofrecerían un rastro de carácter estocástico, válido para analizar procesos culturales, dentro de un concepto de análisis markoviano. Por el contrario, como los rasgos funcionales brindan una ventaja adaptativa esencial, acabarían imponiéndose a otros funcionales menos aptos y, por lo tanto, son susceptibles de estudio dentro de un prisma evolutivo. Podríamos mencionar como fundamental, en este argumento, el hecho de que brinda un punto de vista sólido, epistemológicamente hablando, desde el que diferenciar aspectos funcionales y estilísticos, más allá de la propia percepción.

Ahora bien, de nuevo Sacket, en 1982, retoma la discusión sobre el estilo. Lo haría con la culminación de sus reflexiones anteriores en la proposición de lo que denominará enfoque *isocrástico*. Para el autor, el estilo podría afrontarse desde tres puntos de vista: el estándar, el iconológico y el isocrástico¹⁴. A partir de esta distinción fundamental, Sacket divide al propio estilo isocrástico en tres ámbitos: el material, el social y el ideológico. Estos tres ámbitos pueden combinarse entre sí, y de hecho se combinan, de

¹⁴ El isocratismo sería el modo en que se llega a una solución funcional mediante una forma u otra.

tal modo que cualquier elemento que produzca una cultura presentaría una mezcla de los tres ámbitos, cuyo peso en la configuración del propio elemento sería variable. Como vemos, la idea de que el estilo impregna cualquier manifestación cultural sigue latente, y es la base de la proposición isocrástica ya que, para el autor, los artefactos no tendrían una función primaria exclusiva, sino que en su configuración se yuxtaponen un número variable de funciones secundarias, con más o menos peso, entre las que se mezclan los tres ámbitos mencionados. Además, la presencia de rasgos *estilísticos* en artefactos *funcionales* implica que la presencia de esos rasgos estilísticos puede ser tan importante para la sociedad que los transmite, como la de los rasgos funcionales, independientemente de que la transmisión de dichos rasgos estilísticos se haya producido de manera consciente, o no.

Con la publicación de *Culture and the Evolutionary Process*, por Boyd y Richerson (1985), la reflexión sobre el estilo se integra dentro de una nueva discusión sobre cómo se transmite la información cultural entre distintos grupos sociales, y cómo esta puede ser captada en el registro arqueológico. Dicha reflexión llevó a la consideración de un gran número de factores, considerando los modos de transmisión, los elementos potenciales que puedan sesgar dicha transmisión, tanto en sentido social como ambiental, o el comportamiento de la transferencia de información en contextos condicionados y no condicionados. Aunque se nutre, en lo fundamental, de los conceptos evolutivos de Dunnell, no deja de lado el isocratismo de Sacket al entender la transmisión de estilo en, y entre, diferentes esferas socioculturales como cuestión capital para la comprensión de los procesos de transmisión. A partir de aquí, el estilo seguirá siendo elemento de referencia dentro de un prisma evolutivo y, sobre todo, de la transmisión cultural y de la corriente de estudio de la evolución cultural, que el mencionado trabajo de Boyd y Richerson prácticamente inauguró. El estudio de la transmisión cultural convierte al estilo, a la vez, en objeto y agente, y su análisis se utiliza para explicar distintos procesos evolutivos, como podemos ver en los ya clásicos trabajos sobre los estudios de deriva neutral (Neiman, 1995; Shennan & Wilkinson, 2001; Steele et al., 2010).

Por su parte, frente al campo enfrentado entre *funcionalistas* y *estilistas* que plantearan Bettinger y colegas, en 1996, O'Brien y Leonard (2001) reúnen los conceptos fundamentales de Dunnell y de Sacket. Para ellos, perfeccionando las propuestas de Dunnell, pueden detectarse cuantitativamente función y estilo en una muestra, siendo que el primero muestra una tendencia a la total ocupación de la población (1) o a su total desaparición dentro de la misma (0), y que el segundo muestra un valor selectivo neutral y, por tanto, un comportamiento estocástico, no exento de máximos y mínimos locales, válidos para explicaciones de evolución cultural. Su concesión, además, al isocratismo de Sacket, radica en el reconocimiento de que los elementos teóricamente *funcionales* pueden presentar rasgos estilísticos, aunque dichos rasgos no seguirían patrones de evolución puramente estocásticos, en tanto que van ligados a los patrones funcionales de evolución lineal.

Como vemos, el debate estilo vs. función ha sido especialmente prolífico en Arqueología (ver Hurt & Rakita, 2001), y ha cobrado especial significado dentro de los marcos teórico-metodológicos de la transmisión y la evolución cultural (O'Brien & Lyman, 2003; Kohler et al., 2004; Eerkens & Lipo, 2007; Mesoudi & O'Brien, 2008a; 2008b; García Rivero, 2013; Crema et al., 2014), donde la identificación de los rasgos que son transmitidos culturalmente; esto es, cuya configuración depende de las convenciones sociales que los rigen, es fundamental. En este sentido, no podemos obviar los estudios traceológicos, que han aportado una mayor clarificación acerca de qué es efectivamente funcional y qué no lo es.

2.1.2.2 Estilo y función de los microlitos geométricos durante el Mesolítico Geométrico y el Neolítico Antiguo en la Península Ibérica

¿Cómo podría afectar toda esta reflexión a los microlitos geométricos? ¿Cuál sería la importancia de que el agente de cambio de los microlitos geométricos fuera funcional o estilístico? ¿Son los microlitos geométricos aptos marcadores de estilo? Y, si lo son, ¿Pueden aportar información sustancial en cuanto a los patrones de configuración social y las dinámicas de cambio en nuestro marco de estudio?

Para responder a estas preguntas son necesarios toda una serie de planteamientos. En primer lugar, siguiendo el razonamiento anterior, aceptaríamos que el cambio funcional se motiva por una respuesta/adaptación al medio, mientras que el cambio estilístico se deriva en lo fundamental de la transmisión más o menos aquiescente de los distintos consensos culturales. En segundo lugar, debería ponerse el énfasis, no tanto en el proceso en sí como, por ejemplo, la aparición de la agricultura, sino, más bien, cómo unos grupos —que son agricultores— transmiten su información cultural a otros —que no lo son—. De todo ello deriva que el tipo de variables que necesitamos estudiar para responder a la pregunta esencial de ‘¿Qué implicaciones socioculturales tiene el proceso de neolitización en el noreste de la Península Ibérica?’ deberían ser en clave de estilo, claramente relacionado, como hemos visto, con los procesos de transmisión cultural.

Ahora bien, una primera distinción fundamental, y más allá de los recovecos del debate que observábamos anteriormente, radica en que debemos estar seguros de estar analizando el mismo tipo de material arqueológico, y no presuponer que una forma más o menos similar implique una misma función, sobre todo cuando hablamos de dos culturas tan diferentes como las que se sostienen en un sistema social basado en la caza-recolección y las que se fundamentan en la agricultura, con todas las implicaciones que uno y otro modo de vida conllevan. Hablamos aquí de una delimitación clara de función en su concepto más elemental. No tendría sentido, por ejemplo, comparar evolutivamente un manómetro con una brújula, por más que formalmente puedan parecer similares.

A este propósito, la traceología ha aportado una gran cantidad de información en los últimos años, que puede ser de utilidad. Se han realizado un buen número de estudios sobre la funcionalidad de los microlitos geométricos en la Península Ibérica y Europa

Occidental durante la transición del Mesolítico al Neolítico. En este sentido, una abrumadora mayoría apunta a su uso como puntas de proyectil (Fischer et al., 1984; García-Puchol & Jardón Giner, 1999; Gibaja & Palomo, 2004; Domingo, 2004; 2005; Longo & Isotta, 2007; Plisson et al., 2008; Cristiani et al., 2009; Domingo, 2009; Gibaja & Terradas, 2012; García-Puchol et al., 2014; Goldstein & Shaffer, 2017). Bien es cierto que existen algunas excepciones, como el estudio de Fynlayson y Mithen (1997), en las Islas Británicas, que se decanta por una polifuncionalidad prácticamente sistemática¹⁵, así como cambios si nos desplazamos geográficamente, por ejemplo, al Próximo Oriente, donde su uso como elementos de hoz se impone, aunque sobre todo en momentos más recientes (Lechevalier, 1978; 1980), o incluso en la propia península; pero esto solo si avanzamos cronológicamente hasta momentos en que las puntas de flecha ya han ocupado el nicho funcional que antes ocupaban los propios geométricos (Criado Boado, 1981). Para la cronología que nos ocupa, el predominio de su uso como puntas de proyectil es abrumador, independientemente de la presencia, o no, de la polifuncionalidad y reaprovechamiento. Domingo (2009; 2012), por ejemplo, cita un porcentaje del uso de los geométricos para el trabajo de pieles o madera verde no superior al 4%, incluso en contextos del Neolítico Antiguo.

Así pues, teniendo claro que estamos hablando de artefactos que corresponden a un mismo nicho funcional, podemos intentar averiguar qué rasgos del geométrico se producen/evolucionan obedeciendo a cuestiones funcionales (mayor efectividad, disponibilidad de materia prima, etc.), o a cuestiones estilísticas (transmisión de consensos culturales). Lo primero que debería llamarnos la atención al analizar los microlitos geométricos en clave de transmisión cultural, es que no parecen tener elementos claramente ideo-técnicos en el sentido acordado por Binford —al contrario que la cerámica, por ejemplo, no parecen tener ningún tipo de decoración, más allá algunos restos de ocre esporádicos que, probablemente, deberíamos relacionar con los procesos de enmangado—. Desde este punto de vista, la comparación de unos u otros en términos culturales sería compleja por la falta de elementos de contraste, en tanto que el geométrico, en sí, sería un artefacto funcional de carácter técnico, y sin atributos que pudieran considerarse *estilísticos* dentro del ámbito procesual estricto, o de la ecología conductual humana. Ahora bien, siguiendo a Sacket, también es probable que entre muchas de las variables transmitidas se entrelacen no solo aquellas cuyo objetivo sea, estrictamente, mejorar las posibilidades del artefacto, sino también aquellas que se juzgan más aptas por simple consenso social, bien sea de forma consciente —por ejemplo, como marcador activo de la identidad del grupo, y cuya *función social*, o el valor que le atribuye el grupo, pueda ser mayor que la propia efectividad del artefacto— o inconsciente —costumbre—. En este sentido, se ha apuntado como los cambios en la morfometría de los geométricos podían no suponer una ventaja adaptativa suficientemente significativa como para justificar esos mismos cambios (Straus, 2002; Philibert, 2016), pero ¿Cómo medir

¹⁵ Gran número de los estudios anteriores admiten cierto grado de polifuncionalidad.

qué adaptaciones suponen una ventaja adaptativa *suficiente*?¹⁶ Muchas de las tecnologías inventadas, en su estadio más básico, no eran muy superiores a tecnologías existentes en su estadio más desarrollado¹⁷ y, sin embargo, siguieron utilizándose. ¿Cómo valoramos, pues, por qué se siguen utilizando unos u otros microlitos geométricos si ni siquiera sabemos cuánta ventaja aportan unos con respecto de otros? Podemos hablar de cambios en la disposición de los geométricos sobre el astil (ver Yaroshevic et al., 2010), o incluso de distintas funciones para los distintos tipos (Pétrequin & Pétrequin, 1990; Edinborough, 2005) pero, en la práctica, son solo propuestas más o menos acertadas que, atendiendo a la gran variabilidad del registro etnográfico, tienen muy difícil comprobación, y cuya valoración de mejora tecnológica parece compleja. Sí es posible afrontar la cuantificación de los tiempos de producción o la efectividad de los tipos, algo que se ha hecho desde la arqueología experimental (Gibaja & Palomo, 2004), pero aún teniendo esta información, si la tratamos en exclusividad, tal vez estaríamos adoptando una óptica excesivamente actualista y mercantilista. Además, el problema permanecería porque la pregunta no es si un tipo es mejor/más eficiente que otro, sino si esa mejora tecnológica es suficiente para imponerse al consenso social que rige la producción de tipos específicos, aún más teniendo en cuenta la posible función social del estilo, cuya valoración nos es imposible conocer, y que puede ser tan o más valiosa como la propia efectividad del artefacto. Este camino, pues, parece una vía muerta.

Sin embargo, siguiendo razonamientos anteriores puede asumirse que no todos y cada uno de los rasgos que configuran un microlito geométrico, desde las distintas formas que presentan, hasta los distintos tipos de retoque, se orientan a su mayor efectividad o ergonomía, y se han propuesto modos para analizar cómo actúa el comportamiento expansivo de los rasgos funcionales y los estilísticos; desde alguna de las propuestas iniciales, relacionadas con el estocasticismo del estilo, y ya vistas en Dunnell (1978), sistematizadas más tarde en O'Brien y Leonard (2001), hasta otras de más amplio desarrollo, como la aplicación de modelos de aceptación de innovación (Steele et al., 2009).

Podríamos decir que la identificación del agente de cambio como funcional o estilística es fundamental, en tanto que uno podría estar indicando adaptación al medio, mientras que el segundo podría estar indicando procesos de transmisión cultural (Neff, 2001). Por otro lado, y siguiendo a O'Brien y Lyman (2003), los microlitos pueden ser aptos marcadores de estilo si individualizamos, de los rasgos que los conforman, cuales responden a consensos culturales y cuales a adaptaciones fundamentales al medio en el que viven. Además, si tenemos en cuenta todos estos posicionamientos, es posible que los microlitos geométricos puedan aportar una gran cantidad de información en cuanto a

¹⁶ Podríamos ilustrar este punto con el ejemplo de los aborígenes de Nueva Guinea, que no ponían plumas en sus flechas por elección, a pesar de haberlas visto en sus grupos vecinos y, por tanto, conocerlas, y de que estas brindan mayor rendimiento por disparo al incrementar la estabilidad de la flecha (O'Brien et al., 2016).

¹⁷ Valgan como ejemplo la propia agricultura, o el mosquete que, en sus estadios iniciales, necesitaba estabilizarse mediante un trípode trabajado por varios operarios, era muy pesado, su mecanismo fallaba con frecuencia y tenía una cadencia de disparo sensiblemente inferior a la del arco.

los procesos de cambio socio-cultural, pero para ello es esencial una buena selección de las herramientas metodológicas adecuadas, así como la disposición de una muestra considerable, tanto en número como en dimensiones, que permita el deshecho de una gran cantidad de especímenes (y rasgos), algo que, inevitablemente se va a desprender de las operaciones de filtrado en busca de las características más significativas *estilísticamente* hablando.

2.2 PROPUESTAS METODOLÓGICAS PRESENTADAS EN DISTINTOS ENCUENTROS INTERNACIONALES

Dado que la presente tesis consiste en una serie de propuestas metodológicas para tratar distintos aspectos, principalmente relacionados con la estratigrafía y la transmisión cultural, hemos decidido incluir el resumen de alguno de los trabajos realizados y presentados en foros internacionales que han contribuido a la configuración final del proyecto de doctorado. Tan solo se incluyen las presentaciones donde el aspecto metodológico tenga un peso destacado, que no hayan sido utilizadas para el desarrollo de ninguno de los artículos anexos, y que hayan sido presentadas en encuentros internacionales de prestigio. Ya que el enfoque es el estudio de las metodologías aplicadas, y sus resultados, no se abundará demasiado en el contexto arqueológico, en tanto que ha sido explicado en el capítulo anterior y en los artículos anexos. Tan solo se hará una referencia más extensa al mismo cuando dicha mención no implique redundancia de aspectos ya tratados. La siguiente discusión se centrará en los aspectos teórico-metodológicos de los trabajos presentados.

2.2.1 The conformation of lithic deposits in Cueva de la Cocina (Eastern Iberia): Natural vs. Anthropological Agents

Alfredo Cortell-Nicolau, Oreto García-Puchol, Agustín Diez-Castillo, Salvador Pardo-Gordó, Sarah B. McClure

Presentada en París entre el 4 y el 9 de Junio de 2018 en el XVIII congreso de la Union Internationale des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques

En este trabajo se han afrontado los problemas tafonómicos que afectan a la Cueva de la Cocina (ver Pardo-Gordó et al., 2018. Artículo anexo 2) combinando la utilización de técnicas de reconstrucción tridimensional (ver Diez-Castillo et al., 2017. Artículo anexo 1) con técnicas estadísticas.

La Cueva de la Cocina (Dos Aguas, València) se encuentra situada en las estribaciones de Sierra Martés, concretamente en un meandro del barranco Falón, tributario del río Xúquer (Fig 2.4). A pesar de que la circulación de agua es ocasional, los estudios realizados por Pilar Fumanal en 1978 demostraron que los episodios de inundación con entradas de agua en la cueva no eran infrecuentes y podían haber alterado el registro



Fig. 2.4 Ubicación de la Cueva de la Cocina

densidad por unidades estratigráficas de ciertos elementos arqueológicos que pudieran aportar más información respecto a los problemas de entrada de aguas en la cavidad. En este sentido, es de particular importancia la distribución de *Melanopsis tricarinata*, un tipo de caracol de ambiente acuático, presumiblemente no relacionado con el consumo humano (Pascual Benito, 2013) y cuya entrada en la cueva podría obedecer, por tanto, a causas naturales: las posibles entradas de agua. A partir de estos datos, el objetivo se ha centrado en comparar la distribución de *M. tricarinata* con la de otros elementos cuyo origen pudiera ser antrópico, como la industria lítica, la fauna, o el *Iberus alonensis*, otro tipo de caracol, este sí, presumiblemente utilizado para consumo humano. A partir de aquí, se esperaría que los elementos menos relacionados con el consumo humano (*Melanopsis tricarinata*) mostraran las menores correlaciones con los elementos de origen antrópico directo (industria lítica) en los ambientes donde hubiera habido poca perturbación hídrica, mientras que las correlaciones de los cuatro elementos en estudio se esperarían más similares para momentos de entrada de agua.

arqueológico. Atendiendo a los problemas tafonómicos que afectan a gran parte de la secuencia de la cueva, ya mencionados (Fortea, 1971; García-Puchol, 2005; Juan Cabanilles & Martí, 2007-2008; García-Puchol et al., 2018), se han aplicado técnicas de análisis espacial para visualizar cómo las posibles perturbaciones pueden haber afectado la estratigrafía. Para ello resulta clave la reconstrucción tridimensional de las intervenciones realizadas por Lluís Pericot entre 1941 y 1945. El detalle del proceso de reconstrucción tridimensional se encuentra en el artículo anexo 1. En este caso el objetivo era obtener una aproximación visual a la

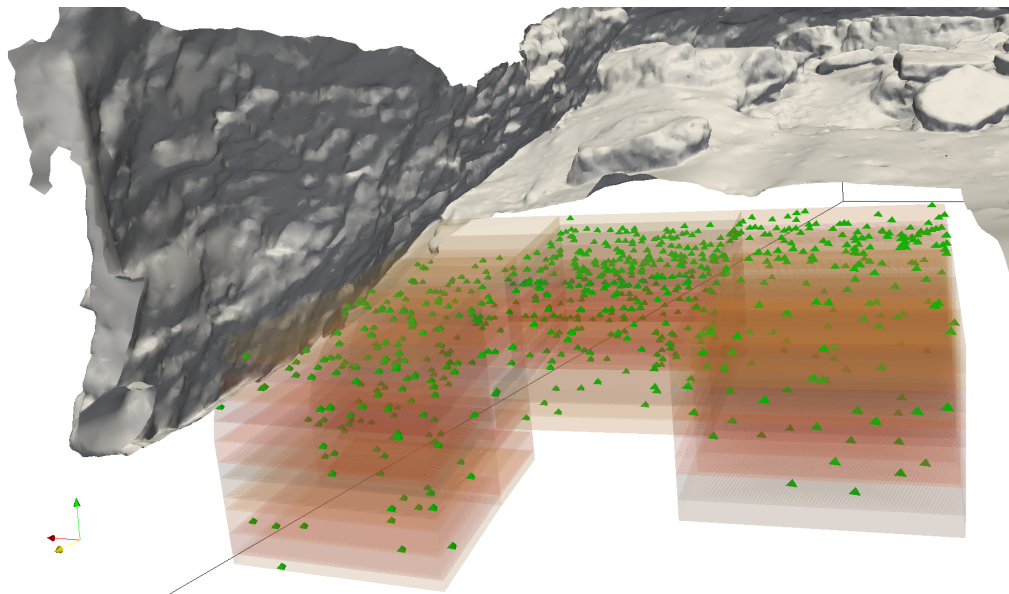


Fig. 2.5 Reconstrucción tridimensional de la distribución de 'iberus alonensis' en la excavación de Luís Pericot

Para una primera aproximación visual, se han utilizado las unidades estratigráficas creadas a partir de la reconstrucción de las excavaciones de Pericot, combinadas con el modelo tridimensional de la cueva actual. Después de recontar cada uno de los ítems arqueológicos en estudio (*m. tricarinata*, *i. alonensis*, fauna e industria lítica) por unidad estratigráfica, se ha creado, en cada unidad, y para cada ítem, el número de puntos resultante del recuento siguiendo una distribución aleatoria (Fig 2.5). Aunque este proceso no permite recuperar las coordenadas *xyz* de los hallazgos, sí permite obtener una aproximación visual de la densidad de material por unidad estratigráfica. El proceso completo se ha llevado a cabo en las excavaciones de los años 1941 y 1945 y ha permitido comprobar como, en efecto, las mayores densidades de material, sea este antrópico o no, parecen repetirse en las mismas unidades (Fig 2.6).

A partir de esta primera constatación visual, se ha decidido afrontar la problemática desde el punto de vista estadístico. Para ello, se ha confirmado en primer lugar el carácter no paramétrico de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Seguidamente, se ha aplicado la prueba de suma de rangos Wilcoxon, o U de Mann-Whitney (Wilcoxon, 1945; Mann & Whitney, 1947), sin necesidad de normalización de los datos, debido al carácter de rangos de la prueba. En todo caso, se ha decidido aplicar la prueba tanto en los valores originales como en los valores logarítmicos, con el objetivo de reducir el número de empates en la clasificación por rangos. El hecho de que los resultados fueran similares tanto en los valores originales como en los valores logarítmicos indica que el número de empates en la clasificación por rangos es insignificante. La prueba de rangos Wilcoxon es una alternativa a la prueba *t* de Student, para conjuntos con distribuciones no paramétricas. Está diseñada para entender si dos grupos específicos de muestras se han seleccionado a partir de poblaciones con distribuciones similares, donde las variables son independientes. La hipótesis nula (H_0) sostiene que la distribución de ambos grupos es idéntica. En otras palabras, y aplicado a nuestro contexto, con esta prueba se trata de

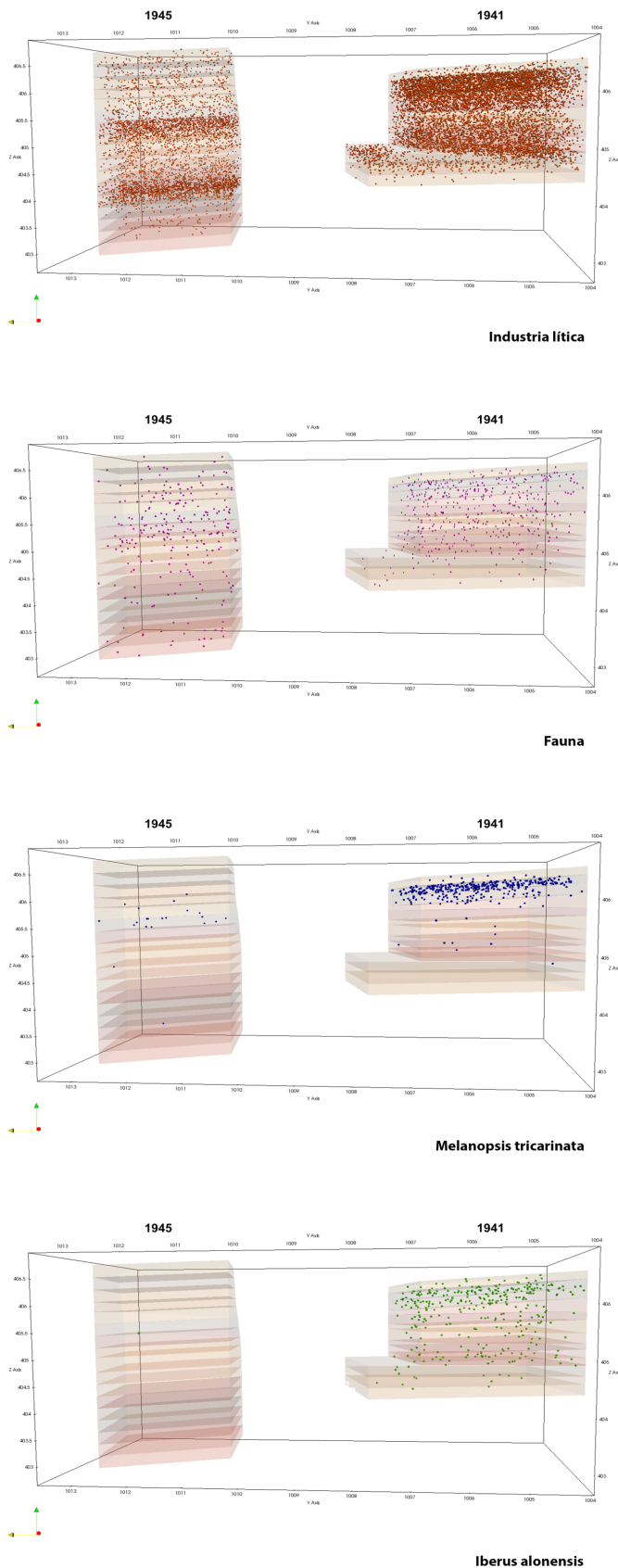


Fig. 2.6 Distribución de material en las campañas de 1941 y 1945 de Lluís Pericot

entender si la distribución de cada uno de los distintos ítems arqueológicos (*m. tricarinata*, *i. alonensis*, fauna e industria lítica) a través de las distintas capas es similar; es decir, si los picos de densidad entre uno y otro grupo concuerdan, lo cual soportaría la posibilidad de que las entradas de agua estuvieran distorsionando la secuencia arqueológica. En cuanto a la interpretación de resultados, el estadístico W es el numerador para la estimación de $P(A < B)$ —o bien $P(B < A)$, dependiendo del sesgo de la cola de la distribución—, lo cual viene a ser la probabilidad de que una de las observaciones sea más pequeña que la otra. Por lo tanto, W puede ser utilizado como estimador de probabilidad, donde los valores deben ser comparados a cuadros específicos dependientes del número de observaciones. Sin embargo, la prueba U de Mann-Whitney está diseñada para la comparación entre dos variables individualmente, pero no permite la comparación multivariable. Por este motivo también se ha aplicado la prueba de Kruskal-Wallis (Kruskal &

Wallis, 1952), una versión no paramétrica del análisis MANOVA, o ANOVA multivariado, que explora la covarianza general entre diferentes variables. La prueba de Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica diseñada para encontrar las diferencias en la tendencia central entre más de dos muestras con distribución no normal. H_0 es en este caso la posibilidad de que el conjunto de variables pertenezca a la misma distribución y es aceptada o rechazada de acuerdo con la convención estándar $p < 0.05$. El estadístico H se utiliza, en este caso, para el cálculo del resultado de la prueba, ya que p es la probabilidad de obtener un valor H al menos tan extremo como el observado, si H_0 es cierta.

En cuanto a los resultados de la aplicación de ambas técnicas, el análisis se ha dividido en las campañas de 1941 y 1945. Referente a los resultados de la prueba U de Mann-Whitney para la campaña de 1941 (ver tabla 2.1), vemos como H_0 es rechazada en todos los casos excepto en la comparación fauna ~ *i.alonensis* lo cual, por otro lado, tendría sentido dado que la existencia en la cueva de ambos ítems podría deberse a una mezcla de factores antrópicos y naturales. En todo caso, si seguimos estos resultados, deberíamos concluir que la *m. tricarinata* —por tanto, las entradas de agua— no habría tenido incidencia en la distribución de ningún otro de los materiales del registro arqueológico, indicando que los episodios de inundación de la cueva no habrían causado perturbaciones estratigráficas.

Ítems comparados	Estadístico W	p-valor
Lítica ~ Fauna	167	2.601e-05
Lítica ~ <i>M. tricarinata</i>	165.5	3.512e-05
Lítica ~ <i>I. alonensis</i>	167	2.568e-05
Fauna ~ <i>M. tricarinata</i>	139.5	0.005
Fauna ~ <i>I. alonensis</i>	116	0.111
<i>M. tricarinata</i> ~ <i>I. alonensis</i>	33.5	0.009

Tabla 2.1. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney en la campaña de 1941.

Al aplicar la misma comparación a la campaña de 1945 (tabla 2.2), debemos rechazar la hipótesis nula en todos los casos; es decir que ninguno de los objetos de la muestra se relacionaría ni entre sí, ni con las entradas de agua.

Ítems comparados	Estadístico W	p-valor
Lítica ~ Fauna	273	1.032e-05
Lítica ~ <i>M. tricarinata</i>	286.5	7.058e-05
Lítica ~ <i>I. alonensis</i>	289	1.61e-07
Fauna ~ <i>M. tricarinata</i>	269	1.241e-05
Fauna ~ <i>I. alonensis</i>	280	6.65e-07
<i>M. tricarinata</i> ~ <i>I. alonensis</i>	188.5	0.034

Tabla 2.2. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney en la campaña de 1945.

Sin embargo, hay otros elementos que podrían tenerse en consideración. En primer lugar, la observación tridimensional permite observar lo inusual del comportamiento de *i. alonensis* entre 1941 y 1945 (revisar fig. 2.6). De hecho, al confirmar con los datos, se recogieron 339 muestras de *i. alonensis* en la campaña de 1941, mientras que solo se encontró uno en la campaña de 1945, algo ciertamente anómalo. El resto de los ítems también presentan menores valores en la campaña de 1945. Es imposible saber el motivo de esta escasez de *i. alonensis*, pero tendría poco sentido arqueológico —teniendo en cuenta que hablamos de áreas cercanas y con una potencia estratigráfica y cronologías similares— pero podría intuirse como un posible sesgo en los resultados finales.

En segundo lugar, no se ha rechazado la hipótesis nula de similitud con *m. tricarinata* en prácticamente ningún caso. Al volver sobre la figura 2.6, este resultado cobra sentido. En efecto, la distribución de *m. tricarinata* no afecta a toda la secuencia, y si se incluyen los elementos, o capas, en los que *m. tricarinata* es inexistente, los rangos de la prueba se ven sesgados, dada la gran presencia de 0s en la clasificación por rangos. *M. tricarinata* se concentra especialmente en las capas 1-4 de la campaña de 1941 y las capas 3-6 de la campaña de 1945, siendo prácticamente inexistente en el resto de la secuencia. Al utilizar únicamente los resultados de las capas con presencia de *m. tricarinata*, la interpretación cambia significativamente (tabla 2.3). En este caso H_0 se rechaza únicamente en los pares lítica ~ fauna y lítica ~ *i. alonensis*, lo cual quiere decir que, para estas capas específicas, *m. tricarinata* tiene una distribución similar al resto de ítems arqueológicos apuntando a la posibilidad de que las entradas de agua hayan afectado al registro. En cualquier caso $n_{obs} = 4$ suele aceptarse como el umbral a partir del cual esta prueba deja de ser fiable. Siendo que nos encontramos al límite, los resultados no pueden tomarse como absolutamente concluyentes.

Ítems comparados	Estadístico W	p-valor
Lítica ~ Fauna	16	0.029
Lítica ~ <i>M. tricarinata</i>	15	0.057
Lítica ~ <i>I. alonensis</i>	16	0.029
Fauna ~ <i>M. tricarinata</i>	8	1
Fauna ~ <i>I. alonensis</i>	8	1
<i>M. tricarinata</i> ~ <i>I. alonensis</i>	6	0.686

Tabla 2.3. Resultados de la prueba U de Mann-Whitney en la campaña de 1941. Solo registro con presencia de *m. tricarinata*.

En el caso de las capas 3-6 de la campaña de 1945 (tabla 2.4), si bien es cierto que los valores son significativamente más altos que lo eran en la comparación de la secuencia completa, solo puede rechazarse H_0 al nivel de significación $\alpha = 0.01$, pero no al tradicional $\alpha = 0.05$.

En cuanto a los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, se decidió utilizar los datos filtrados de acuerdo con los resultados observados previamente. Es decir, se descartaron las capas que no tuvieran presencia de *m. tricarinata*. En el caso de la campaña de 1941,

los resultados de la prueba ($H = 7.83$, $df = 3$, $p = 0.05$) no permiten rechazar que todas las variables sigan el mismo tipo de distribución. Para 1945 se realizó el análisis sin *i. alonensis*, debido a los problemas mencionados anteriormente. Los resultados ($H = 9.88$, $df = 2$, $p = 0.007$) permitirían rechazar H_0 , la posibilidad de que las variables sigan el mismo tipo de distribución. De nuevo en este caso, el número de observaciones es pequeño y los resultados solo pueden tomarse como referencia.

Ítems comparados	Estadístico <i>W</i>	p-valor
<i>Lítica ~ Fauna</i>	16	0.029
<i>Lítica ~ M. tricarinata</i>	16	0.029
<i>Lítica ~ I. alonensis</i>	16	0.021
<i>Fauna ~ M. tricarinata</i>	16	0.029
<i>Fauna ~ I. alonensis</i>	16	0.02
<i>M. tricarinata ~ I. alonensis</i>	16	0.021

Tabla 2.4. Resultados de la prueba *U* de Mann-Whitney en la campaña de 1944. Solo registro con presencia de *m. tricarinata*.

De los resultados mostrados, aún atendiendo a los problemas comentados de la campaña de 1945 y al pequeño volumen de la muestra, parece desprenderse que sí existe la posibilidad de que *m. tricarinata* y, por tanto, los episodios de inundación de la cueva, hayan tenido una incidencia sobre la configuración del registro arqueológico en las capas afectadas. Metodológicamente, este trabajo ejemplifica el uso de técnicas estadísticas y de reconstrucción tridimensional para afrontar un cierto tipo de problemas tafonómicos, de capital relevancia en Arqueología, especialmente para el análisis de los momentos de transición como el que nos ocupa, el paso de las últimas sociedades de cazadores-recolectores a las primeras sociedades agrícolas.

2.2.2 Finishing up. The spread of retouch variability during the Neolithisation process in the Iberian Peninsula

Alfredo Cortell-Nicolau, Oreto García-Puchol, Salvador Pardo-Gordó, Agustín Díez-Castillo

Presentada en Barcelona entre el 6 y el 8 de Noviembre de 2019 en 1st Conference of the Early Neolithic of Europe

En este caso el enfoque metodológico se enmarca claramente en el prisma teórico de la Arqueología Evolutiva y se deriva de técnicas utilizadas para el estudio biológico. En concreto, se utilizan técnicas filogenéticas para la resolución de problemas arqueológicos, particularmente, para la inferencia del origen y expansión del retoque de doble bisel en la Península Ibérica. Como se ha comentado anteriormente, la expansión de este tipo de retoque —recordemos, retoque bifacial y oblicuo sobre los microlitos geométricos, reproducido normalmente en segmentos, pero que también puede darse en triángulos y

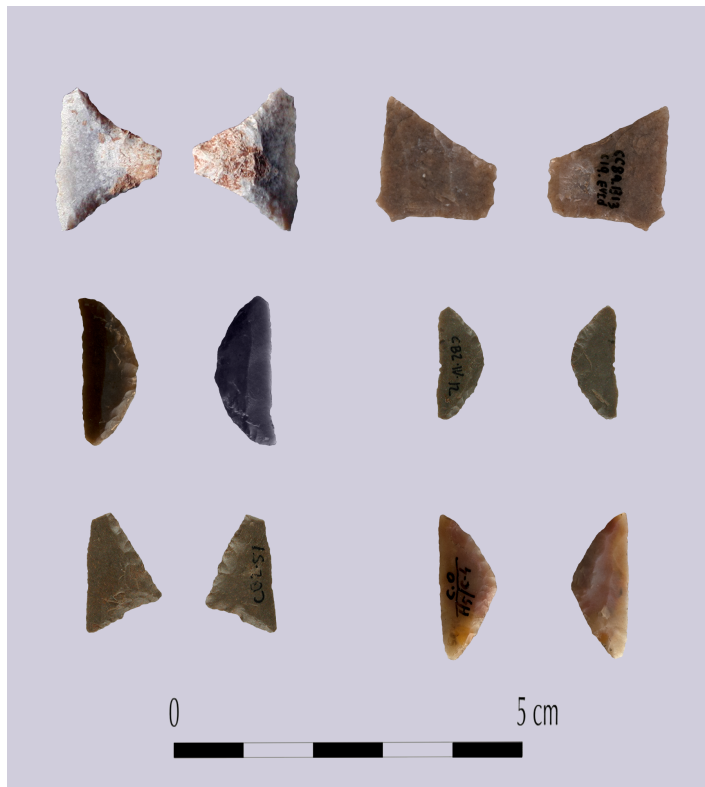


Fig. 2.7 Microlitos geométricos con retoque en doble bisel

trapezios— se enmarca en uno de los debates importantes en la discusión sobre la adopción de la agricultura por las últimas sociedades de caza-recolectores peninsulares. Mientras algunos investigadores sitúan su origen claramente en el Neolítico y lo vinculan como marcador cultural de la neolitización (Alday, 2018; Utrilla, 2002), otros investigadores, aún de acuerdo con la generalización del doble bisel durante el Neolítico, se muestran más cautos y no excluyen la posibilidad de

que las culturas mesolíticas previas ya estuvieran haciendo uso de este tipo de retoque (Juan Cabanilles & Martí, 2007-2008; 2017).

Desde nuestro punto de vista, lo que podríamos llamar como retoque de doble bisel *clásico*¹⁸ (Fig. 2.7) no aparecería, en efecto, hasta la adopción de la agricultura. Sin embargo, en el estudio pormenorizado del repertorio de geométricos suele ocurrir —por otra parte, como frecuentemente ocurre en Arqueología— que esta distinción se diluya y que, en primer lugar, existan muchos ejemplos de dobles biseles parciales y/o incompletos, de clasificación insegura y, en segundo lugar, que la variedad morfométrica exceda la común definición del tipo por un retoque característico. Por ejemplo, existen un cierto número de microlitos geométricos de cronologías mesolíticas en los que el retoque en doble bisel se extiende solo en parte (o solo en uno de los lados, complementado por retoque abrupto en el otro lado) por la extensión del retoque. Sería el caso del conocido como *tipo Costalena*, en el que a un trapecio con retoque abrupto directo en sus lados se le ha reducido la base menor con retoque inverso que puede ser abrupto u oblicuo. En este caso, tecnológicamente hablando, no parece que el tipo de construcción del trapecio haya sido el de rebajar los dos extremos de la lámina, dejando

¹⁸ Recordemos que entenderíamos por doble bisel *clásico* aquel en que el retoque oblicuo es bifacial durante toda su extensión y que ocupa por completo la zona usualmente dedicada al retoque en los microlitos geométricos; esto es, la zona del arco en los segmentos, así como la totalidad de los catetos en los triángulos o la totalidad de los lados en los trapecios, pudiendo incluir, o no, la base menor. En estos casos, el retoque en doble bisel viene acompañado de unas características morfométricas de la pieza que ayudan a caracterizar su atribución cultural más tardía, normalmente expresadas por una menor ratio anchura/longitud.

el filo natural en las bases mayor y menor, sino más bien, que se haya reducido el apéndice (o el extremo de la base menor, si se prefiere) mediante un retoque adicional. Este ejemplo se observa con claridad, además, en las colecciones de los yacimientos del interior de Castellón, como Cingle del Mas Nou donde se observa un retoque inverso en la base que en sus extremos se cruza con retoques directos oblicuos en principio que, a los extremos del geométrico se convierten en abruptos (en la práctica, un retoque alternante, contando la totalidad de la superficie retocada). En estos casos, el doble bisel estricto solo se daría en



Fig. 2.8 Triángulo con apéndice, con retoque en doble bisel (Pontet). Agradecemos a Lourdes Montes y Carlos Mazo habernos permitido estudiar personalmente la colección

una parte del geométrico (donde se entrecruzan los retoques directo e inverso), y no en todas las ocasiones. Morfométricamente son tipos muy interesantes porque la configuración de los extremos del geométrico es en todo similar a los triángulos tipo Cocina, pero el vértice parece haber sido rebajado con retoque inverso oblicuo. Estos tipos también se dan, no tan claros y en menor medida, en Cocina y Llatas.

Por otro lado, encontramos otros tipos infrecuentes donde el retoque en doble bisel se aplica sobre morfometrías que suelen ser poco convencionales. Es el caso de un triángulo con apéndice, similar al tipo Cocina, pero con retoque en doble bisel, que se encuentra en el nivel c superior del yacimiento de Pontet (Fig. 2.8). Además, si incluyéramos dentro de lo que se conoce como *doble bisel* a todos aquellos geométricos en los que el doble bisel solo ocupa una parte del propio geométrico, el repertorio se amplía, tanto en forma como en cronología (Fig. 2.9). Por tanto, desde nuestro punto de vista, si el objetivo es averiguar si el origen del doble bisel se encuentra en el Mesolítico o en el Neolítico, la pregunta no debe dirigirse tanto a los elementos donde el doble bisel está plenamente configurado —que sí corresponderían a cronologías neolíticas, con relativamente amplio consenso (Utrilla, 2002; Juan Cabanilles & Martí, 2008-2008; 2017; Alday, 2018)— sino, más bien, si la técnica empieza a utilizarse durante el Mesolítico o el Neolítico. Es decir, la importancia reside en cuándo se produce el salto cualitativo, en tanto que la expansión cuantitativa es irremediamente consecuencia del propio salto cualitativo. De todo esto se deriva que la pregunta fundamental sería ¿Podemos considerar aquellos retoques, frecuentes en cronologías mesolíticas, en los que el doble bisel no está completamente configurado, como paso previo a la expansión del retoque en doble bisel *clásico*? Por lo tanto ¿Está conectada la expansión del retoque en doble bisel *clásico* con los intentos previos de retoque oblicuo ya vistos? O, por el contrario ¿Son dos procesos

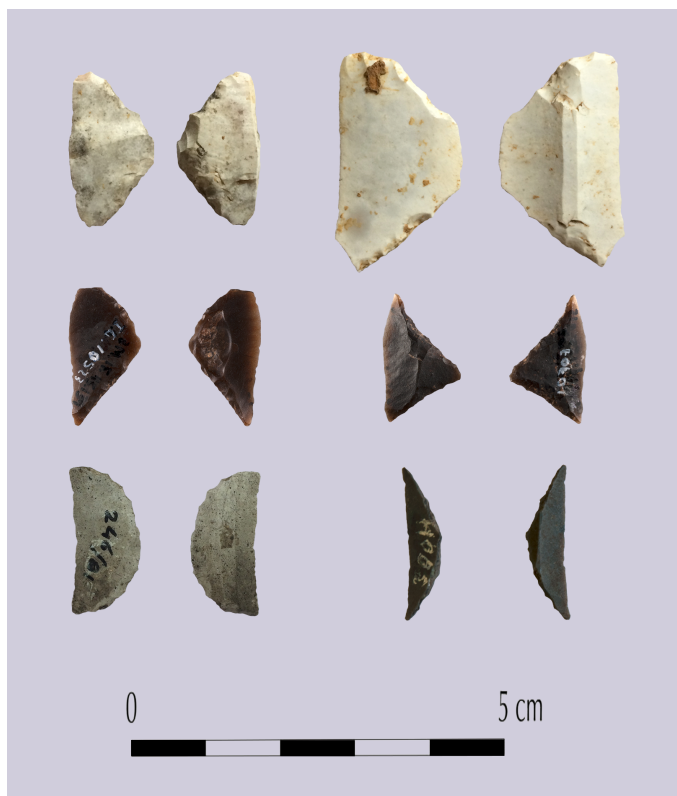


Fig. 2.9 Microlitos geométricos con retoques oblicuos y en doble bisel parciales

independientes, y el doble bisel *clásico* viene importado plenamente configurado por grupos neolitizados?

Para responder a estas preguntas se han tenido en cuenta varios factores, no solo el propio doble bisel, sino también, y principalmente, cómo afecta la morfometría a la filiación cultural de uno u otro tipo. El concepto de análisis se asienta sobre las discusiones previas acerca del estilo y la construcción tipológica. Estilísticamente hablando consideramos, por los motivos ya expuestos, que la morfometría de los microlitos geométricos es un

marcador cultural válido y puede utilizarse para la comprensión de las filiaciones, o atribuciones culturales de distintos grupos, pertenezcan a distintas economías, o no. Para afrontar la construcción tipológica debemos, primero, abordar el marco teórico-metodológico utilizado en este caso concreto.

2.2.2.1 Introducción al marco teórico-metodológico filogenético.

Atendiendo al formato de la tesis, no es posible una explicación exhaustiva del desarrollo de la filogenética aplicada a la Arqueología. Sin embargo, sí creemos necesarias unas notas para la comprensión del marco teórico-metodológico de este trabajo.

La aplicación de técnicas filogenéticas en Arqueología es solo relativamente reciente. Aunque se pueden encontrar algunos intentos a finales del siglo XX (Chapa, 1984), el impulso decidido a la utilización de este tipo de técnicas no viene dado hasta los trabajos de O'Brien y Lyman en 2002 y, principalmente, a partir de su libro *Cladistics and Archaeology* (2003) y trabajos sucesivos (O'Brien et al., 2010; 2014). En la Península Ibérica, deberíamos citar a Daniel García Rivero (2013; 2016; Pardo-Gordó et al., 2019) como referente en la utilización de este tipo de técnicas. El desarrollo de árboles filogenéticos para la comprensión de procesos de transmisión y filiación cultural ha sido utilizado en otros campos de las ciencias sociales, particularmente en la lingüística (Gray & Atkinson, 2003; Forster & Toth, 2003; Temkin & Eldredge, 2007; Gray et al., 2009;

Riede, 2009), y parte de la base de considerar el estilo como elemento de transmisión cultural, entroncándose directamente con la discusión reflejada previamente. Si la función de un objeto viene condicionada por su practicidad y relación con el medio desde un punto de vista ecológico, el estilo es un elemento de transmisión social, independientemente de su valor isocrástico, y puede reflejar las relaciones de los grupos que lo transmiten. Partiendo de esta base, la comprensión de las relaciones, agrupaciones y jerarquías de los distintos atributos estilísticos puede ayudar en la interpretación de los procesos culturales subyacentes. Arqueológicamente, este tipo de cuestiones han sido afrontadas con cierta frecuencia desde el punto de vista filogenético (O'Brien & Lyman, 2003; Buchanan & Collard, 2008; Coward et al., 2008; Jordan et al., 2009; Cochrane & Lipo, 2010;; Currie et al., 2010; O'Brien et al., 2010; García Rivero, 2013; O'Brien et al., 2013; 2014; Mendoza Straffon, 2019).

Tradicionalmente, más allá de los primeros enfoques de taxonomía linneana, existen dos posturas básicas para la aplicación de técnicas

filogenéticas en Arqueología, el enfoque desde un punto de vista fenético y el enfoque desde un punto de vista cladístico. La diferencia fundamental entre ambos enfoques reside en que, en el primer caso, se intenta hacer una selección de todos los rasgos que configuran un taxón, creando lo que se conoce como *unidades operacionales taxonómicas**¹⁹ (OTUs, por sus siglas en inglés) (ver Glosario) atendiendo únicamente a su apariencia fenotípica y sin considerar las posibles relaciones genealógicas entre unos y otros caracteres (Mishler & Theriot, 2000; Riede, 2009), mientras que, en el segundo

Glosario

Apomorfia. Estado de carácter derivado.

Autapomorfia. Apomorfia presente en un único grupo.

Árbol de consenso. Propuesta definitiva de árbol filogenético, a partir del análisis y recombinación de distintos árboles preliminares.

Carácter. Cada uno de los rasgos que configuran un taxón.

Carácter ancestral. Carácter heredado.

Carácter binario. Carácter que solo admite dos estados.

Carácter derivado. Carácter no heredado de un ancestro, desarrollado por el propio taxón.

Carácter multiestado. En oposición al carácter binario, que puede tener más de dos estados.

Clado. Conjunto de taxones con caracteres similares que contienen un antepasado común.

Estado de carácter. Expresión fenotípica de la posición, o grado, de un carácter.

Grupo monofilético. Ver *clado*.

Homoplasia. Carácter similar en distintas especies obtenido por convergencia evolutiva.

Plesiomorfia. Estado ancestral de un carácter.

Polaridad. Sentido de la evolución de un carácter.

Simplesiomorfia. Caracteres ancestrales de un mismo grupo, compartidos por el mismo grupo.

Sinapomorfia. Apomorfia presente en más de un grupo.

Unidad operacional taxonómica (OTU). Especies, desde el punto de vista fenético; es decir, construidas exclusivamente según su variedad fenotípica, sin atender a las posibles relaciones plesiomórficas y apomórficas.

¹⁹ Las palabras con asterisco están incluidas en el glosario

caso, el investigador debe tener en cuenta, no solo cuales son los rasgos que aportan más información, sino determinar también su polaridad* (Wiley et al., 1991; O'Brien & Lyman, 2003; Buchanan & Collard, 2008). Para comprender el concepto de polaridad, debe entenderse el funcionamiento cladístico en general. El razonamiento cladístico de base implica la creación de grupos monofiléticos*, o clados*, para los cuales se busca obtener información sobre sus relaciones genealógicas. Específicamente, para la configuración de dichos grupos se utilizan —y en esta parte el proceso es análogo desde el concepto cladístico y desde el fenético— lo que se conoce como caracteres*, o rasgos, y sus distintos estados, llamados estados de carácter*. En un sencillo ejemplo, supongamos un rasgo o carácter *pelo*. Si estuviéramos haciendo una clasificación entre peces y mamíferos, uno de los rasgos a considerar puede ser la existencia de pelo. En este caso, y utilizando un código binario*, por convención, a la inexistencia de pelo podría asignársele un 0 y la existencia de pelo un 1. Aplicado a la cuestión que nos ocupa, podríamos considerar el carácter *retoque*, y asignar a un lado sin retocar el valor 0 y al lado retocado el valor 1. De este modo, el estado de carácter considerado podría ser 0 o 1. Ahora bien, la realidad ecológica (y arqueológica) nunca suele ser tan sencilla, y para enfrentarse a ella pueden utilizarse los conocidos como caracteres multiestado* (Thiele, 1993; Forey & Kitching, 2000). Consideremos de nuevo el carácter *pelo*. Supongamos que queremos distinguir entre distintos tipos de felino, donde la capa puede ser lisa, rayada o moteada. Una de las opciones es jerarquizar los caracteres siguiendo el sistema binario explicado previamente. Otra opción sería crear un carácter multiestado, donde 'lisa' tenga un valor (0), 'rayada' otro (1) y 'moteada' otro (2). En nuestro caso, consideremos de nuevo el carácter *retoque*. En casos en los que el retoque se dé por descontado (como el arco de un segmento que, por definición, debe estar retocado) podríamos atribuir, por ejemplo, el valor 0 al retoque abrupto, el valor 1 al retoque oblicuo y el valor 2 al retoque plano. La valoración de los caracteres y los estados de carácter se utiliza para la configuración de los taxones, expresados en una matriz, como se verá posteriormente.

Ahora bien, retomando el concepto de polaridad, esta se construye, y esta es una de las diferencias fundamentales con la fenética, a partir del conocimiento de las relaciones genealógicas de los distintos taxones. Dichas relaciones pueden ser plesiomórficas* o apomórficas*, o lo que es lo mismo, el carácter puede ser ancestral* o derivado*, respectivamente. En otras palabras, cualquier rasgo de un determinado taxón puede ser ancestral (heredado del taxón anterior), lo que se consideraría una plesiomorfia* —simplesiomorfia* cuando se comparte por un grupo— o derivado (desarrollado por el propio taxón, o el taxón focal del grupo, o clado), también llamado apomorfia* —*autopomorfia cuando está presente en un único grupo y sinapomorfia* cuando el carácter está presente en más de un grupo—. La polaridad, por su parte es el establecimiento, o conocimiento, de la línea de evolución del rasgo de un taxón, es decir, si este mismo rasgo es ancestral (plesiomórfico) o derivado (apomórfico) (Wiley et al.,

1991). Como puede verse, esta es una distinción fundamental con la fenética, en tanto que aquella no tiene en cuenta las relaciones en la configuración de taxones, sino únicamente su expresión fenotípica (O'Brien & Lyman, 2003; Buchanan & Collard, 2008). Dentro de estas comparaciones entre carácter ancestral y derivado, es fundamental el concepto de *outgroup** como elemento de comparación, que sería, en la medida de lo posible, el grupo taxonómico más próximo al grupo en estudio, sin pertenecer a este mismo grupo (Wiley et al., 1991; Kitching et al., 1998; O'Brien et al., 2002; Gray & Atkinson, 2003; O'Brien & Lyman, 2003; Williams & Ebach, 2006; Gray et al., 2009; García Rivero, 2013).

Alguna de las críticas a la cladística incluye la reducción de variaciones complejas a escalas categóricas, la asunción de la división por ramas de la evolución cultural, la poca atención prestada a los aspectos alométricos o el no tener en cuenta los factores ambientales (Shott, 2015). Desde el punto de vista fenético, se critica la importancia que tiene la función del cladista en el resultado final (Scotland, 2000). Sin embargo, el punto de vista fenético también tiene sus propios problemas, como por ejemplo el hecho de que, al no crear relaciones en la evolución de caracteres, presenta especial dificultad en la detección de evolución convergente u homoplasias* (Brower, 2000; Buchanan & Collard, 2008)²⁰, como por ejemplo, el desarrollo de aletas en una ballena o un tiburón o de alas en un pájaro o un murciélago que, como sabemos, son evoluciones similares en la práctica, pero distintas en sentido evolutivo, donde no hay relaciones genealógicas entre las especies mencionadas.

Metodológicamente, también existen otras diferencias entre un enfoque y el otro, donde la cladística se basa en la construcción de árboles de consenso* en distintas modalidades, a partir de varias propuestas (ver O'Brien & Lyman, 2003: cap. 6) y, sobre todo, en el principio de parsimonia aplicado para la selección del árbol filogenético más probable. El principio de parsimonia se basa en la presuposición ergonómica de que el camino evolutivo más probable será el camino más corto, o el que menos cambios en el árbol filogenético necesita (Kitching et al., 1998; Huelsenbeck et al., 2001; Bivort et al., 2012). Por lo tanto, sitúa como árbol más probable aquel que haya necesitado menos pasos en su desarrollo, dentro de los árboles de consenso. Además, la cladística también ha desarrollado herramientas específicas, como el índice de consistencia (CI, por sus siglas en inglés), que intenta medir la cantidad de homoplasia de un grupo o el índice de retención (RI, por sus siglas en inglés), que intenta corregir la disminución de CI provocada sistémicamente por el aumento de taxones (O'Brien & Lyman, 2003). Hoy en día, la cladística parece haber ganado cierto terreno en su aplicación en Arqueología con respecto a la fenética (Buchanan & Collard, 2008), probablemente debido al hecho de que la detección de homoplasias es fundamental para la comprensión de procesos de

²⁰ Scotland (2000), por ejemplo, rechaza directamente la existencia de homoplasias. Según él, un ala de pájaro es distinta de un ala de murciélago, y no puede ser otra cosa que un ala de pájaro

transmisión cultural, y a ella se han dedicado un cierto número de trabajos (Jordan & Shennan, 2009; Currie et al., 2010; Crema et al., 2014; Pardo-Gordó et al., 2019).

Por otro lado, las últimas tendencias apuntan a un nuevo enfoque en la metodología de la construcción de árboles filogenéticos. Estamos hablando de la filogenética bayesiana (Huelsenbeck et al., 2001; Fortunato et al., 2006; Coward et al., 2008; Gray et al., 2009; Jordan et al., 2009; Pyron, 2011; Bivort et al., 2012; Cybis et al., 2015; Gjesfjeld et al., 2016; Gjesfjeld & Jordan, 2019), que es el enfoque utilizado en el presente trabajo. Si bien es cierto que el desarrollo de árboles filogenéticos bayesianos no es completamente nuevo —ya Felsenstein le dedica un capítulo en su icónico, *Inferring phylogenies* de 2004 (cap. 18)—, también lo es que han conocido un creciente desarrollo en su aplicación arqueológica (Coward et al., 2008; Gjesfjeld & Jordan, 2019), probablemente debido al auge de la utilización de la estadística bayesiana, favorecido por el creciente poder computacional (Albert, 2009). El objetivo de una u otra técnica es el mismo (la construcción de un hipotético árbol filogenético que refleje en cierta medida las relaciones culturales entre distintos grupos), pero el proceso teórico-metodológico entre unos u otros enfoques es sustancialmente distinto. La filogenética bayesiana se basa, como su propio nombre indica, en la aplicación de técnicas de inferencia bayesiana para la construcción de la hipótesis final. Esto tiene sus ventajas y desventajas. Por un lado, elimina tanto la necesidad de creación de *outgroups*, como la necesidad de establecimiento de polaridades basada en las relaciones genealógicas de los taxones. Por el otro, se ha criticado que, como cualquier enfoque bayesiano, la filogenética bayesiana demanda un conocimiento previo (*a priori*) de las condiciones de transmisión cultural, y ese conocimiento también está sujeto a la interpretación del investigador (Brower, 2000). Esta crítica, sin embargo, es extensible a prácticamente cualquier enfoque filogenético, ya que en todos ellos la definición de taxones y condicionantes (algo menos en la fenética, como hemos visto) es realizada por el filogenetista. Por tanto, cualquier árbol resultante solo puede ser aceptado como una hipótesis, a confrontar con el resto de información experta. La filogenética bayesiana, además, no hace uso del análisis de parsimonia ni del árbol de consenso, ya que el árbol más probable se construye a través de las distribuciones más probables con determinados índices de confianza, siguiendo el esquema de inferencia bayesiana. De este modo elimina la asunción de que el árbol más simple es el más probable, la cual no siempre coincide con la realidad —menos aún cuando hablamos de procesos de transmisión cultural—, ni es necesariamente una metodología más efectiva respecto de la inferencia basada en la máxima verosimilitud, de corte bayesiano (Wright & Hillis, 2014; O'Reilly et al., 2016).

En sus líneas más básicas, la filogenética bayesiana se basa en la utilización de distintos modelos evolutivos (Cuadro 2.1), que pueden ayudar a configurar las relaciones entre los taxones. Se parte de la distribución *a priori* de los distintos rasgos y parámetros que configuran cada uno de esos modelos, así como del establecimiento del conocido como

El uso de filogenias bayesianas permite la utilización de modelos evolutivos matemáticos y la proposición de un árbol filogenético dentro del marco-teórico metodológico bayesiano. Es decir, partiendo de una información *a priori*, se propone la probabilidad *a posteriori* de un determinado árbol filogenético, producido a partir de técnicas iterativas, como las cadenas de Markov.

Existe una variedad de modelos propuesta por la investigación, cada uno con sus propios condicionantes y objetivos, como, entre otros, el modelo JC69, HKY, TN93 o GTR, pero, igual que estos cuatro modelos mencionados, no todos ellos son aplicables a los procesos de evolución cultural, en tanto que muchos están contruidos para las cadenas moleculares y pensados para un formato de datos constituido por los cuatro nucleótidos que forman los codones del gen dentro del ADN (adenina, citosina, guanina y timidina, representados por las letras A, C, G y T, respectivamente).

Uno de los modelos más utilizados para los procesos de transmisión cultural (y el que se usa en el presente trabajo) es el modelo MK de Lewis (Lewis, 2001), una versión generalizada del modelo JC69. Dicho modelo está diseñado para la estimación de las relaciones filogenéticas a partir de información fenotípica, o morfológica, y podría resumirse en las siguientes características: (1) Asume la no determinación de ningún carácter como ancestral o derivado (lo cual iría en contra de los principios de la cladística); (2) permite a los caracteres cambiar su estado hacia adelante y atrás sin restricciones; (3) el cambio en el estado de carácter puede ocurrir en cualquier momento; (4) el peso de cada cambio es similar, sin favorecer ninguna moda evolutiva.

Dentro del marco bayesiano deben considerarse los elementos *a priori* para los procesos que generan el árbol filogenético. También aquí existe una gran variedad. En general, consisten en la configuración de una serie de condicionantes que van a determinar el proceso genealógico que lleva a la construcción del árbol. En este sentido, algunos de los más conocidos son los procesos de Nacimiento-Muerte, según los cuales cualquier taxón puede aparecer o extinguirse en cualquier punto de la configuración del árbol filogenético, o los que exponen condicionantes demográficos, como un crecimiento de población constante o exponencial, y que no serán tenidos en cuenta en este caso, por no introducir información demográfica.

Para este trabajo se han valorado dos posibles procesos. Por un lado, el proceso de Yule, que consiste en comenzar el árbol con un linaje, que se bifurca al cabo de un tiempo, en un proceso que se repite hasta completar el árbol. Esto genera un árbol similar al tradicional árbol bifurcado. Por el otro, también se han valorado los procesos coalescentes, que consisten en la creación del árbol invirtiendo su línea temporal; es decir, comenzando la creación del árbol desde el momento más reciente y construyendo sus relaciones filogenéticas de manera inversa. La poca consistencia arqueológica y estadística desarrollada por este tipo de árboles en este caso, nos ha hecho inclinarnos por la utilización del proceso de Yule.

Cuadro 2.1. Modelos evolutivos en la filogenética bayesiana

reloj molecular, que marca los tiempos de evolución (o el número de cambios de cada estado de carácter en una determinada unidad de tiempo). Establecidas las distribuciones de las características *a priori* del modelo, se desarrolla una cadena de Markov que, con la extensión suficiente (en este trabajo se ha utilizado una media de 10.000.000 de iteraciones), converge hacia puntos similares para un mismo conjunto de información *a priori*. Respecto a la valoración del reloj molecular, es conveniente la utilización de

fechas de observación de cambio de un taxón²¹. En este sentido, podría decirse que condiciona el resultado en un modo similar a la estratocladística, que utiliza la información cronológica proporcionada por las propias excavaciones para establecer las polaridades. O'Brien y Lyman (2003) desaconsejan el uso de estratocladística en su estudio sobre las puntas Clovis, atendiendo a la dificultad que implica frecuentemente su correcta ubicación en el registro arqueológico. Desde nuestro punto de vista, esta posición significa desechar una información que, a priori, puede ser muy valiosa. Es cierto que, como veremos, la inseguridad del registro (en nuestro caso, si las dataciones obtenidas pueden ser asociadas efectivamente a un taxón u otro) puede afectar decisivamente al resultado final (en nuestro caso, como veremos, nos hemos visto obligados a eliminar una parte sustancial de la muestra), pero como en muchas otras aplicaciones, la carencia de registro no debería invalidar el método, sino simplemente espolear el trabajo para mejorar, bien el registro mismo, o bien el método, de forma que dicha carencia se mitigue. La Arqueología misma, en este sentido, es experta en suplir la falta de buen registro con mejores y más innovadores métodos de inferencia.

Otra de las ventajas que ofrece la aplicación de árboles filogenéticos bayesianos es que permite afrontar cuestiones muy distintas, y no siempre reducidas a la creación del árbol y su interpretación. Mediante la utilización de la filogenética bayesiana y, en concreto, de las técnicas filogeográficas, como las aquí empleadas, se pueden plantear cuestiones como la estimación de la evolución demográfica, de acuerdo con datos genealógicos, la comprensión de los patrones de evolución en mosaico, o lo que es lo mismo en este contexto, de los diferentes ritmos de evolución de cada uno de los rasgos (Pyron, 2011) o la reconstrucción de estados ancestrales (Pagel et al., 2004; Bivort et al., 2012), en nuestro caso, el doble bisel.

2.2.2.2 Filogenética y tipología. Las clases paradigmáticas y la construcción de taxones.

En cualquier caso, un problema capital que afecta a todas las aproximaciones filogenéticas es la construcción inicial de los taxones, y es un trabajo en el cual el marco teórico-metodológico importado de la Biología ya no puede ayudar. Dado que hoy en día la filogenética en Biología se aplica primordialmente sobre cadenas moleculares, la configuración fenotípica del taxón ha quedado relegada a un segundo lugar en la discusión teórica de esta disciplina científica. Atrás quedan los grandes trabajos de definición taxonómica y de carácter de Thiele (1993), Wiley & Mayden (2000), Forey & Kitching (2000), Wiens (2001) o Reid & Sidwell (2002). La Arqueología se encuentra prácticamente sola en este apartado, y una de las herramientas que parece haber desarrollado con más eficiencia es la creación de las clases paradigmáticas. Aunque las clases paradigmáticas ya fueron definidas en lo básico por Dunnell en 1971, conocen su expansión a partir de los trabajos de O'Brien y Lyman, el primero en 2002, pero

²¹ Generalmente se utiliza el momento más antiguo en que dicho taxón ha sido observado, pero depende del modelo y de su construcción, por ejemplo, si este es coalescente o no lo es

popularizados a partir de su ya mencionado trabajo de 2003. Desde entonces se han utilizado para afrontar la construcción tipológica —taxonómica, si se quiere— en una multitud de enfoques dentro del prisma teórico evolutivo, no solo filogenético (Cochrane, 2001; O'Brien et al., 2010; 2014; García Rivero, 2013; Edinborough et al., 2015).

Básicamente, se fundamentan en la creación de taxones *ad hoc*, dependiendo del material en estudio. Rechazan las clasificaciones tipológicas convencionales aduciendo la falta de acuerdo en la definición del tipo, donde no siempre los mismos rasgos son considerados, lo que lleva a la confusión sobre la configuración del propio tipo y a una excesiva regionalización que complica la comprensión del registro. De este modo se construyen a partir de una definición clara de los caracteres (y sus estados) que van a ser objeto de estudio. Para la selección de caracteres, se buscan aquellos que sean independientes y que contengan el máximo posible de información (esto es, que contengan la mayor variabilidad geográfica y cronológica). En general, las clases paradigmáticas exhiben las siguientes características: (1) todos los caracteres formulados son igualmente importantes para formular las clases, (2) rechazan cualquier ambigüedad en términos de su estructura interna, ya que sus caracteres son mutuamente exclusivos, (3) los taxones son comparables entre sí, ya que se han utilizado los mismos caracteres para su definición y (4) son infinitamente expansibles (O'Brien et al., 2016).

Con estas premisas, se selecciona el estado de cada uno de los caracteres que define cada pieza observada y, a partir de ahí, se establece un código que distingue a dicha pieza/taxón. Al observar más artefactos, el código que los define puede repetirse (con lo cual estaríamos ante el mismo taxón) o no, en cuyo caso, estaríamos hablando de un taxón aún no observado. Por ejemplo, supongamos que tenemos una exigua colección de un triángulo tipo Cocina y un segmento en doble bisel. Si los caracteres seleccionados fueran *forma*, con estados 'triangular' (0) y 'segmentoide' (1), *vértice*, con estados 'apéndice' (0), 'recto' (1) y convexo (2) y *retoque*, con estados 'abrupto' (0) y 'doble bisel' (1), entonces los estados de carácter del tipo Cocina se definirían por 'triangular' (0), 'apéndice' (0) y 'abrupto' (0), con lo cual la codificación del triángulo tipo Cocina respondería a 000, mientras que los estados del segmento en doble bisel serían 'segmentoide' (1), 'convexo' (2) y 'doble bisel' (1), codificándose como 121.

Este es el método que viene utilizándose tradicionalmente desde el prisma evolutivo cuando existen reservas sobre la idoneidad del uso de las tipologías clásicas. Es el que se utiliza también en el presente trabajo porque permite una preselección y una definición clara de los rasgos de interés, con respecto a las tipologías clásicas, y porque compartimos las dudas con respecto a la aplicación arqueológica de las tipologías clásicas, más allá de su valor como elementos de interlocución entre arqueólogos. Ahora bien ¿Es el método mejorable? ¿Aporta una mejora sustancial con respecto a la definición tipológica tradicional? A estas preguntas no podríamos responder con seguridad. Después de todo, el concepto, aunque aporte alguna de las ventajas mencionadas más arriba, no deja de ser el mismo que el de la configuración de las tipologías clásicas, por mucho que se le intente

dotar de una epistemología más sofisticada. Es cierto que la definición de los rasgos en la construcción de clases paradigmáticas deja menos margen a la interpretación, pero también es cierto que la compartimentación sigue existiendo y no estamos seguros de que el hecho de *no elegir* —recordemos que los tipos surgen de la recombinación de los estados de carácter— sea positivo con respecto a la interpretación arqueológica. Creemos que, de los existentes, es el método más adecuado para un enfoque filogenético, pero albergamos reservas de que ofrezca muchas más ventajas que las clasificaciones más sofisticadas (por ejemplo, las de corte laplaciano), teniendo en cuenta que es un método que, aunque favorece la reproducibilidad (el método de selección está claramente expresado), reduce la intercomunicación científica y no soluciona el problema de regionalización frecuentemente atribuido a las tipologías clásicas (las clases paradigmáticas son creadas *ad hoc*, con la dificultad que ello comporta para la combinación de estudios distintos). Por ello, utilizaremos el método aquí por las razones expuestas, pero creemos que requiere una reflexión más amplia. Esta es una de las líneas que deja abierta la presente tesis doctoral y que se afrontará en el futuro.

2.2.2.3 Aplicación al caso de estudio.

Hemos creído necesaria una introducción a los conceptos más básicos del enfoque filogenético —somera necesariamente, dado el formato de la tesis doctoral— para comprender el trabajo realizado que se está presentando. Aclarados estos conceptos, y centrándonos específicamente en el tema que nos ocupa, la investigación ha consistido en la adaptación a los condicionantes establecidos por la transmisión cultural de un enfoque desarrollado para la búsqueda del origen y expansión del virus H5N1, desarrollado por Lemey y colegas (2009), utilizando el programa informático BEAST 2.5 (Bouckaert et al., 2018). En particular, se han desarrollado distintos árboles, atendiendo a distintas propuestas de clasificación. Para ello, se ha utilizado un modelo MK para el proceso evolutivo (Lewis, 2001), cuyo carácter específico ya ha sido definido en el cuadro 1²². En cuanto al reloj molecular, se ha optado por un reloj estricto con una tasa de $5e-3$ cambios/año, atendiendo a los pobres resultados de convergencia de los relojes relajados²³. Por último, la información *a priori* se ha construido de acuerdo con el proceso de Yule, como también mencionado en el cuadro 1.

Se ha incluido el estudio bibliográfico de los microlitos geométricos (Utrilla et al., 2009; Alday, 2018) de los yacimientos de Mendandía (Alday & Adán, 2005; Alday, 2007), Aizpea (Cava et al., 2007), Atxoste (Soto, 2014), Peña Larga (Fernández Eraso, 1997), Chaves (Cava, 2000; Baldellou, 2011), Forcas II (Utrilla & Mazo, 2014), Balma Margineda (Oms et al., 2016), La Draga (Bosch et al., 2011), Plansallosa (Bosch et al.,

²² Aunque este modelo violaría la Ley de Dollo, que establece que un estado desaparecido no puede volver a aparecer en la misma línea evolutiva, debe tenerse en cuenta que dicha ley se desarrolla para el ámbito biológico y que, en contextos culturales (no lingüísticos), la desaparición y reaparición de distintos rasgos se da con cierta frecuencia

²³ El reloj estricto asume una tasa de cambio fija, mientras que los relojes relajados intentan adaptarse a los cambios de la información *a priori* establecida en cuanto a cronologías y taxones

1998; Gibaja & Palomo, 2004), Les Guixeres (Oms, 2014), Costalena (Barandiarán & Cava, 1989) y Plano del Pulido (Utrilla & Bea, 2012), a lo que se ha sumado el estudio presencial de los microlitos geométricos de Sant Pau del Camp, Reina Amàlia, Pontet, Botiquería dels Moros, Abrigo del Ángel 2, Cingle del Mas Nou, Cova Fosca, Costamar, Can Ballester, Cueva de la Cocina, El Barranquet, Mas d'Is, Penya Roja de Catamarruch, Benàmer, Abric de la Falguera y Cova de les Cendres, para un total 3.044 geométricos observados directamente (de los cuales solo una pequeña fracción presenta retoque en doble bisel, total o parcial). La obtención de las medidas morfométricas de los geométricos observados directamente se ha extraído de forma automática, utilizando el sistema Geomeasure (Cortell-Nicolau, 2019), Artículo anexo 4), desarrollado en el lenguaje de programación R (R Core Team, 2017), y que será compilado en un paquete R en los próximos meses. La utilización de dicho paquete permite en este punto la extracción automática de 260 medidas de cada geométrico —más que las obtenidas durante la redacción del artículo adjunto—, las cuales incluyen las medidas perimetrales y angulares estándar, pero también capturan la morfometría del geométrico, en cuanto a concavidad/convexidad de lados, forma de vértice, etc., ofreciéndolas, al contrario que las técnicas de Morfometría Geométrica (Rohlf & Archie, 1984; Corti, 1993; Rohlf & Marcus, 1993; Claude, 2008; Buchanan & Collard, 2010; Adams et al., 2013; Buchanan et al., 2014; Silva-Gago et al., 2019) en valores univariados, que pueden además discretizarse y, por lo tanto, son aptos para la configuración de estados de carácter dentro de un marco metodológico filogenético. Además, Geomeasure incluye distintas medidas de fiabilidad para el caso de geométricos fracturados.

	<i>Triangular</i>		<i>Trapezoidal</i>		<i>Segmentoide</i>	
<i>Vértice</i>	0		1		2	
	<i>Largo</i>		<i>Corto</i>		<i>Cuadrado</i>	
<i>Longitud</i>	0		1		2	
	<i>Simétrico</i>			<i>No simétrico</i>		
<i>Simetría</i>	0			1		
	<i>Cóncavos</i>		<i>Rectos</i>		<i>Convexos</i>	
<i>Lados</i>	0		1		2	
	<i>Db</i>	<i>Db (un lado)</i>	<i>Oblicuo</i>	<i>O. alternante</i>	<i>Abrupto</i>	
<i>Retoque</i>	0	1	2	3	4	

Tabla 2.5. Caracteres y estados de carácter utilizados para la configuración de taxones

Ya que la cuestión planteada se refiere al punto y cronología de origen del retoque en doble bisel, se ha dividido el espacio de estudio en seis zonas básicas: Alto Ebro, Pirineos,

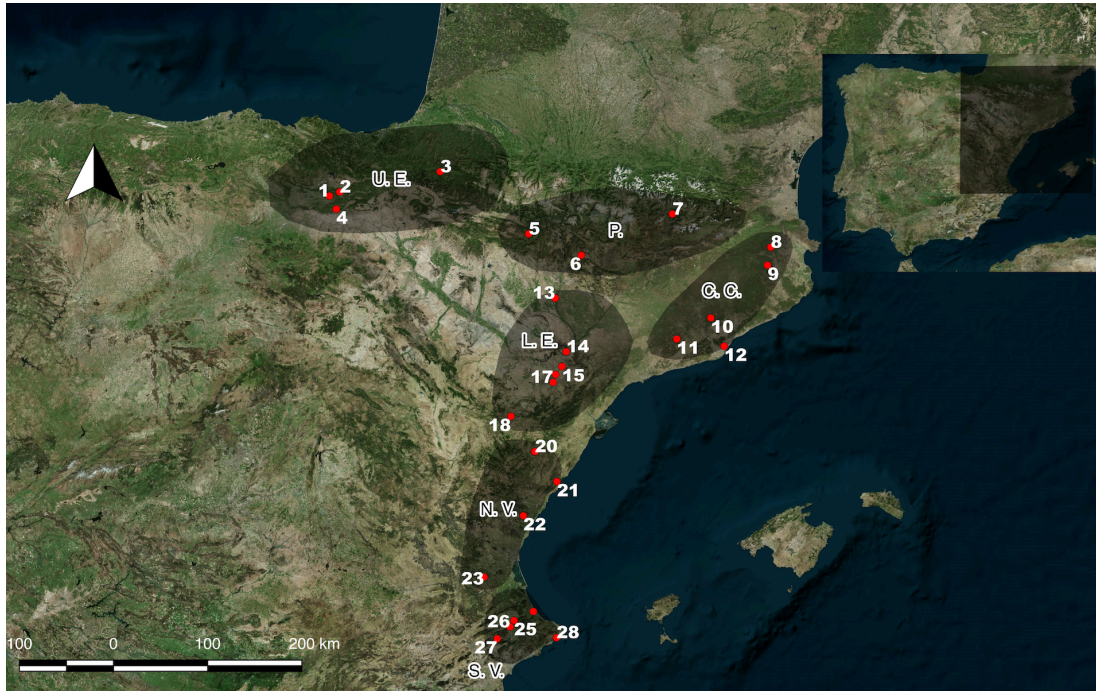


Fig. 2.10 División por posibles áreas de origen para el retoque en doble bisel. Los yacimientos son: 1. Mendandia, 2. Atxoste, 3. Aizpea, 4. Peña Larga, 5. Chaves, 6. Forcas II, 7. Balma Margineda, 8. Plansallora, 9. La Draga, 10. Cova del Frare, 11. Guixeres, 12. Caserna de Sant Pau, 13. Plano del Pulido, 14. Valmayor XI, 15. Pontet, 16. Costalena, 17. Botiqueria dels Moros, 18. Abrigo del Angel 2, 19. Cingle del Mas Nou, 20. Cova Fosca, 21. Costamar, 22. Can Ballester, 23. Cueva de la Cocina, 24. El Barranquet, 25. Cova de l'Or, 26. Benàmer, 27. Abric de la Falguera, 28. Cova de les Cendres

Litoral catalán, Bajo Ebro, Norte del País Valenciano y Sur del País Valenciano (Fig. 2.10). Los microlitos geométricos de cada una de estas zonas se han clasificado conjuntamente y no se ha tenido en cuenta el volumen de material de los distintos yacimientos por las distorsiones que esto podía provocar, dada la gran disparidad entre unos yacimientos y otros, y teniendo en cuenta que la estimación demográfica no era objetivo del presente estudio. Por lo tanto, el modo de construcción se ha centrado en la creación de taxones a partir de la configuración de estados de carácter de todos los geométricos estudiados. Se han utilizado cinco caracteres, con un total de 16 posibles estados de carácter (ver tabla 2.5) para un total de 52 taxones. Posteriormente, para la atribución de unos taxones a una zona de origen u otra (recordemos que las zonas predefinidas se han tratado conjuntamente), se ha escogido la datación más antigua de dicho taxón. Es decir, si un taxón se reproduce, por ejemplo, en el Litoral catalán y en el Bajo Ebro, tan solo se introduciría en la configuración del árbol filogenético el taxón en una ocasión, ligándolo a la zona geográfica donde la datación sea más antigua.

Como puede deducirse, esto supone un problema adicional para la configuración de la información *a priori*, atendiendo al hecho de que, en muchos casos, las dataciones no son todo lo fiables que se desearía por unos u otros motivos. Para intentar solucionar ese problema se han construido cuatro árboles de acuerdo con distintos grados de aceptación de las dataciones radiocarbónicas. Los hemos llamado Mesolítico tolerante (haciendo referencia al criterio de aceptación de las dataciones radiocarbónicas), Mesolítico

tolerante/estricto, Mesolítico estricto y Neolítico (Tabla 2.6). En el primer caso se han aceptado todas las dataciones que los investigadores hayan considerado más antiguas, sin atender a posibles problemas de atribución. En el segundo caso, más polémico, tan solo se han aceptado aquellas basadas en nuestro criterio. En el tercer caso, solo se han aceptado dataciones que no presenten controversia alguna y estén aceptadas por toda la comunidad arqueológica. Por último, se presenta un caso en que solo las dataciones aceptadas como neolíticas han sido consideradas.

Árbol 1 (T1)	Árbol 2 (T2)	Árbol 3 (T3)	Árbol 4 (T4)
<i>Mesolítico tolerante.</i> Todas las dataciones radiocarbónicas han sido aceptadas	<i>Mesolítico tolerante/estricto.</i> Dataciones aceptadas de acuerdo el criterio del investigador. Subjetividad	<i>Mesolítico estricto.</i> Solo dataciones aceptadas sin discusión por la comunidad arqueológica son aceptadas	<i>Neolítico.</i> Solo dataciones neolíticas son aceptadas.

Tabla 6. Criterio para la configuración de distintas propuestas filogenéticas, de acuerdo con la fiabilidad de las dataciones radiocarbónicas

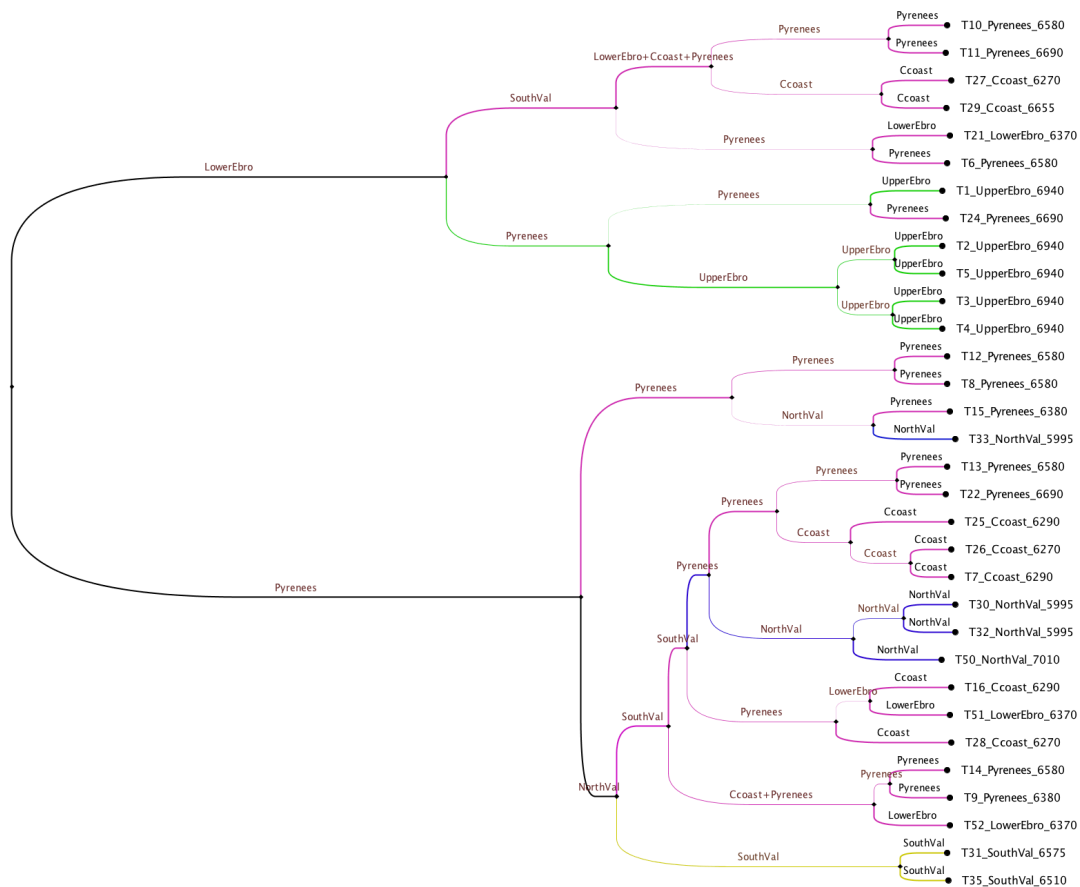


Fig. 2.11 Árbol filogenético 3 (T3), bajo el criterio, 'Mesolítico estricto'

Partiendo de esta base, el apoyo de las probabilidades *a posteriori* de los árboles desarrollados como Mesolítico tolerante y Mesolítico tolerante/estricto ha sido demasiado bajo. Por tanto, tan solo se mostrarán los árboles T3 y T4, desarrollados bajo los criterios Mesolítico estricto y Neolítico. En el primer caso (Fig. 2.11. T3) vemos como predominan claramente los grupos de los Pirineos y Noreste, mientras que los grupos del Alto Ebro parecen derivarse del Pirineo, pero formando un clado en sí mismos. Los grupos valencianos tienden a agruparse, pero muestran poca presencia, algo lógico si tenemos en cuenta que, en este filtro, las fechas (y por tanto los tipos) de los yacimientos de Castellón (Cingle del Mas Nou, Cova Fosca), con frecuencia antiguas, no han sido consideradas. Además, se observan altos niveles de transmisión horizontal, atendiendo a la configuración de los clados, lo que podría indicar un alto nivel de intercomunicación y transferencia entre unos y otros grupos en sentido geográfico.



Fig. 2.11 Árbol filogenético 3 (T3), bajo el criterio, 'Mesolítico estricto'

En el segundo caso (Fig 2.12. T4) la configuración parece algo más nítida, con los tipos del Alto Ebro prácticamente desaparecidos (esto indicaría que no son los lugares en los que primero se da el taxón), probablemente subsumidos en los anteriores tipos pirenaicos, y con un clado formado prácticamente por los tipos pirenaicos, con inclusiones del Litoral catalán y del Bajo Ebro, ambas zonas contiguas. En cuanto al desarrollo de los clados a

partir del Bajo Ebro, vemos dos situaciones diferenciadas, una de interconexiones del Bajo Ebro con el Litoral catalán y alguna inclusión pirenaica y otro a partir del cual se forman los conjuntos valencianos. Es interesante el hecho de que el conjunto del Sur valenciano forme un clado con algunos tipos del Litoral catalán. Todas estas situaciones son perfectamente plausibles arqueológicamente.

En cuanto al origen del retoque en doble bisel, la tabla 2.7 refleja las posibilidades para cada una de las zonas consideradas, con los cuatro posibles grados de aceptación de dataciones radiocarbónicas. En general, no podríamos tomar los resultados como concluyentes, ya que cualquier posibilidad carece de un apoyo claro, pero en los dos árboles con mayores valores posteriores (T3 y T4) la zona de Pirineos parece presentar unas probabilidades algo más altas que el resto. En los árboles T1 y T2 la zona del Norte del País Valenciano y del Alto Ebro parecen gozar de algo más de apoyo. Más allá de nuestra opinión personal donde, a partir de la observación material, la zona del Norte del País Valenciano parece tener algo que decir en este tema, debido a la gran cantidad de elementos potencialmente intermedios que presenta, lo cierto es que con la información actual no utilizaríamos los árboles uno y dos, debido a su alto grado de incertidumbre. Los bajos valores posteriores que presentan los árboles desarrollados a partir del criterio tolerante y tolerante/estricto probablemente se deban a las confusiones generadas por el registro radiocarbónico, donde se observan tipos similares en regiones alejadas, con dataciones frecuentemente poco consistentes. Aún así, tampoco los árboles aceptados muestran un gran apoyo en sus valores posteriores. Por lo tanto, creemos que lo complejo de este problema hace que requiera una reflexión más profunda acerca de cómo se genera y se trata la información disponible.

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
<i>Alto Ebro</i>	0.14	0.18	0.16	-
<i>Pirineos</i>	0.18	0.17	0.18	0.27
<i>Litoral catalán</i>	0.15	0.15	0.17	0.19
<i>Bajo Ebro</i>	0.18	0.15	0.16	0.19
<i>Norte P. V.</i>	0.22	0.16	0.16	0.16
<i>Sur P. V.</i>	0.12	0.17	0.15	0.18

Tabla 2.7. Probabilidades del origen geográfico del retoque en doble bisel para las distintas zonas, de acuerdo con las distintas propuestas de árboles filogenéticos

Una de las posibilidades es no tratar el doble bisel como elemento singular, y buscar su desarrollo dentro de un complejo taxonómico más amplio, con más valor de los aspectos morfométricos, y algo menos de la variabilidad del retoque. Esto permitiría ampliar la muestra —y por tanto posiblemente la coherencia de las dataciones— sin necesidad de técnicas inferenciales adicionales. Otra posibilidad podría ser utilizar los mismos conceptos de la estadística bayesiana para inferir y cuantificar los lapsos entre unos y

otros taxones, o la importación de algunos métodos inferenciales de la ciencia de datos como, por ejemplo, la especificación condicional (FCS por sus siglas en inglés) (Van Buuren et al., 2006) o la imputación multivariada por ecuaciones encadenadas (MICE por sus siglas en inglés) (Van Buuren & Groothuis-Oudshoorn, 2011), especialmente desarrollados para inferir vacíos de datos. Sin embargo, este último enfoque tiene su riesgo, ya que, si el sesgo en nuestros datos es fuerte, al introducir técnicas de inferencia podemos estar reproduciendo el mismo sesgo, obteniendo un efecto contraproducente, donde el resultado estaría demasiado mediatizado por las técnicas de inferencia utilizadas cuando, además, uno de los principales problemas en Arqueología es, precisamente, cuantificar el sesgo de los datos disponibles.

Con los resultados obtenidos se ha desarrollado una propuesta de expansión geográfica (Fig. 2.13) de acuerdo con los resultados del T4, por ser el que presenta mayores valores posteriores. Es cierto que este árbol solo contempla los yacimientos neolíticos, con lo que sería innecesario decir que esto lastra, obviamente, la cuestión de inicio, al no incluir en esta propuesta las muestras mesolíticas. Sin embargo, permite observar una hipótesis del proceso de expansión, que no es completamente incoherente con el registro arqueológico. Con la información disponible en este momento, parece ser el Pirineo *sensu lato* el lugar más probable para la expansión del doble bisel, con un punto de concentración en el extremo noreste peninsular e interesantes contactos entre el litoral catalán y el Sur valenciano, que no pueden sino recordarnos a las propuestas de expansión marítima o el ya mencionado *leapfrog* (Arnaud, 1982; Zilhão, 1993; Guilaine, 2013; Perrin et al., 2018). Este resultado, de confirmarse con posteriores estudios, apoyaría la posibilidad de un origen neolítico del doble bisel, en particular de un origen que podría tener relación con contactos ultrapirenaicos, pero debe tenerse en cuenta que otras posibilidades no han podido ser consideradas por los problemas expuestos. En esta cuestión, sería de gran ayuda, aunque excede el marco geográfico de la presente tesis doctoral, la inclusión de los tipos franceses en el mismo sistema metodológico, en tanto que esto permitiría analizar sus relaciones con el Norte peninsular y valorar si, efectivamente, existen elementos para aceptar transferencias o no, más allá de los problemas observados en los datos.

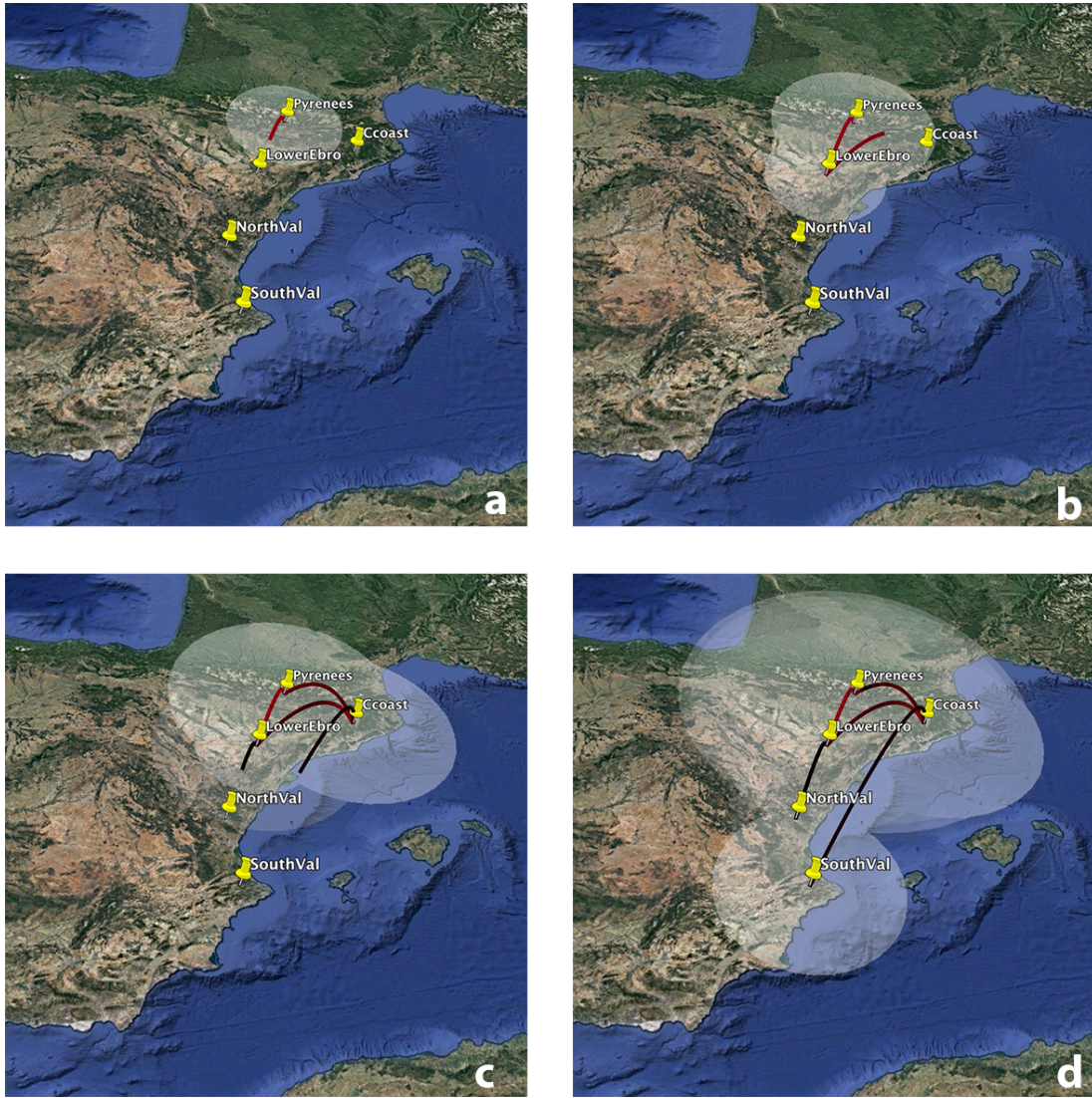


Fig. 2.13 Propuesta hipotética para la expansión del retoque en doble bisel

CAPÍTULO 3.

RESULTADOS Y

DISCUSIÓN

El objetivo central de la presente tesis doctoral ha sido desarrollar propuestas metodológicas que intenten arrojar luz sobre distintas cuestiones arqueológicas, centrándose, por un lado, en los problemas tafonómicos que condicionan el modo en que los arqueólogos percibimos la información que debemos interpretar y, por el otro, en cómo utilizar indicadores arqueológicos, o proxis, de forma que contribuyan a maximizar la información en clave de interpretación sociocultural. El marco cronológico se enmarca en las últimas fases de desarrollo del Mesolítico y el momento de aparición y expansión de la agricultura y la ganadería; geográficamente, se ha centrado en el cuadrante nororiental de la Península Ibérica. En particular, y con respecto al tratamiento de cuestiones estratigráficas y problemas tafonómicos, se ha considerado como caso de estudio el sitio de Cueva de la Cocina, un yacimiento clave para la comprensión del proceso de neolitización y que constituye un ejemplo idóneo para el análisis de los procesos post-deposicionales que afectan a sus depósitos estratigráficos, como bien ha sido señalado en la literatura arqueológica (Forkea, 1971; Juan Cabanilles & Martí, 2002; García-Puchol, 2005; Juan Cabanilles & Martí, 2007-2008; García-Puchol et al., 2018). A propósito del análisis del registro arqueológico el foco se ha dirigido a la industria lítica en general, con especial énfasis en los microlitos geométricos. El objetivo reside en

recabar información que nos ayude en el análisis, no solo de los procesos de transmisión cultural, sino también de otros aspectos clave relacionados con las actividades económicas y los patrones de movilidad de estos grupos sociales.

3.1 CUEVA DE LA COCINA Y LA INTERPRETACIÓN TAFONÓMICA

La importancia de Cueva de la Cocina para el análisis del proceso de neolitización en el Este de la Península Ibérica es indiscutible. Se trata del yacimiento sobre el que se construyeron las primeras secuencias evolutivas de los últimos caza-recolectores del Holoceno y la transición a la agricultura (Fortea, 1973), y que destaca por la inusual riqueza del registro arqueológico recuperado. Con un total de 2.131 microlitos geométricos (revisados por nosotros) y más de 100.000 piezas líticas, este yacimiento ofrece, con diferencia, el mayor conjunto arqueológico a propósito de estas cronologías en la Península Ibérica.

La presencia de cerámica en las capas superiores del yacimiento, sin aparente solución de continuidad con las capas acerámicas, planteó la posibilidad de que Cocina ejemplificara la aculturación de los grupos de cazadores ya descritas en el Modelo Dual (Bernabeu et al. 1993). La supuesta fase de contacto, conocida como fase C, generó un discurso arqueológico que tenía sentido, no solo para los yacimientos interiores del País Valenciano, como Llatas (Jordá & Alcácer, 1949), sino también para los del Bajo Aragón, caso de Botiquería (Barandiarán, 1978) o Costalena (Barandiarán & Cava, 1989)²⁴. Como se ha podido ver en el primer capítulo, el posible momento de transición y los contactos entre los grupos caza-recolectores y los productores centró buena parte de la discusión arqueológica del último cuarto del siglo XX, y continúa vigente hoy en día. En este contexto, y dadas las referencias a los problemas estratigráficos que podrían haber afectado a la secuencia del yacimiento (Fortea, 1971; Fumanal, 1978), se ha llevado a cabo un estudio en profundidad de su secuencia y de las dinámicas post-deposicionales en el marco de los proyectos HAR2012-33111 ‘Mesococina: Los últimos caza-recolectores y el paradigma de la neolitización en el mediterráneo peninsular’ y HAR2015-68962 EVOLPAST: Dinámicas evolutivas y patrones de variabilidad cultural de los últimos caza-recolectores y el primer neolítico en el este peninsular (circa 7000-4500 cal BC), aspectos desarrollados en la presente tesis doctoral.

Uno de los problemas que afectan a la secuencia de Cocina deriva de la antigüedad de las excavaciones y por consiguiente del método empleado en los primeros trabajos de campo, dirigidos por Lluís Pericot (1941-1945). Dichos trabajos constituyen el grueso de la secuencia excavada en la cavidad. Sirva como ejemplo que, de los 2.131 geométricos estudiados, 2099, el 98.5%, fueron recuperados en estas primeras intervenciones. Aún lejos de los avances que permitirían el registro tridimensional de los hallazgos, primero

²⁴ La inexistencia de yacimientos del Mesolítico Geométrico en Catalunya (Vaquero y García-Argüelles, 2009) imposibilita obviamente, en el estado actual de la investigación, hablar de fase de contacto en la zona

mediante la aplicación del método Laplace-Méroc (1954), que ya emplearía Fortea en sus campañas de los 70 y 80, y posteriormente digitales, los materiales de estas campañas se asignaban a los sectores y capas excavadas. Siguiendo la metodología de la época, estas capas alcanzaban espesores entre los 15 y los 25 cm. Pericot registró de forma más o menos detallada el progreso de las excavaciones en sus diarios, así como algunas medidas sobre la dimensión de las áreas y la profundidad de las capas anotadas según avanzaba la excavación. Estos datos han permitido la realización de una reconstrucción tridimensional de los trabajos llevados a cabo en la cueva hasta la fecha. Utilizando esta herramienta ha sido posible obtener una mejor aproximación visual con el fin de situar los sondeos de Pericot con respecto a las excavaciones de Fortea, llevar a cabo los cálculos de la densidad de materiales, y planificar las nuevas intervenciones en la cavidad a cargo de Oreto García-Puchol, Sarah McClure y Joaquim Juan Cabanilles. Además, el desarrollo de esta metodología ha permitido la documentación espacial de las excavaciones recientes, de modo que se puede limitar la pérdida de información que conlleva cualquier excavación. Todo esto puede observarse en el artículo anexo 1 (Diez et al., 2017).

Este trabajo tridimensional ha sido el punto de partida para los análisis estadísticos desarrollados en el capítulo anterior (2.2.1) y en el artículo anexo 2 (Pardo-Gordó et al., 2018). En ambos se lleva a cabo una aproximación a los procesos post-deposicionales que pueden haber afectado a la conformación de los depósitos arqueológicos de la cueva. Partiendo de la observación tridimensional de la distribución de material y la comparación entre distintos indicadores arqueológicos, ha sido posible elaborar un plan estadístico para abordar los problemas planteados. En el primer caso el objeto básico de comparación se ha centrado en las aportaciones antrópicas (industria lítica y, en parte, fauna e *Iberus alonensis*) frente a las aportaciones naturales, debidas a los episodios de inundación en la cueva (indicados por la presencia de *Melanopsis tricarinata*). En el segundo, el foco del análisis se concentra en la distribución de la cerámica a través de la secuencia y su relación con el resto de materiales con el objetivo de dilucidar el grado de integridad estratigráfica de la excavación realizada por Fortea. En ambos casos, el resultado apunta hacia una cierta importancia de los procesos post-deposicionales en la configuración actual del registro arqueológico y por tanto permite reevaluar la interpretación de la fase de transición en el yacimiento. La aportación es importante, dado que algunos de los conjuntos sobre los que se construiría el mencionado discurso sobre la fase de contacto adolecen de problemas e incongruencias que deben ser analizados de manera crítica²⁵.

La reconstrucción tridimensional ha sido fundamental en el diseño de la investigación de los trabajos mencionados, más allá de los resultados ofrecidos, que solo muestran una pequeña parte. Debido a la versatilidad que proporcionan el análisis visual desde distintos ángulos y las herramientas de análisis estadístico tridimensional (R; Meshlab; Paraview),

²⁵ En este sentido, sería interesante mencionar los debates a raíz de la estratigrafía y fechas de Forcas II (Martí & Juan Cabanilles, 1997; Barandiarán & Cava, 2000; Alday, 2003; Bernabeu, 2006; Utrilla & Mazo, 2014), de La Revilla del Campo y La Lámpara (Bernabeu, 2006; Rojo et al., 2006; 2008; Zilhão, 2011; 2014) o de Alday (2011) y Zilhão (2011) a propósito de Mendandía, solo por citar algunos ejemplos

estas técnicas han sido utilizadas por nuestro equipo como punto de partida para distintas cuestiones. Por ejemplo, las técnicas desarrolladas durante la presente tesis doctoral están siendo usadas actualmente para el análisis estratigráfico de la distribución de distintos materiales de la cueva, como la industria lítica, la cerámica, las plaquetas decoradas o la malacofauna. En este sentido, la aplicación de técnicas de análisis tridimensional ayuda en el diseño de investigación y puede combinarse con otras técnicas estadísticas, que favorezcan la comprensión de la cuestión en estudio. Asimismo, se están utilizando para analizar la profundidad y equivalencias, de acuerdo con la distribución de material, de las unidades estratigráficas excavadas por Lluís Pericot y Javier Fortea, comparadas con las unidades estratigráficas de las excavaciones recientes. La aplicación de técnicas tridimensionales permite una aproximación visual y estadística a la profundidad de eventos de interés en distintas zonas de la cueva. A su vez, la reconstrucción virtual permite analizar las correlaciones de dichos eventos, la naturaleza del proceso que da lugar a su formación (si es de origen antrópico, natural o mixto, por ejemplo) y, en definitiva, comprender mejor las dinámicas de formación del registro. Además, la metodología de campo desarrollada en el artículo anexo 1 se ha convertido en herramienta indispensable del trabajo de campo llevado a cabo por nuestro equipo (no solo en Cueva de la Cocina) y su aplicación está siendo valorada, completa o en parte, por otros grupos de investigación internacionales como, por ejemplo, en el caso del yacimiento de Roquemissou (Aveyron, Francia). El detalle del trabajo de campo tridimensional está siendo complementado con otras innovaciones en el sector. Aplicadas a las excavaciones actuales, el control de las coordenadas del material recuperado permite distintos enfoques como la creación de kernels de distribución, la recreación de las distintas unidades estratigráficas de la excavación (García-Puchol et al., 2018) o el análisis estratigráfico tridimensional, que permite el estudio de la evolución estratigráfica en puntos específicos de cada cuadro, o sondeo.

Por todo ello, creemos que la aplicación de técnicas tridimensionales puede ayudar en un análisis estratigráfico crítico. Para el caso de Cueva de la Cocina, este análisis tiene un interés arqueológico doble. Por un lado, supone incidir en la consideración estratigráfica, no solo de los procesos de aculturación contemplados por el Modelo Dual y utilizados ampliamente para la explicación de las dinámicas evolutivas del País Valenciano y del Bajo Ebro (Bernabeu et al., 1993; Bernabeu, 1996; Martí & Juan Cabanilles, 1997; Juan Cabanilles & Martí, 2002; Utrilla, 2002; García-Puchol, 2005; Bernabeu, 2006; Juan Cabanilles & Martí, 2007-2008; Bernabeu & Martí, 2012; Juan Cabanilles & García-Puchol, 2013; Bernabeu & Martí, 2012, 2014; Utrilla & Mazo, 2014), sino también de aquellos en los que se reduce el peso démico y se considera a los grupos mesolíticos como los elementos neolitizadores, a través de las posiciones teóricas de los modelos de disponibilidad y de islas filtro, vistos anteriormente (Vicent, 1997; Barandiarán & Cava, 2000; Alday, 2003; 2009). Por otro lado, ha permitido el desarrollo de una serie de herramientas que pueden ser utilizadas para el análisis de estos procesos en otros

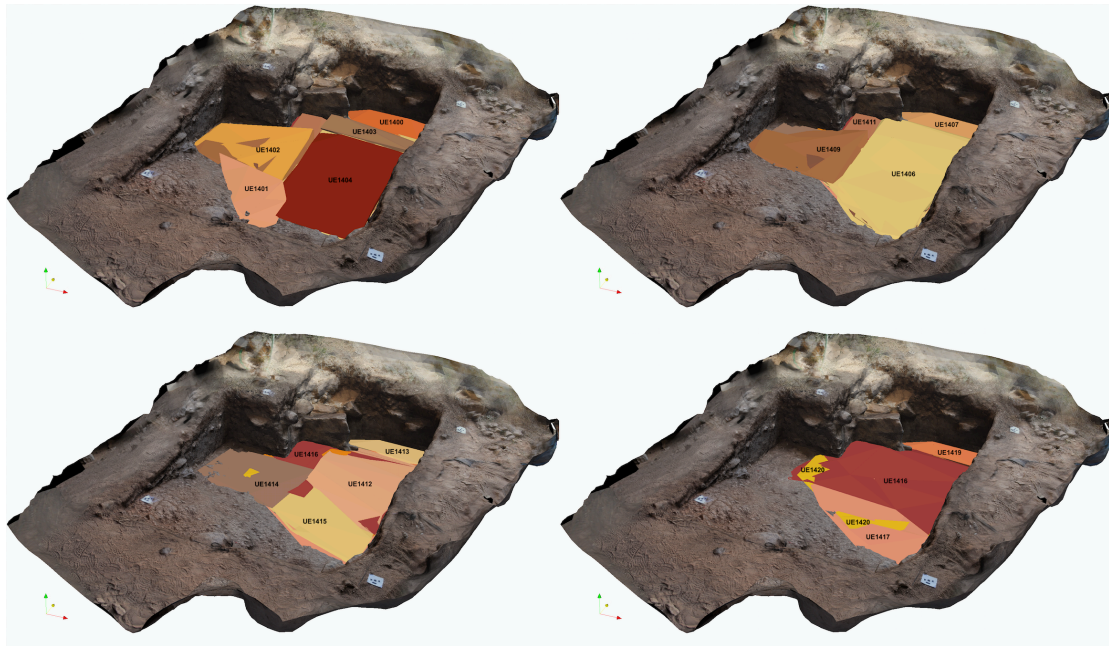


Fig. 3.1 Imagen tridimensional del sondeo de las excavaciones de Cocina (2018), con la inclusión de la recreación digital de las unidades estratigráficas, de acuerdo con el proceso de excavación

yacimientos con problemas similares, ayudando así a corroborar y/o clarificar la interpretación de los mismos. Un análisis crítico de los datos a disposición de la investigación sería, desde nuestro punto de vista, un paso clave para la elaboración de hipótesis y consensos.

3.2 LOS MICROLITOS GEOMÉTRICOS Y LA INTERPRETACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSMISIÓN CULTURAL

Otro de los aspectos desarrollados en el trabajo presentado ha consistido en la aplicación de nuevas herramientas para el análisis del material arqueológico (microlitos geométricos) con el objetivo de explorar sus posibilidades a la hora de estudiar, entre otros aspectos, los procesos de transmisión cultural y la interpretación social que se deriva. En este sentido, en el artículo anexo 3 (Cortell-Nicolau et al., 2019) hemos compaginado dos propuestas metodológicas (Clark & Barton, 2017; Cascalheira & Bicho, 2018) focalizadas en la interpretación del registro lítico en clave de movilidad. Comparado con las propuestas originales, el trabajo realizado se ha centrado en el componente microlaminar, particularmente en los microlitos geométricos, en tanto que su uso fundamental como armas de caza puede ser clave a la hora de identificar distintas funcionalidades entre los yacimientos. De este modo, se trata de llevar a cabo una aproximación a aspectos socioeconómicos.

En el artículo anexo 4 (Cortell-Nicolau, 2019) se propone un sistema automático de recogida de datos que permita minimizar el tiempo de interacción con la pieza durante el proceso de documentación, así como maximizar la información morfométrica extraída de la misma, algo que debería agilizar uno de los pasos que más tiempo consumen en la

investigación arqueológica: el de la observación directa de material. Además, la propia construcción del sistema permite reevaluaciones de las piezas estudiadas y aplicaciones de futuras mejoras del mismo sin la necesidad de una nueva observación directa del artefacto. En el capítulo anterior (2.2.2) se abordaba la utilización de técnicas filogenéticas para la reconstrucción de procesos de transmisión y filiación cultural, en concreto para la detección de la naturaleza arqueológica del retoque en doble bisel; un rasgo específico y especialmente controvertido en las discusiones sobre el proceso de neolitización de la Península Ibérica.

Por último, hemos adjuntado, como anexo 2, un último artículo que se encuentra en revisión en el momento de redacción de la presente tesis doctoral. Hemos decidido incluir dicho artículo, en tanto que creemos que captura varios de los aspectos desarrollados en la presente tesis doctoral. El documento se centra en el análisis de los microlitos geométricos de Cueva de la Cocina y Cova de l'Or. Para ello utiliza la aplicación Geomeasure y la compara con aplicaciones de Morfometría Geométrica, notando las diferencias y potencial de ambas, y señalando los puntos en los que pueden complementarse. La información obtenida se usa para analizar distintas cuestiones arqueológicas en clave de transmisión y evolución cultural, así como para el análisis de los contextos arqueológicos a los que afecta. Mediante la utilización de las técnicas mencionadas podemos enfocar el estudio de la variabilidad cultural a través de la evolución morfométrica de los ítems en estudio. Además, dicha variabilidad puede ser utilizada mediante distintos procesos estadísticos, tal y como muestra el artículo, para afrontar distintas cuestiones, desde problemas tafonómicos hasta filiaciones culturales de los microlitos geométricos; dos de los aspectos centrales de la presente tesis doctoral.

En general, en los trabajos mencionados se analizan los microlitos geométricos desde un punto de vista que trascienda su puro análisis tipológico y formal explorando distintas posibilidades de uso para la resolución de cuestiones arqueológicas. De este modo, se sugieren nuevas propuestas metodológicas que puedan ayudar a responder preguntas desde distintos enfoques. El desarrollo de técnicas desarrolladas en otras disciplinas puede suponer un campo de pruebas para la configuración de nuevas herramientas arqueológicas. Por citar algunos ejemplos, Lycett utiliza técnicas importadas de la Genética Cuantitativa para afrontar cuestiones tan diversas como las relaciones entre materia prima y alometría (Lycett & von Cramon-Taubadel, 2015) o la ontogenia y senescencia de los artefactos líticos (Lycett, 2016). Mesoudi y O'Brien, por su parte, combinan técnicas de la Psicología Cognitiva con modelos computacionales basados en agentes (ABM por sus siglas en inglés) para entender mejor los procesos de transmisión cultural en las puntas Clovis (Mesoudi & O'Brien, 2008a; 2008b). Este tipo de modelos (ABM) han sido, además, utilizados para estudiar, por ejemplo, los parámetros que definen el acceso a las fuentes de aprovisionamiento de materia prima por Barton y Riel-Salvatore (2014) o para estudiar el proceso de expansión neolítica en el Mediterráneo Occidental (Pardo-Gordó, 2015).

Ya se han comentado anteriormente las posibilidades que ofrecen las técnicas filogenéticas, si consideramos las características morfométricas y de retoque de los microlitos geométricos como elementos estilísticos de transmisión cultural. En este sentido, se ha elaborado un análisis preliminar a partir de los microlitos geométricos de Cova de l'Or y Cueva de la Cocina. En este caso se ha utilizado el mencionado sistema Geomeasure, desarrollado para la presente tesis doctoral (artículo anexo 4, Cortell-

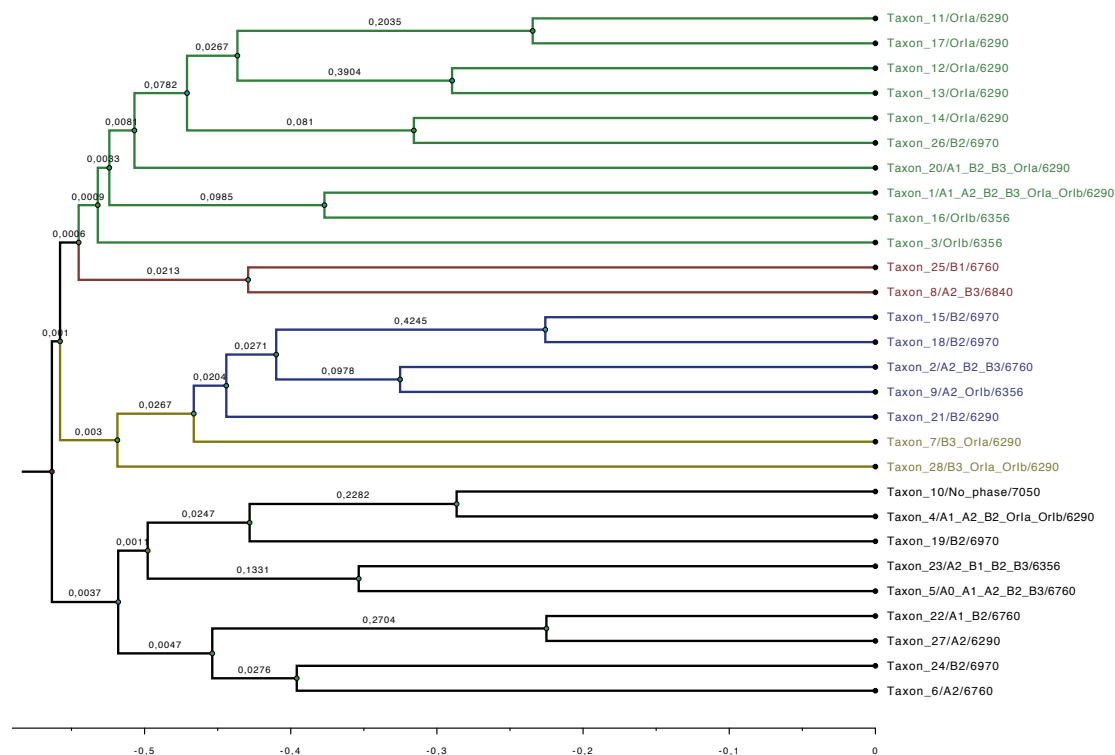


Fig. 3.2. Propuesta preliminar de relaciones filogenéticas entre los microlitos geométricos de Cueva de la Cocina y Cova de l'Or. Tras el número del taxón se indica la fase arqueológica en que está presente

Nicolau, 2019) para la recogida de datos morfométricos. En cuanto al enfoque filogenético, hemos utilizado, como en el anterior capítulo, árboles bayesianos. De nuevo mediante el sistema de clasificación de clases paradigmáticas (capítulo anterior), podemos ver la configuración de los 23 posibles estados de carácter y 27 taxones en las tablas 3.1. y 3.2. A falta de un estudio más exhaustivo, la coherencia arqueológica mostrada por los resultados muestra la potencialidad del método (Fig. 3.2).

Como vemos, los geométricos de Cova de l'Or tienden a formar grupos monofiléticos, al igual que los de Cocina (representados por las letras A y B, en referencia a las fases), mientras que los taxones que están presentes en ambos yacimientos se distribuyen por el espacio filogenético de forma relativamente aleatoria. En términos de interpretación cultural, y como valoración preliminar, esta disposición del árbol no parece favorecer altos niveles de transmisión cultural horizontal, y es coherente con respecto a las propuestas de la Teoría Dual, según la cual los grupos neolíticos de Or no tendrían relación con los grupos mesolíticos de Cocina.

Un análisis detallado de las particularidades morfométricas de los microlitos geométricos, con el fin de analizar las tendencias evolutivas, como el propuesto en el artículo anexo 4 (Cortell-Nicolau, 2019), puede ayudar a establecer bases sólidas de comparación entre distintas filiaciones culturales, tanto en sentido geográfico como cronológico. Este tipo de propuestas, combinadas con análisis estadísticos complementarios, se han utilizado con éxito en el campo de la Biología (ver MacLeod, 2018). La aplicación Geomeasure se ha desarrollado pensando en los microlitos geométricos, pero es válida para cualquier elemento en el que la morfometría del objeto sea susceptible de análisis; desde una boca o perfil cerámico, hasta áreas urbanas o, por supuesto, industria ósea y huesos de animales. De hecho, su concepción es muy similar a las aplicaciones de Morfometría Geométrica (GM, por sus siglas en inglés), desarrollada para la comparación de las tendencias evolutivas en el reino biológico —ver, entre otros, Rohlf y Archie, (1984) para los trabajos pioneros, o Claude (2008) para un estudio más exhaustivo—. No abundaremos en su comparación, reflejada en el artículo adjunto. Tan solo mencionaremos que la diferencia entre ambas reside, principalmente, en el formato de salida de datos, en el funcionamiento interno del sistema y en el aparato estadístico elaborado en torno a la metodología, muy desarrollado para el caso de GM, pero menos en el caso de Geomeasure, dado que su objetivo es agilizar la toma de datos, de modo que sea el propio investigador el que decida el modo de análisis de los mismos. En cualquier caso, la mayoría de los análisis morfométricos que acompañan a la toma de datos pueden ser aplicados en ambos enfoques, los cuales, además pueden ser usados conjuntamente, dependiendo de las preguntas de interés del investigador.

El uso de los microlitos geométricos, en comparación con el resto de industria lítica, para comprender las dinámicas sociales del pasado ha sido un objeto de estudios específicos de forma dilatada en el tiempo (Rozoy, 1971; Elston & Kuhn, 2002; Perrin, 2003; Utrilla & Montes, 2009; García-Puchol et al. 2014; Philibert, 2016; Marchand & Perrin, 2017). En el caso del artículo anexo 3 se ha combinado el análisis llevado a cabo con un enfoque que incluye el resto de industria lítica y los procesos de formación del registro. Además, se describen todos los pasos que han constituido la investigación, así como los problemas que han ido surgiendo y las soluciones que se han adoptado, en un intento de favorecer la reproducibilidad y la contrastación de hipótesis.

Los resultados de los análisis realizados refuerzan la idea de movilidad logística *sensu* Binford (1980), en la que algunos asentamientos se complementan con toda una serie de campamentos complementarios, cuya función es principalmente logística en relación con la captación de recursos para el campamento central. Esta idea ya ha sido expresada recientemente para este marco cronológico en la Península Ibérica utilizando distintos enfoques metodológicos (Montes et al., 2016). En este sentido, la coincidencia de resultados no deja de ser interesante.

En definitiva, creemos que la aplicación de nuevas herramientas metodológicas al análisis de los microlitos geométricos abre nuevas perspectivas teóricas y analíticas susceptibles

de aportar información sustancial para la contrastación de hipótesis sobre relaciones socioeconómicas y culturales durante el proceso de neolitización. Una de las líneas que quedan abiertas es la de avanzar en la comprensión del significado cultural de los distintos tipos de microlitos geométricos, más allá de su valor como marcadores geográficos y cronológicos. Tal vez, la exploración de nuevos enfoques metodológicos también pueda ayudarnos en este sentido.

	<i>Trapezoidal</i>	<i>Triángulo</i>	<i>Segmento</i>	
<i>Forma</i>	0	1	2	
	<i>Abrupta</i>	<i>Semiabrupta</i>	<i>Oblicua</i>	
<i>Inclinación ret. prox.</i>	0	1	2	
	<i>Abrupta</i>	<i>Semiabrupta</i>	<i>Oblicua</i>	
<i>Inclinación ret. dist.</i>	0	1	2	
	<i>Directo</i>	<i>Inverso</i>	<i>Alternante</i>	
<i>Dirección ret. prox.</i>	0	1	2	
	<i>Directo</i>	<i>Inverso</i>	<i>Alternante</i>	
<i>Dirección ret. dist.</i>	0	1	2	
	<i>Recto</i>	<i>Cóncavo</i>	<i>Convexo</i>	<i>Irregular</i>
<i>Morf. prox.</i>	0	1	2	3
	<i>Recto</i>	<i>Cóncavo</i>	<i>Convexo</i>	<i>Irregular</i>
<i>Morf. dist.</i>	0	1	2	3

Tabla 3.1. Definición de caracteres y sus estados para la construcción de taxones

<i>Taxón/Fases</i>	<i>F</i>	<i>Ip</i>	<i>Id</i>	<i>Dp</i>	<i>Dd</i>	<i>Mp</i>	<i>Md</i>
<i>Tax1/A1_A2_B2_B3_OrIa_OrIb</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tax2/A2_B2_B3</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tax3/OrIb</i>	0	0	0	0	0	0	3
<i>Tax4/A1_A2_B2_OrIa_OrIb</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Tax5/A0_A1_A2_B2_B3</i>	0	0	0	0	0	1	1
<i>Tax6/A2</i>	0	0	0	0	0	1	3
<i>Tax7B3_OrIa</i>	0	0	0	0	0	2	1
<i>Tax8/A2_B3</i>	0	0	0	0	0	3	0
<i>Tax9/A2_OrIb</i>	0	0	0	0	0	3	1
<i>Tax10/Sin_fase</i>	0	0	0	0	1	1	0
<i>Tax11/OrIa</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tax12/OrIa</i>	0	0	0	1	0	0	2
<i>Tax13/OrIa</i>	0	0	0	1	0	2	2
<i>Tax14/OrIa</i>	0	0	0	1	1	0	0
<i>Tax15/B2</i>	0	0	1	0	0	0	1
<i>Tax16/OrIb</i>	0	0	1	0	2	0	0
<i>Tax17/OrIa</i>	0	1	0	1	0	0	0
<i>Tax18/B2</i>	0	1	1	0	0	0	1
<i>Tax19/B2</i>	0	2	0	0	0	1	2
<i>Tax20/A1_B2_B3_OrIa</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tax21/B2</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Tax22/A1_B2</i>	1	0	0	0	0	1	0
<i>Tax23/A2_B1_B2_B3</i>	1	0	0	0	0	1	1
<i>Tax24/B2</i>	1	0	0	0	0	1	2
<i>Tax25/B1</i>	1	0	0	0	0	2	0
<i>Tax26/B2</i>	1	0	0	1	0	0	0
<i>Tax27/A2</i>	1	0	0	2	0	1	0

Tabla 3.2. Matriz de datos con las características de los taxones

CHAPTER 4.

CONCLUSION

In the introduction we talked about the importance of data in Archaeology, and about how we can apply new methodological approaches in order to optimize our understanding of the archaeological record. Through these pages, and in the attached published articles that are part of the PhD merits that are needed to complete this programme, we show some possibilities for doing so, hoping that some archaeologist might find them useful to address his/her own problems. By providing some methods pointing to the possible resolution of archaeological issues including different statistical and computational approaches, ecological techniques, 3D reconstruction, computational approaches, Bayesian statistics or phylogenetic tools, we hope to make some contribution in the evolution of the discipline.

An increase on the use of these types of techniques can be tracked in Iberian archaeology's literature during the past years (Fort et al., 2004; Fort, 2012; Barceló & Bogdanovic, 2015; Diez-Castillo et al., 2017; Isern et al., 2017; Pardo-Gordó, 2017; García-Puchol et al., 2018), although the predominant trend seems to respond to the use of narrative models. For a long time, narrative models have been almost the only tool that archaeologists considered when facing the reconstruction of the past. Even more so from the European point of view, where historicism and humanities have a deep impact on the discipline. As for its main objective, it would seem hard to deny both the humanistic and historic biases in Archaeology, given the fact that its core investigation is aimed at understanding the historical (adding the prefix *pre* does not change the actual meaning)

processes of Humankind. However, from the point of view of its methodology, we would find Archaeology closer to some other Earth Sciences, such as Geology, Biology or Palaeontology, even more for illiterate societies, where stratigraphy and seriation seem to be the only way for understanding diachronicity.

Perhaps it is this duality what causes more problems in the configuration of the archaeological theoretical and methodological framework. From our viewpoint, narrative models are necessary for communication and dissemination, but they must rely on quantitative approaches in order to sustain their hypothesis. As good as their architecture may be (see, for example, Vicent (1991) for an excellent epistemological construction), they cannot escape the lack of reproducibility and hypothesis testing, and therefore, they are excessively exposed to particular points of view, none of which can be effectively tested.

Furthermore, it can happen that archaeologists themselves are biased by their own areas of expertise, therefore tending to overrepresent some specific traits or their variety thereof. This can occur when speaking about the stylistic variability of geometric microliths. One possible solution could be taking into consideration the collaboration among archaeologists of different geographic areas. However, in order to achieve this possible collaboration, archaeologists should put their explicative models aside and concentrate on their method. Arriving to a consensual explanation of the archaeological process under study would seem an almost impossible task, if the method to recover and analyse data is not clearly agreed. Nevertheless, the investment in the types of methods we are proposing, is not only costly in terms of training, but it can also be costly in terms of *archaeological prestige*, since an aseptic approach to data can lead to conclusions which can contradict theoretical positions that have been held for years. Easy to say, accepting being wrong in exchange for a better comprehension of the past is a price that every archaeologist should be willing to pay in order to implement this type of methodology. From our point of view, this would not mean a loss in *archaeological prestige*, but a gain in *archaeological knowledge*.

The proposals established here aim to deepen into the methods for interpreting data, through a thorough and systematic analysis of the information at our disposal. In this sense, we agree that it might not be a classic format for an archaeological PhD, but we hope it be useful, and open different lines of research and collaboration. Many questions remain open for future research. For example, if the archaeological meaning of Cocina's phase C seem to be based on a wrong interpretation of the stratigraphic context, could this be the case for other sites with similar problems? If it is the case, could these methods be applied? As archaeological results themselves, methods are not always transposable. If we were not able to use the same methods on these other sites, what methods should we use to disentangle these problems? Maybe some existing methods? Should we maybe develop new methods? For the case of the geometric microliths, beyond the fact that the Geomeasure system can be improved—and will be improved, as different archaeological

situations have to be dealt with—, what is the actual significance of cultural grouping attending to morphometric variables? Does the access to different types of raw material have an influence on the overall size, or even on the actual morphometric type? Given the disparity of the size of assemblages in different sites (and this problem affects to all archaeological perspectives), can we find a way of confidently introducing demographic information into culture evolution analysis? All of these questions, and many more, have not been answered here, but we hope to be able to face at least some of them in the near future.

Finally, it could be worth mentioning that, fortunately, there are many research groups with a contrasted research background in the Iberian Peninsula, who study the central problems of this dissertation. The groups from Valencia, Aragon, the ones from the Catalan area, or the High Ebro and Basque Country have been treated here, but we must not forget the groups from Portugal (see Carvalho (2012; 2018) or (Bicho & Cascalheira, 2020), among others), Cantabria or North of León (Vidal Encinas et al., 2008; Cubas et al., 2016; Neira Campos et al., 2016; Herrero-Alonso et al., 2020), among others, for a wider approach. Any explicative proposition emerging from these groups is undoubtedly due to a methodical and thorough study of the material at their disposition. Continuing with this careful research, perhaps we could take a further step by performing *reproducible* research, so that different results and methods can be re-analysed and compared for different areas. In any case, we would like to advocate for a stronger communication among different groups, so that synergies are created, opinions and data are better argued and a deeper knowledge of the record not belonging to one group's *comfort zone* is achieved. Open databases and database sharing could be a starting point. In any case, all of this is only possible by widening the communication paths and the exchange among different research groups. In this sense, we believe that positions favouring the communication and joint analysis of data could be the way to reach a well-defined agreement, even if that means just agreeing to disagree.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2013). A field comes of age: Geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(1), 7–14. <https://doi.org/10.4404/hystrix-24.1-6283>
- Akbari, H., Khalighinejad, B., Herrero, J. L., Mehta, A. D., & Mesgarani, N. (2019). Towards reconstructing intelligible speech from the human auditory cortex. *Scientific Reports*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37359-z>
- Albert, J. (2009). *Bayesian Computation with R* (2nd ed.). Springer-Verlag.
- Alday, A. (2003). Cerámica neolítica en la región vasco-riojana: Base documental y cronológica. *Trabajos de Prehistoria*, 60(1), 53–80.
- Alday, A. (2007). Mésolithique et Néolithique au Pays Basque d’après l’abri de Mendandía (8500–6400BP): L’évolution de l’industrie lithique, le problème de la céramique et les stratégies d’occupation. *L’Anthropologie*, 111(1), 39–67. <https://doi.org/10.1016/j.anthro.2006.12.016>
- Alday, A. (2009). El final del Mesolítico y los inicios del Neolítico en la Península Ibérica: Cronología y fases. *Munibe Antropologia-Arkeologia*, 60, 157–173.
- Alday, A. (2011). New data for the study of the Neolithic in the Interior of the Iberian Peninsula. Comments on J. Zilhao’s interpretation of the Mendandía site. *Munibe*, 62, 197–205.
- Alday, A., & Adán, G. E. (2005). *El campamento prehistórico de Mendandía: Ocupaciones mesolíticas y neolíticas entre el 8500 y el 6400 BP*. Fundación José Miguel de Barandiarán.
- Alday, A., Perales, U., & Soto, A. (2018). Beyond the archaeological contexts: The debate on the records of the Mesolithic and early Neolithic in the upper Ebro Basin. *Quaternary International*, 472, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.056>
- Allard, P. (2017). Variabilité des débitages laminaires au Second Mésolithique et au Néolithique ancien dans le nord de la France (VIIe et VIe millénaire BCE). *Journal of Lithic Studies*, 4(2), 75–103. <https://doi.org/10.2218/jls.v4i2.2538>
- Almagro, M., Fryxell, R., Irwin, H. T., & Serna, M. (1970). Avance a la investigación arqueológica, geocronológica y ecológica de la cueva de La Carigëla (Piñar, Granada). *Trabajos de Prehistoria*, 27(1), 45–60.
- Ambrose, S. H. (2002). Small Things Remembered: Origins of Early Microithic Industries in Sub-Saharan Africa. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 9–30). American Anthropological Association.
- Ammerman, A. J., & Cavalli-Sforza, L. L. (1971). Measuring the rate of spread of early farming in Europe. *Man, New Series*, 6(4), 674–688.
- Ammerman, A. J., & Cavalli-Sforza, L. L. (1984). *The Neolithic Transition and the*

- Genetics of Populations in Europe*. Princeton University Press.
- Andrés Rupérez, M. T., & Benavente Serrano, J. A. (1989). El yacimiento neolítico de Alonso Norte (Alcañiz, Teruel). Memoria de las prospecciones y excavaciones arqueológicas de 1984-85. *Al-qannis: Boletín del Taller de Arqueología de Alcañiz*, 1, 2–56.
- Aparicio, J. (1979). *El Mesolítico en Valencia y en el Mediterráneo Occidental*. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia. Institución Alfonso el Magnánimo.
- Arnaud, J. M. (1982). Néolithique ancien et processus de néolithisation dans le sud du Portugal. *Archéologie En Languedoc, no. spécial (Actes du Colloque International de Préhistoire)*, 29–48.
- Aura, J. E. (1995). *El Magdaleniense Mediterráneo: La Cova del Parpalló*. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia.
- Aura, J. E., Carrión Marco, Y., García-Puchol, O., Jardón Giner, P., Jordá Pardo, J. F., Molina Balaguer, L., Morales Pérez, J. V., Pascual Benito, J. Ll., Pérez Jordá, G., Pérez Ripoll, M., Rodrigo García, M. J., & Verdasco Cebrián, C. C. (2006). Epipaleolítico-Mesolítico en las comarcas centrales valencianas. In A. Alday Ruiz (Ed.), *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular* (pp. 65–120).
- Baldellou, V. (2011). La Cueva de Chaves (Bastarás—Casbas, Huesca). *SAGVNTVM. Papeles Del Laboratorio de Arqueología de Valencia, Extra-12*, 141–144.
- Barandiarán, I. (1978). El abrigo de la Botiqueria dels Moros. Mazaleón (Teruel). Excavaciones arqueológicas de 1974. *Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló*, 5, 49–138.
- Barandiarán, I., & Cava, A. (1989). *La ocupación prehistórica del abrigo de Costalena (Maella, Zaragoza)*. Diputación General de Aragón.
- Barandiarán, I., & Cava, A. (1992). Caracteres industriales del Epipaleolítico y el Neolítico en Aragón: Su referencia a los yacimientos levantinos. In P. Utrilla (Ed.), *Aragón/litoral mediterráneo: Intercambios culturales durante la Prehistoria. Encuentro de homenaje a Juan Maluquer de Motes (Zaragoza, 1990)* (pp. 181–198). Institución Fernando el Católico.
- Barandiarán, I., & Cava, A. (2000). A propósito de unas fechas del Bajo Aragón: Reflexiones sobre el Mesolítico y el Neolítico en la Cuenca del Ebro. *Spal. Revista de Prehistoria y Arqueología de La Universidad de Sevilla*, 9, 293–326. <http://dx.doi.org/10.12795/spal.2000.i9.16>
- Barceló, J. A., & Bogdanovic, I. (2015). *Mathematics and Archaeology*. CRC Press.
- Barrière, C. (1955). Les civilisations tardenoisiennes en Europe Occidentale. *Pallas*, 3, 129–136. JSTOR.
- Barton, C. M., & Riel-Salvatore, J. (2014). The formation of lithic assemblages. *Journal of Archaeological Science*, 46, 334–352. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.031>

- Bar-Yosef, O., Belfer-Cohen, A., Mesheviliani, T., Jakeli, N., Bar-Oz, G., Boaretto, E., Goldberg, P., Kvavadze, E., & Matskevich, Z. (2011). Dzudzuana: An Upper Palaeolithic cave site in the Caucasus foothills (Georgia). *Antiquity*, 85(328), 331–349. <https://doi.org/10.1017/S0003598X0006779X>
- Basak, B., & Srivastava, P. (2017). Earliest Dates of Microlithic Industries (42–25 ka) from West Bengal, Eastern India: New Light on Modern Human Occupation in the Indian Subcontinent. *Asian Perspectives*, 56(2), 237–259. <https://doi.org/10.1353/asi.2017.0009>
- Bernabeu, J. (1989). *La tradición cultural de las cerámicas impresas en la zona oriental de la península ibérica*. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Bernabeu, J. (1996). Indigenismo y migracionismo. Aspectos de la neolitización en la fachada oriental de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 53(2), 37–54.
- Bernabeu, J. (2006). Una visión actual sobre el origen y difusión del Neolítico en la Península Ibérica. Ca. 5600-5000 cal. A.C. In O. García-Puchol & J. E. Aura (Eds.), *L'Abric de la Falguera (Alcoi, Alacant). 8.000 años de ocupación humana en la cabecera del río de Alcoi* (pp. 189–211). Diputación de Alicante. Ayuntamiento de Alcoi. Caja de Ahorros del Mediterráneo.
- Bernabeu, J., Aura, J. E., & Badal, E. (1993). *Al Oeste del Edén: Las primeras sociedades agrícolas en la Europa mediterránea*. Síntesis.
- Bernabeu, J., Diez-Castillo, A., & Orozco Köhler, T. (2012). Mas d'Is y las construccions con fosos del VI al III milenio a.C. *MARQ. Arqueología y Museos*, 5, 53–72.
- Bernabeu, J., Diez-Castillo, A., & Orozco Köhler, T. (2014). Campañas de excavación recientes en el yacimiento de Mas d'Is (Penàguila, Alacant). In M. H. Olcina Doménech & J. A. Soler Díaz (Eds.), *Arqueología en Alicante en la primera década del siglo XXI. II Jornadas de Arqueología y Patrimonio Alicantino: Vol. EXTRA-01* (pp. 183–188). MARQ. Museo Arqueológico de Alicante. Diputación de Alicante.
- Bernabeu, J., García-Puchol, O., Barton, M., McClure, S., & Pardo-Gordó, S. (2016). Radiocarbon dates, climatic events, and social dynamics during the Early Neolithic in Mediterranean Iberia. *Quaternary International*, 403, 201–210. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.020>
- Bernabeu, J., Lozano, S., & Pardo-Gordó, S. (2017). Iberian Neolithic Networks: The Rise and Fall of the Cardial World. *Frontiers in Digital Humanities*, 4. <https://doi.org/10.3389/fdigh.2017.00007>
- Bernabeu, J., & Martí, B. (2014). The first agricultural groups in the Iberian Peninsula. In Claire Manen, T. Perrin, & J. Guilaine (Eds.), *La transition néolithique en Méditerranée. Actes du colloque Transitions en Méditerranée, ou comment des chasseurs devinrent agriculteurs, Muséum de Toulouse, 14-15 avril 2011* (pp. 419–438). Éditions Errance / Archives d'Écologie Préhistorique.
- Bernabeu, J., Orozco Köhler, T., Diez-Castillo, A., Gómez-Puche, M., & Molina

- Hernández, F. J. (2003). Mas d'Is (Penàguila, Alicante): Aldeas y recintos monumentales del Neolítico Inicial en el Valle del Serpis. *Trabajos de Prehistoria*, 60(2), 39–59.
- Bernabeu, J. (2002). The social and symbolic context of Neolithization. *SAGVNTVM. Papeles Del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 5, 209–234.
- Bernabeu, J., & Molina, L. (2009). *La Cova de les Cendres (Moraira-Teulada, Alicante)*. Museo Arqueológico de Alicante - MARQ. Diputación de Alicante.
- Bernabeu, J., Pérez Ripoll, M., & Martínez Valle, R. (1999). Huesos, Neolitización y Contextos Arqueológicos Aparentes. *SAGVNTVM. Papeles Del Laboratorio de Arqueología de Valencia, II Congrès del Neolític de la Península Ibèrica*(EXTRA-2), 589–596.
- Bernabò Brea, L. (1956). *Gli scavi nella caverna delle Arene Candide (Finale Ligure). Parte Prima: Gli strati con ceramiche: Vols 2: Campagne di scavo 1948-50*. Istituto Internazionale di Studi Liguri.
- Bettinger, R. L., Boyd, R., & Richerson, P. J. (1996). Style, Function, and Cultural Evolutionary Processes. In H. D. G. Maschner (Ed.), *Darwinian Archaeologies* (pp. 133–164). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9945-3_8
- Bettinger, R. L., & Eerkens, J. (1999). Point Typologies, Cultural Transmission, and the Spread of Bow-and-Arrow Technology in the Prehistoric Great Basin. *American Antiquity*, 64(2), 231–242. <https://doi.org/10.2307/2694276>
- Biagi, P. (2018). The Mesolithic Settlement of Sindh (Pakistan): New Evidence from the Khadeji River Course. *Praehistoria*, 11–12, 57–74.
- Bicho, N., & Cascalheira, J. (2020). Use of Lithic Assemblages for the Definition of Short-Term Occupations in Hunter-Gatherer Prehistory. In J. Cascalheira & A. Picin (Eds.), *Short-Term Occupations in Paleolithic Archaeology: Definition and Interpretation* (pp. 19–38). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27403-0_2
- Binder, D. (1987). *Le Néolithique ancien provençal Typologie et technologie des outillages lithiques*. Éditions du CNRS.
- Binder, D., Collina, C., Guilbert, R., Perrin, T., & García-Puchol, O. (2012). Pressure-Knapping Blade Production in the North-Western Mediterranean Region During the Senventh Millenium cal B.C. In M. Desrosiers (Ed.), *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation* (pp. 199–217). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2003-3>
- Binford, L. R. (1962). Archaeology as Anthropology. *American Antiquity*, 28(2), 217–225. <https://doi.org/10.2307/278380>
- Binford, L. R. (1980). Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation. *American Antiquity*, 45(1), 4–20. <https://doi.org/10.2307/279653>
- Bivort, B. L. de, Clouse, R. M., & Giribet, G. (2012). A cladistic reconstruction of the

- ancestral mite harvestman (Arachnida, Opiliones, Cyphophthalmi): Portrait of a Paleozoic detritivore. *Cladistics*, 28(6), 582–597. <https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2012.00407.x>
- Bodganovic, I., Palomo, A., Piqué, R., Rosillo, R., & Terradas-Batlle, X. (2017). Los últimos cazadores-recolectores en el NE de la Península Ibérica: Evidencias de ocupaciones humanas durante el VI milenio cal BC. In J. A. Barceló, I. Bodganovic, & B. Morell (Eds.), *Actas del Congreso de Cronometrías Para la Historia de la Península Ibérica (IberCrono 2017)*. CEUR Workshop Proceedings. <https://digital.csic.es/handle/10261/158649>
- Bordes, F. (1961). *Typologie du Paléolithique Ancien et Moyen*. Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux.
- Borrell, F., Gómez, A., Molist, M., Tornero, C., & Vicente, O. (2014). Les ocupacions de la Cova de Sant Llorenç (Sitges, Garraf): Noves aportacions al coneixement de la prehistòria del Garraf. *Tribuna d'Arqueologia, 2011–2012*, 110–128.
- Bosch, À., Buxó, R., Chinchilla, J., Palomo, A., Piqué, R., Saña, M., Tarrús, J., & Terradas, X. (2011). *El jaciment neolític lacustre de la Draga (Banyoles, Pla de l'Estany)*. Ajuntament de Banyoles - Diputació de Girona - Museu de Banyoles.
- Bosch Gimpera, P. (1932). *Etnología de la Península Ibérica*. Editorial Alpha.
- Bosch, J., Buxó, R., Joaquim Mateu, M., Tabernero, E., & Casadevall, J. (1998). *El poblament neolític de Plansallosa. L'explotació del territori dels primers agricultors-ramaders de l'Alta Garrotxa*. Museu Comarcal de La Garrotxa.
- Bouckaert, R., Vaughan, T. G., Barido-Sottani, J., Duchene, S., Fourment, M., Gavryushkina, A., Heled, J., Jones, G., Kuhnert, D., Maio, N. de, Matschiner, M., Mendes, F. K., Muller, N., Ogilvie, H. A., Plessis, L. du, Poppinga, A., Rambaut, A., Rasmussen, D., Siveroni, I., ... Drummond, A. J. (2018). BEAST 2.5: An Advanced Software Platform for Bayesian Evolutionary Analysis. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/474296>
- Boyd, R., & Richerson, P. J. (1985). *Culture and the Evolutionary Process*. University of Chicago Press.
- Bradley, B., & Stanford, D. (2004). The North Atlantic ice-edge corridor: A possible Palaeolithic route to the New World. *World Archaeology*, 36(4), 459–478. <https://doi.org/10.1080/0043824042000303656>
- Brézillon, M. (1968). *La dénomination des objets de pierre taillée. Matériaux pour un vocabulaire des préhistoriens de langue française*. Centre National de la Recherche Scientifique.
- Brower, A. V. Z. (2000). Homology and the inference of systematic relationships: Some historical and philosophical perspectives. In R. Scotland & R. T. Pennington (Eds.), *Homology and Systematics. Coding characters for phylogenetic analysis* (pp. 10–21). Taylor & Francis.
- Brown, K. S., Marean, C. W., Jacobs, Z., Schoville, B. J., Oestmo, S., Fisher, E. C.,

- Bernatchez, J., Karkanas, P., & Matthews, T. (2012). An early and enduring advanced technology originating 71,000 years ago in South Africa. *Nature*, *491*(7425), 590–593. <https://doi.org/10.1038/nature11660>
- Brunet, F. (2012). The Technique of Pressure Knapping in Central Asia: Innovation or Diffusion? In P. M. Desrosiers (Ed.), *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation* (pp. 307–328). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2003-3_12
- Buchanan, B., & Collard, M. (2008). Phenetics, cladistics, and the search for the Alaskan ancestors of the Paleoindians: A reassessment of relationships among the Clovis, Nenana, and Denali archaeological complexes. *Journal of Archaeological Science*, *35*(6), 1683–1694. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.11.009>
- Buchanan, B., & Collard, M. (2010). A geometric morphometrics-based assessment of blade shape differences among Paleoindian projectile point types from western North America. *Journal of Archaeological Science*, *37*(2), 350–359. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.09.047>
- Buchanan, B., O'Brien, M. J., & Collard, M. (2014). Continent-wide or region-specific? A geometric morphometrics-based assessment of variation in Clovis point shape. *Archaeological and Anthropological Sciences*, *6*(2), 145–162. <https://doi.org/10.1007/s12520-013-0168-x>
- Cacho, C., Fumanal, P., López, P., López, J. A., Pérez Ripoll, M., Martínez Valle, R., Uzquiano, P., Arnanz, A., Sánchez Marco, A., Sevilla, P., Morales, A., Roselló, E., Garralda, M. D., & García-Carrillo, M. (1995). El Tossal de la Roca (Vall d'Alcalà, Alicante). Reconstrucción paleoambiental y cultural de la transición del tardiglaciario al Holoceno inicial. *Recerques Del Museu d'Alcoi, IV*, 11–101.
- Cacho, C., & Jordá Pardo, J. F. (2009). El Tossal de la Roca: The Pleistocene-Holocene Transition in the Mediterranean Region of Eastern Spain. *Journal of Anthropological Research*, *65*(2), 221–236. <https://doi.org/10.3998/jar.0521004.0065.204>
- Carvalho, A. (2012). Portugal. In *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo* (pp. 177–213). Cátedra.
- Carvalho, A. F. (2018). When the Mediterranean met the Atlantic. A socio-economic view on Early Neolithic communities in central-southern Portugal. *Quaternary International*, *470*, 472–484. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.12.045>
- Cascalheira, J., & Bicho, N. (2018). Testing the impact of environmental change on hunter-gatherer settlement organization during the Upper Paleolithic in western Iberia. *Journal of Quaternary Science*. <https://doi.org/10.1002/jqs.3009>
- Cava, A. (2000). La industria lítica del Neolítico de Chaves (Huesca). *Saldvie, I*, 77–164.
- Cava, A., & Alday, A. (2004). *La ocupación prehistórica de Kanpanoste en el contexto de los cazadores-recolectores del Mesolítico*. Diputación Foral de Álava. Departamento de Cultura y Euskera.
- Cava, A., Alday, A., & Tarrío, A. (2007). La circulación de materias primas líticas en la

- transición Mesolítico / Neolítico Antiguo en el País Vasco. Los abrigos de Mendandía, Kanpanoste y Aizpea. *Veleia*, 24–25, 581–609.
- Cava, A. (1994). El Mesolítico en la Cuenca del Ebro. Un estado de la cuestión. *Zephyrus*, XLVII, 65–91.
- Cebrià, A., Fontanals, M., Martín, P., Morales, J. I., Oms, F. X., Rodríguez-Hidalgo, A., Soto, M., & Vergès, J. M. (2014). Nuevos datos para el Neolítico antiguo en el nordeste de la Península Ibérica procedentes de la Cova del Toll (Moià, Barcelona) y de la Cova de la Font Major (L'Espluga e Francolí, Tarragona). *Trabajos de Prehistoria*, 71(1), 134–145. <https://doi.org/10.3989/tp.2014.12128>
- Chapa, M. T. (1984). *Aspectos metodológicos de la tipología arqueológica: Un ejemplo referido a las fibulas de La Téne*. 253–268.
- Clark, G. A., & Barton, C. M. (2017). Lithics, landscapes & la Longue-durée – Curation & expediency as expressions of forager mobility. *Quaternary International*, 450, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.08.002>
- Clark, J. G. D. (1956). A Microlithic Industry from the Cambridgeshire Fenland and other Industries of Sauveterrian Affinities from Britain. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 21, 3–20.
- Clarkson, C., Petraglia, M., Korisettar, R., Haslam, M., Boivin, N., Crowther, A., Ditchfield, P., Fuller, D., Miracle, P., Harris, C., Connell, K., James, H., & Koshy, J. (2009). The oldest and longest enduring microlithic sequence in India: 35 000 years of modern human occupation and change at the Jwalapuram Locality 9 rockshelter. *Antiquity*, 83(320), 326–348. <https://doi.org/10.1017/S0003598X0009846X>
- Claude, J. (2008). *Morphometrics with R*. Springer-Verlag.
- Close, A. E. (1978). The identification of style in lithic artefacts. *World Archaeology*, 10(2), 223–237. <https://doi.org/10.1080/00438243.1978.9979732>
- Close, A. E. (1989). Identifying Style in Stone Artefacts: A Case Study from the Nile Valley. *Archeological Papers of the American Anthropological Association*, 1(1), 3–26. <https://doi.org/10.1525/ap3a.1989.1.1.3>
- Cochrane, E. E. (2001). Style, Function, and Systematic Empiricism: The Conflation of Process and Pattern. In T. D. Hurt & G. F. M. Rakita (Eds.), *Style and Function: Conceptual Issues in Evolutionary Archaeology* (pp. 183–202). Bergin & Garvey.
- Cochrane, E. E., & Lipo, C. P. (2010). Phylogenetic analyses of Lapita decoration do not support branching evolution or regional population structure during colonization of Remote Oceania. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 365(1559), 3889–3902. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0091>
- Colominas, J. (1925). *Prehistoria de Montserrat*. Monasterio de Montserrat.
- Cortell-Nicolau, A. (2019). Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability. *Lithic Technology*, 44(3), 153–165. <https://doi.org/10.1080/01977261.2019.1615805>

- Corti, M. (1993). Geometric morphometrics: An extension of the revolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(8), 302–303. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90261-M](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90261-M)
- Courtin, J. (1974). *Le Néolithique de la Provence* (Vol. 11). Klincksieck.
- Coward, F., Shennan, S., Colledge, S., Conolly, J., & Collard, M. (2008). The spread of Neolithic plant economies from the Near East to northwest Europe: A phylogenetic analysis. *Journal of Archaeological Science*, 35(1), 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.02.022>
- Crema, E. R., Kerig, T., & Shennan, S. (2014). Culture, space, and metapopulation: A simulation-based study for evaluating signals of blending and branching. *Journal of Archaeological Science*, 43, 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.01.002>
- Criado Boado, F. (1981). Aportaciones al estudio de la economía megalítica: Análisis de microdesgaste en instrumentos líticos. *Gallaecia*, 6, 197–295.
- Cristiani, E., Pedrotti, A., & Gialanella, S. (2009). Tradition and innovation between the Mesolithic and early Neolithic in the Adige Valley (northeast Italy). New data from a functional analysis of trapezes from the Gaban rock-shelter. *Documenta Praehistorica*, 36(0), 191–205. <https://doi.org/10.4312/dp.36.12>
- Cubas, M., Altuna, J., Álvarez-Fernández, E., Armendariz, A., Fano, M. Á., López-Dóriga, I. L., Mariezkurrena, K., Tapia, J., Teira, L. C., & Arias, P. (2016). Re-evaluating the Neolithic: The Impact and the Consolidation of Farming Practices in the Cantabrian Region (Northern Spain). *Journal of World Prehistory*, 29(1), 79–116. <https://doi.org/10.1007/s10963-016-9091-2>
- Currie, T. E., Greenhill, S. J., & Mace, R. (2010). Is horizontal transmission really a problem for phylogenetic comparative methods? A simulation study using continuous cultural traits. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1559), 3903–3912. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0014>
- Cybis, G. B., Sinsheimer, J. S., Bedford, T., Mather, A. E., Lemey, P., & Suchard, M. A. (2015). Assessing phenotypic correlation through the multivariate phylogenetic latent liability model. *The Annals of Applied Statistics*, 9(2), 969–991. <https://doi.org/10.1214/15-AOAS821>
- Derevianko, A. P., Olsen, J. W., Tseveendorj, D., Gladyshev, S. A., Nokhrina, T. I., & Tabarev, A. V. (2008). New Insights into the Archaeological Record at Chikhen Agui Rockshelter (Mongolia). *Archaeology, Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 34(2), 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.aeae.2008.07.001>
- Derevianko, A. P., Postnov, A. V., Rybin, E., Kuzmin, Y. V., & Keates, S. G. (2005). The Pleistocene Peopling of Siberia: A Review of Environmental and Behavioural Aspects. *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin*, 25, 57–68.
- Diez-Castillo, A., Bernabeu, J., Orozco Köhler, T., & La Roca Cervigón, N. (2010). Las Campañas de Excavación de 2010 y 2011 en el Mas d'Is (Penáguila, Alacant). *SAGVNTVM. Papeles Del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 42, 105–109.

- Diez-Castillo, A., Cortell-Nicolau, A., García-Puchol, O., & Escribá Ruiz, P. (2017). Entorno 3D para el análisis y la recreación virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España). *Virtual Archaeology Review*, 8(17), 75–83. <https://doi.org/10.4995/var.2017.7028>
- Dini, M., Grifoni, R., Kozłowski, S. C., Molar, G., & Tozzi, C. (2008). L'industria castelnoviana della Grotta di Latronico 3 (Potenza, Italia). *Prehistoria Alpina*, 43, 49–74.
- Dolitsky, A. B. (1985). A Critical Review of 'the Mesolithic' in Relation to Siberian Archaeology. *Arctic*, 38(3), 178–187.
- Domingo, R. (2004). La funcionalidad de los microlitos geométricos en yacimientos del Bajo Aragón: Los casos de Botiqueria dels Moros y Secans (Mazaleón, Teruel) y Costalena (Maella, Zaragoza). *Saldvie*, 4, 41–83.
- Domingo, R. (2005). *La funcionalidad de los microlitos geométricos: Bases experimentales para su estudio*. Universidad de Zaragoza. Departamento de Ciencias de la Antigüedad.
- Domingo, R. (2009). Caracterización funcional de los microlitos geométricos. El caso del valle del Ebro. In P. Utrilla & L. Montes (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 357–389). Universidad de Zaragoza.
- Domingo, R. (2012). Usos de los geométricos en el Neolítico del Valle del Ebro. *Rubricatum: Revista Del Museu de Gavà*, 5, 137–143.
- Driscoll, K. (2017). Approaching the Mesolithic through taskscapes: A case study from western Ireland. In U. Rajala & P. Mills (Eds.), *Forms of dwelling: 20 years of taskscapes in Archaeology* (1st ed., pp. 41–61). Oxbow Books.
- Dunnell, R. C. (1971). *Systematics in Prehistory*. Free Press.
- Dunnell, R. C. (1978). Style and Function: A Fundamental Dichotomy. *American Antiquity*, 43(2), 192–202. <https://doi.org/10.2307/279244>
- Dunnell, R. C. (1980). Evolutionary Theory and Archaeology. *Advances in Archaeological Method and Theory*, 3, 35–99. JSTOR.
- Edinborough, K. (2005). *Evolution of bow-arrow technology*. University College London.
- Edinborough, K., Crema, E. R., Kerig, T., & Shennan, S. (2015). An ABC of lithic arrowheads: A case study from southeastern France. In K. Brink, S. Hydén, K. Jennbert, L. Larsson, & D. Olausson (Eds.), *Neolithic diversities: Perspectives from a conference in Lund, Sweden* (Vol. 65, pp. 213–224). Acta Archaeologica Ludensia.
- Eerkens, J. W., & Lipo, C. P. (2007). Cultural Transmission Theory and the Archaeological Record: Providing Context to Understanding Variation and Temporal Changes in Material Culture. *Journal of Archaeological Research*, 15(3), 239–274. <https://doi.org/10.1007/s10814-007-9013-z>
- Elston, R. G., & Brantingham, P. J. (2002). Microlithic Technology in Northern Asia: A Risk-Minimizing Strategy of the Late Paleolithic and Early Holocene. In R. G. Elston

- & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 103–116). American Anthropological Association.
- Escalon de Fonton, M. (1977). Le Montadien de Ponteau à Martigues. *C.P.F.*, 166–171.
- Felsenstein, J. (2004). *Inferring Phylogenies*. Sinauer Associates, Inc.
- Fernández Eraso, J. (1997). *Excavaciones en el abrigo de Peña Larga (Cripán-Álava)*. Diputación Foral de Álava, Servicio de Museos. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=21209>
- Fernández López de Pablo, J. (1999). *El yacimiento prehistórico de Casa de Lara, Villena (Alicante)*. *Cultura material y producción lítica*. Museo Arqueológico José M^a Soler.
- Fernández López de Pablo, J., Gibaja, J. F., & Palomo, A. (2008). Geométricos y puntas usadas como proyectiles en contextos neolíticos de la fachada mediterránea. *IV Congreso del Neolítico Peninsular: 27-30 de noviembre de 2006, Vol. 2, 2008, ISBN 978-84-96979-14-7, págs. 305-312, 305–312*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2861787>
- Fernández-Miranda, M., & Moure Romanillo, A. (1974). Verdelpino (Cuenca): Nuevas fechas de C14 para el Neolítico peninsular. *Trabajos de Prehistoria*, 31, 311–316.
- Fernández-Miranda, M., & Moure Romanillo, A. (1975). El Abrigo de Verdelpino (Cuenca). Un nuevo yacimiento neolítico en el interior de la Península Ibérica. *Noticiario Arqueológico Hispano*, III, 189–235.
- Ferrari, S., & Fontana, F. (2016). *Il Mesolitico in Emilia e il Complesso Culturale Castelnoviano: Dinamiche Insediative e Sistemi Tecnici Litici*. Archaeopress.
- Finlayson, B., & Mithen, S. (1997). The Microwear and Morphology of Microliths from Gleann Mor. In H. Knecht (Ed.), *Projectile Technology* (pp. 107–131). Springer Science-Business Media, LLC.
- Fischer, A., Hansen, P. V., & Rasmussen, P. (1984). Macro and Micro Wear Traces on Lithic Projectile Points. Experimental Results and Prehistoric Examples. *Journal of Danish Archaeology*, 3, 19–46.
- Fletcher, D. (1953). Avances y problemas de la Prehistoria valenciana en los últimos veinticinco años. *Anales Del Centro de Cultura Valenciana*, XIV(31), 8–36.
- Fletcher, D. (1963). Nuevos datos sobre las relaciones neolíticas entre las costas españolas y del Mediterráneo oriental. In *Homenaje a P. Bosch Gimpera* (pp. 167–172).
- Fontanals, M., Euba, I., Oms, F. X., Morales, J. I., & Vergès, J. M. (2008). El asentamiento litoral al aire libre de El Cavet: (Cambrils, Tarragona). In M. Hernández, J. A. Soler, & J. A. López Padilla (Eds.), *IV Congreso del Neolítico Peninsular: 27-30 de noviembre de 2006: Vol. I* (pp. 168–175). Museo Arqueológico de Alicante - MARQ. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2863794>
- Fontes, L. M., Straus, L. G., & González Morales, M. R. (2015). Lithic and osseous artifacts from the Lower Magdalenian human burial deposit in El Mirón cave, Cantabria, Spain. *Journal of Archaeological Science*, 60, 99–111.

<https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.03.010>

- Forey, P. L., & Kitching, I. J. (2000). Experiments in coding multistate characters. In R. Scotland & R. T. Pennington (Eds.), *Homology and Systematics. Coding characters for phylogenetic analysis* (pp. 54–80). Taylor & Francis.
- Forster, P., & Toth, A. (2003). Toward a phylogenetic chronology of ancient Gaulish, Celtic, and Indo-European. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *100*(15), 9079–9084. <https://doi.org/10.1073/pnas.1331158100>
- Fort, J. (2012). Synthesis between demic and cultural diffusion in the Neolithic transition in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(46), 18669–18673. <https://doi.org/10.1073/pnas.1200662109>
- Fort, J., & Méndez, V. (1999). Time-Delayed Theory of the Neolithic Transition in Europe. *Physical Review Letters*, *82*(4), 867–870. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.82.867>
- Fort, J., Pujol, T., & Cavalli-Sforza, L. L. (2004). Palaeolithic Populations and Waves of Advance. *Cambridge Archaeological Journal*, *14*(1), 53–61. <https://doi.org/10.1017/S0959774304000046>
- Fortea, J. (1973). *Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterráneo español*. Universidad de Salamanca.
- Fortea, J. (1985). *Arqueología del País Valenciano: Panorama y perspectivas*. Universidad de Alicante.
- Fortea, J., & Martí, B. (1984). Consideraciones sobre los inicios del Neolítico en el Mediterráneo español. *Zephyrus*, *37*(0). <http://revistas.usal.es/index.php/0514-7336/article/view/4921>
- Fortea, J. (1971). *La Cueva de la Cocina. Ensayo de cronología del Epipaleolítico (Facies Geométricas)*. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Fortea, J., Martí, B., Fumanal, P., Dupre Ollivier, M., & Pérez Ripoll, M. (1987). Epipaleolítico y neolitización en la zona oriental de la Península Ibérica. In J. Courtin, J. Guilaine, J.-L. Roudil, & J.-L. Vernet (Eds.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale: Actes du Colloque International du CNRS (Montpellier, 26-29 avril 1983)* (pp. 581–591). CNRS Éditions.
- Fortunato, L., Holden, C., & Mace, R. (2006). From bridewealth to dowry? A bayesian estimation of ancestral states of marriage transfers in Indo-European groups. *Human Nature*, *17*(4), 355–376. <https://doi.org/10.1007/s12110-006-1000-4>
- Fumanal, P. (1978). Estudio sedimentológico de la Cueva de la Cocina, Dos Aguas (Valencia). *Saitabi: revista de la Facultat de Geografia i Història*, *28*, 161–180.
- García-Puchol, O. (2005). *El proceso de neolitización en la fachada mediterránea de la península Ibérica. Tecnología y tipología de la piedra tallada* (Vol. 1430). BAR International Series.

- García-Puchol, O., & Aura, J. E. (2006). *El Abric de La Falguera (Alcoi, Alacant). 8.000 años de ocupación humana en la cabecera del río Alcoi*. Diputación de Alicante-Ayuntamiento de Alcoy-Caja de Ahorros del Mediterráneo.
- García-Puchol, O., & Jardón Giner, P. (1999). La utilización de los elementos geométricos de la Covacha de Llatas (Andilla, Valencia). *Recerques del Museu d'Alcoi*, 8, 75–87.
- García-Puchol, O., & Juan Cabanilles, J. (2012). Redes tecnológicas en la neolitización de la vertiente mediterránea de la Península Ibérica: La producción laminar mesolítica y neolítica según los ejemplos de la cueva de la cocina (Dos Aguas, Valencia) y la Cova de l'Or (Beniarrés, Alicante). *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 0(5), 145–154.
- García-Puchol, O., Diez-Castillo, A., & Pardo-Gordó, S. (2016). Radiocarbono y neolitización de la Península Ibérica. In *Del neolític a l'edat del bronze en el Mediterrani occidental. Estudis en homenatge a Bernat Martí* (pp. 61–74). Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia.
- García-Puchol, O., Mazzucco, N., Gibaja, J. F., & Juan Cabanilles, J. (2014). Use-Wear Analysis of a Set of Geometric Projectils from the Mesolithic Context of Cocina Cave (Eastern Spain). In J. Marreiros, N. Bicho, & J. Gibaja (Eds.), *International Conference of Use-Wear* (pp. 213–224). Cambridge Scholar Publishing.
- García-Puchol, O., McClure, S. B., Juan Cabanilles, J., Diez-Castillo, A., Bernabeu, J., Martí, B., Pardo-Gordó, S., Pascual Benito, J. Ll., Pérez Ripoll, M., Molina Balaguer, L., & Kennett, D. J. (2018). Cocina Cave revisited: Bayesian radiocarbon chronology for the last hunter-gatherers and first farmers in Eastern Iberia. *Quaternary International*, 472B, 259–271. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.037>
- García Rivero, D. (2013). *Arqueología y Evolución. A la búsqueda de filogenias culturales*. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones.
- García Rivero, D. (2016). Darwinian Archaeology and Cultural Phylogenetics. In L. Mendoza Straffon (Ed.), *Cultural Phylogenetics. Concepts and Applications in Archaeology* (Vol. 4, pp. 43–72). Springer.
- García-Argüelles, P., Fullola, J. M., Román, D., Nadal, J., & Bergadà, M. M. (2013). El modelo epipaleolítico geométrico tipo Filador cuarenta años después: Vigencia y nuevas propuestas. In M. De La Rasilla (Ed.), *F. Javier Fortea. Universitatis Ovetensis Magister. Estudios en homenaje* (pp. 151–166). Ediciones de la Universidad de Oviedo.
- GEEM. (1969). Epipaléolithique-Mésolithique. Les microlithes géométriques. *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 66, 355–366.
- Gibaja, J. F., & Terradas, X. (2012). Tools for production, goods for reproduction. The function of knapped stone tools at the Neolithic necropolis of Can Gamburg-1 (Sabadell, Spain). *Comptes Rendus Palevol*, 11, 463–472. <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2012.05.002>

- Gibaja, J. F., & Palomo, A. (2004). Geométricos usados como proyectiles. Implicaciones económicas, sociales e ideológicas en sociedades neolíticas del VI-IV milenio CAL BC en el Noroeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 61(1), 81–97.
- Gjesfjeld, E., Chang, J., Silvestro, D., Kelty, C., & Alfaro, M. (2016). Competition and extinction explain the evolution of diversity in American automobiles. *Palgrave Communications*, 2(1). <https://doi.org/10.1057/palcomms.2016.19>
- Gjesfjeld, E., & Jordan, P. (2019). Contributions of Bayesian Phylogenetics to Exploring Patterns of Macroevolution in Archaeological Data. In A. M. Prentiss (Ed.), *Handbook of Evolutionary Research in Archaeology* (pp. 161–182). Springer.
- Goldstein, S. T., & Shaffer, C. M. (2017). Experimental and archaeological investigations of backed microlith function among Mid-to-Late Holocene herders in southwestern Kenya. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, 1767–1788. <https://doi.org/10.1007/s12520-016-0329-9>
- González Morales, M. (2012). Cantabria. In M. A. Rojo, R. Garrido Pena, & Í. García Martínez de Lagrán (Eds.), *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo* (pp. 255–291). Cátedra.
- Gray, R. D., Drummond, A. J., & Greenhill, S. J. (2009). Language Phylogenies Reveal Expansion Pulses and Pauses in Pacific Settlement. *Science*, 323(5913), 479–483. <https://doi.org/10.1126/science.1166858>
- Gray, Russell D., & Atkinson, Q. D. (2003). Language-tree divergence times support the Anatolian theory of Indo-European origin. *Nature*, 426(6965), 435–439. <https://doi.org/10.1038/nature02029>
- Grive, M. (1936). L'Esquerda de les Roques de El Pany (Penedés). *Anuari de l'Institut d'Estudis Catalans*, VIII, 19–33.
- Guilaine, J. (2001). La diffusion de l'agriculture en Europe: Une hypothèse arythmique. *Zephyrus*, 53–54, 267–272.
- Guilaine, J. (2013). The Neolithic transition in Europe: Some comments on gaps, contacts, arrhythmic model, genetics. In E. Starnini (Ed.), *Unconformist Archaeology, Papers in honour of Paolo Biagi*. Archaeopress.
- Gusi, F., & Olària, C. (1979). El yacimiento prehistórico de Can Ballester (Vall de Uxó, Castellón). *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonenses*, 6, 39–96.
- Gusi, F. (1978). Ecosistemas y grupos culturales humanos en las comarcas e Castellón durante el Pleistoceno y mitad del Holoceno. *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonense*, 5, 191–206.
- Herrero-Alonso, D., Fuertes-Prieto, N., & Neira-Campos, A. (2020). Management of lithic raw materials in the “Mesolithic with geometrics” (Northern of Iberian Peninsula): Chaînes opératoires and territory. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102093. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.102093>
- Hinout, J. (1973). Classification des microliths tardenoisiens du Bassin Parisien. Technologie, typométrie et statistiques. *Bulletin de La Société Préhistorique*

- Française*, 70(8), 230–236. <https://doi.org/10.3406/bspf.1973.8256>
- Hiscock, P. (2002). Pattern and Context in the Holocene Proliferation of Backed Artifacts in Australia. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 163–177). American Anthropological Association.
- Hodder, I. (1982). *Symbols in Action: Ethnoarchaeological studies of material culture*. Cambridge University Press.
- Hodder, I. (Ed.). (2012). *Archaeological Theory Today*. Polity Press.
- Huelsenbeck, J. P., Ronquist, F., Nielsen, R., & Bollback, J. P. (2001). Bayesian inference of phylogeny and its impact on evolutionary biology. *Science (New York, N.Y.)*, 294(5550), 2310–2314. <https://doi.org/10.1126/science.1065889>
- Hurt, T. D., & Rakita, G. F. M. (2001). *Style and Function: Conceptual Issues in Evolutionary Archaeology*. Bergin & Garvey.
- Ingold, T. (1993). The Temporality of the Landscape. *World Archaeology*, 25(2), 152–174.
- Inizan, M. L., Lechevallier, M., & Plumet, P. (1992). A Technological Marker of the Penetration into North America: Pressure Microblade Debitage, its Origin in the Paleolithic of North Asia and its Diffusion. *MRS Online Proceedings Library Archive*, 267, 661–681. <https://doi.org/10.1557/PROC-267-661>
- Isern, N., Fort, J., & Rioja, V. L. de. (2017). The ancient cline of haplogroup K implies that the Neolithic transition in Europe was mainly demic. *Scientific Reports*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11629-8>
- Johnson, M. (2008). *Archaeological Theory: An Introduction* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Jordá, F., & Alcácer, J. (1949). *La Covacha de Llatas (Andilla): Vol. II*. Servicio de Investigación Prehistórica.
- Jordan, F. M., Gray, R. D., Greenhill, S. J., & Mace, R. (2009). Matrilocal residence is ancestral in Austronesian societies. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1664), 1957–1964. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.0088>
- Jordan, P., & Shennan, S. (2009). Diversity in hunter-gatherer technological traditions: Mapping trajectories of descent with modification in Northeast California. *Journal of Anthropological Archaeology*, 28(3), 342–365. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2009.05.004>
- Juan Cabanilles, J. (1984). El utillaje neolítico en sílex del litoral mediterráneo peninsular: Estudio tipológico-analítico a partir de los materiales de la Cova de l'Or y de la Cova de la Sarsa. *SAGVNTVM. Papeles Del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 18, 49–102.
- Juan Cabanilles, J. (1985). El complejo epipaleolítico geométrico (Facies cocina) y sus relaciones con el Neolítico antiguo. *Sagvntvm*, 19, 9–30. <https://doi.org/10.7203/SAGVNTVM.19.5309>
- Juan Cabanilles, J. (2008). *El utillaje de piedra tallada en la Prehistoria reciente*

valenciana: Aspectos tipológicos, estilísticos y evolutivos. Servicio de Investigación Prehistórica.

- Juan Cabanilles, J., & García-Puchol, O. (2013). Rupture et continuité dans la néolithisation du versant méditerranéen de la péninsule Ibérique: Mise à l'épreuve du modèle de dualité culturelle. In J. Jaubert, N. Fourment, & P. Depaepe (Eds.), *Transitions, ruptures et continuité en Préhistoire* (Vol. 1, pp. 405–417). Société Préhistorique Française.
- Juan Cabanilles, J., & Martí, B. (2007). La fase C del Epipaleolítico reciente: Lugar de encuentro o línea divisoria. Reflexiones en torno a la neolitización en la fachada mediterránea peninsular. *Veleia*, 24–25, 611–628.
- Juan-Cabanilles, J., & Martí, B. (2017). New Approaches to the Neolithic Transition: The Last Hunters and the First Farmers of the Western Mediterranean. In O. García-Puchol & D. C. Salazar-García (Eds.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean* (pp. 33–65). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-52939-4_5
- Kitching, I. J., Forey, P. L., Humphries, C. J., & Williams, D. M. (1998). *Cladistics. The theory and practice of parsimony analysis*. Oxford University Press.
- Kohler, T. A., VanBuskirk, S., & Ruscavage-Barz, S. (2004). Vessels and villages: Evidence for conformist transmission in early village aggregations on the Pajarito Plateau, New Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology*, 23(1), 100–118. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2003.12.003>
- Kolobova, K., Krivoschapkin, A., & Shnaider, S. (2019). Early geometric microlith technology in Central Asia. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 11(4), 1407–1419. <https://doi.org/10.1007/s12520-018-0613-y>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260), 583–621. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2280779>
- Kuhn, S. L., & Elston, R. G. (2002). Introduction: Thinking Small Globally. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 1–8). American Anthropological Association.
- Laplace, G. (1966). *Recherches sur l'origine et l'évolution des complexes leptolithiques*. École Française de Rome.
- Laplace, G., & Méroc, L. (1954). Application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement. *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 51(1–2), 58–66.
- Lechevalier, M. (1978). L'industrie lithique de Mehrgarh (Pakistan). *Paléorient*, 4, 307–318. <https://doi.org/10.3406/paleo.1978.4233>
- Lechevalier, M. (1980). Les armatures de faucilles de Mehrgarh, Pakistan. Un exemple d'évolution d'un outillage spécialisé du VI^e millénaire au milieu du III^e millénaire av. J.C. *Paléorient*, 6, 259–267. <https://doi.org/10.3406/paleo.1980.4280>
- Lemey, P., Rambaut, A., Drummond, A. J., & Suchard, M. A. (2009). Bayesian

- Phylogeography Finds Its Roots. *PLOS Computational Biology*, 5(9), e1000520. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1000520>
- Lemonnier, P. (1983). L'étude des systèmes techniques, une urgence en technologie culturelle. *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques, I*. <https://doi.org/10.4000/tc.1038>
- Lewis, L., Perera, N., & Petraglia, M. (2014). First technological comparison of Southern African Howiesons Poort and South Asian Microlithic industries: An exploration of inter-regional variability in microlithic assemblages. *Quaternary International*, 350, 7–25. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.09.013>
- Lewis, P. O. (2001). A Likelihood Approach to Estimating Phylogeny from Discrete Morphological Character Data. *Systematic Biology*, 50(6), 913–925. <https://doi.org/10.1080/106351501753462876>
- Lewthwaite, J. (1986). The transition to food production: A Mediterranean perspective. In M. Zvevlebil (Ed.), *Hunters in Transition. Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition to farming* (pp. 53–67). Cambridge University Press.
- Lo Vetro, D., & Martini, F. (2016). Mesolithic in Central–Southern Italy: Overview of lithic productions. *Quaternary International*, 423, 279–302. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.043>
- Longo, L., & Isotta, C. L. (2007). Trapezi simmetrici concavi: Ricostruzione tecnologica e ipotesi di utilizzo dei complessi del Neolitico antico. *Rivista Di Scienze Preistoriche, LVII*, 103–112.
- Lozano, S. (2009). Dynamics of Social Complex Networks: Some Insights into Recent Research. In N. Ganguly, A. Deutsch, & A. Mukherjee (Eds.), *Dynamics On and Of Complex Networks* (pp. 133–143). Springer. Birkhäuser.
- Lu, L. D. (1998). The Microblade Tradition in China: Regional Chronologies and Significance in the Transition to Neolithic. *Asian Perspectives*, 37(1), 84–112.
- Lycett, S. J. (2016). The Importance of a ‘Quantitative Genetic’ Approach to the Evolution of Artifact Morphological Traits. In L. Mendoza Straffon (Ed.), *Cultural Phylogenetics: Concepts and Applications in Archaeology* (pp. 73–93). Springer. 10.1007/978-3-319-25928-4
- Lycett, S. J., & Cramon-Taubadel, N. von. (2015). Toward a “Quantitative Genetic” Approach to Lithic Variation. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22(2), 646–675. <https://doi.org/10.1007/s10816-013-9200-9>
- Lycett, S. J., Schillinger, K., Eren, M. I., von Cramon-Taubadel, N., & Mesoudi, A. (2016). Factors affecting Acheulean handaxe variation: Experimental insights, microevolutionary processes, and macroevolutionary outcomes. *Quaternary International*, 411, 386–401. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.08.021>
- MacLeod, N. (2018). The quantitative assessment of archaeological artifact groups: Beyond geometric morphometrics. *Quaternary Science Reviews*, 201, 319–348. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2018.08.024>

- Manen, C., Perrin, T., Guilaine, J., Bouby, L., Bréhard, S., Briois, F., Durand, F., Marinval, P., & Vigne, J.-D. (2019). The Neolithic Transition in the Western Mediterranean: A Complex and Non-Linear Diffusion Process—The Radiocarbon Record Revisited. *Radiocarbon*, *61*(2), 531–571. <https://doi.org/10.1017/RDC.2018.98>
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a Test of Whether one of Two Random Variables is Stochastically Larger than the Other. *The Annals of Mathematical Statistics*, *18*(1), 50–60. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>
- Marchand, G. (1999). *La Néolithisation de l'ouest de la France. Caractérisation des industries lithiques*. Archaeopress.
- Marchand, G., & Perrin, T. (2017). Why this revolution? Explaining the major technical shift in Southwestern Europe during the 7th millenium cal. BC. *Quaternary International*, *428*(B), 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.059>
- Martí, B. (1981). *Cova de l'Or (Beniarrés, Alicante)*. Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial.
- Martí, B. (2011). La Cova de l'Or (Beniarrés, Alicante). *SAGVNTVM Extra*, *12*, 183–186.
- Martí, B., Aura, J. E., Juan Cabanilles, J., García-Puchol, O., & Fernández López de Pablo, J. (2009). El Mesolítico Geométrico de tipo 'Cocina' en el País Valenciano. In P. Utrilla & L. Montes (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 205–258). Universidad de Zaragoza.
- Martí, B., & Bernabeu, J. (2012). La vida doméstica en el Neolítico peninsular: Los lugares de asentamiento. In M. A. Rojo, R. Garrido Pena, & Í. García Martínez de Lagrán (Eds.), *El Neolítico en la Península Ibérica y su contexto europeo* (pp. 129–143). Cátedra.
- Martí, B., & Juan Cabanilles, J. (1997). Epipaleolíticos y neolíticos: Población y territorio en el proceso de neolitización de la Península Ibérica. *Espacio, Tiempo y Forma*, *10*, 215–264.
- Martí, B., Pardo Ballester, R., & Segura Martí, J. M. (1977). *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante)* (Vol. 1). Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Martí, B., Pascual Pérez, V., Gallart Martí, M. D., López García, P., Pérez Ripoll, M., Acuña Hernández, J. D., & Robles Cuenca, F. (1980). *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante): Vol. II*. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Martínez Andreu, M. (1989). Síntesis del Epipaleolítico en el Levante y Sur peninsular. Antecedentes y estado de la cuestión. *Anales de Prehistoria y Arqueología*, *5–6*, 49–58.
- Martínez Santa-Olalla, J. (1941). Esquema paleolítico de la Península Ibérica. In *Corona de Estudios que la Sociedad Española de Antropología, Etnografía y*

- Prehistoria dedica a sus mártires: Vol. I* (pp. 141–146). Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Mazo, C., & Montes, L. (1992). La transición Epipaleolítico-Neolítico antiguo en el abrigo de ‘El Pontet’ (Maella, Zaragoza). In P. Utrilla (Ed.), *Aragón-litoral Mediterráneo: Intercambios culturales durante la Prehistoria: En homenaje a Juan Maluquer de Motes* (pp. 243–254). Institución Fernando el Católico.
- Mendoza Straffon, L. (2019). The Uses of Cultural Phylogenetics in Archaeology. In A. M. Prentiss (Ed.), *Handbook of Evolutionary Research in Archaeology* (pp. 149–160). Springer.
- Mesoudi, A., & O’Brien, M. J. (2008a). The Cultural Transmission of Great Basin Projectile-Point Technology II: An Agent-Based Computer Simulation. *American Antiquity*, 73(4), 627–644. <https://doi.org/10.2307/25470521>
- Mesoudi, A., & O’Brien, M. J. (2008b). The Cultural Transmission of Great Basin Projectile-Point Technology I: An Experimental Simulation. *American Antiquity*, 73(1), 3–28. <https://doi.org/10.1017/S0002731600041263>
- Mishler, B. D., & Theriot, E. C. (2000). The Phylogenetic Species Concept (sensu Mishler and Theriot): Monophyly, Apomorphy, and Phylogenetic Species Concepts. In Q. D. Wheeler & R. Meier (Eds.), *Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate* (pp. 44–54). Columbia University Press.
- Molist, M., Vicente, O., & Farré, R. (2008). El jaciment de la Caserna de Sant Pau del Camp: Aproximació a la caracterització d’un assentament del Neolític Antic. *Quarhis, Època II*(4), 14–24.
- Montes, L., Domingo, R., González-Sampériz, P., Sebastián, M., Aranbarri, J., Castaños, P., García-Simón, L. M., Alcolea, M., & Laborda, R. (2016). Landscape, resources and people during the Mesolithic and Neolithic times in NE Iberia: The Arba de Biel Basin. *Quaternary International*, 403, 133–150. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.041>
- Moure Romanillo, A., & Fernández Miranda, M. (1977). El abrigo de Verdelpino (Cuenca). Noticia de los trabajos de 1976. *Trabajos de Prehistoria*, 34, 31–83.
- Muñoz Amilibia, A. M. (1970). Estado actual de la investigación sobre el Neolítico español. *Pyrenae: Revista de Prehistòria i Antiguitat de La Mediterrània Occidental*, 6, 13–28.
- Nakazawa, Y., Izuho, M., Takarura, J., & Yamada, S. (2005). Toward an Understanding of Technological Variability in Microblade Assemblages in Hokkaido, Japan. *Asian Perspectives*, 44(2), 276–292. JSTOR.
- Neeley, M. P. (2002). Going Microlithic: A Levantine Perspective on the Adoption of Microithic Technologies. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 45–56). American Anthropological Association.
- Neeley, M. P., & Barton, C. M. (1994). A new approach to interpreting late Pleistocene

- microlith industries in southwest Asia. *Antiquity*, 68(259), 275–288. <https://doi.org/10.1017/S0003598X00046585>
- Neff, H. (2001). Differential Persistence of What? The Scale of Selection Issue in Evolutionary Archaeology. In T. D. Hurt & G. F. M. Rakita (Eds.), *Style and Function: Conceptual Issues in Evolutionary Archaeology* (pp. 25–40). Bergin & Garvey.
- Neiman, F. D. (1995). Stylistic Variation in Evolutionary Perspective: Inferences from Decorative Diversity and Interassemblage Distance in Illinois Woodland Ceramic Assemblages. *American Antiquity*, 60(1), 7–36. <https://doi.org/10.2307/282074>
- Neira Campos, A., Fuertes Prieto, N., & Herrero Alonso, D. (2016). The Mesolithic with geometrics south of the ‘Picos de Europa’ (Northern Iberian Peninsula): The main characteristics of the lithic industry and raw material procurement. *Quaternary International*, 402, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.065>
- Nuzhnyj, D. (2000). Development of Microlithic Projectile Weapons in the Stone Age. *Anthropologie et Préhistoire*, 111, 95–101.
- O’Brien, M. J., Boulanger, M. T., Buchanan, B., Bentley, R. A., Lyman, R. L., Lipo, C. P., Madsen, M. E., & Eren, M. I. (2016). Design Space and Cultural Transmission: Case Studies from Paleoindian Eastern North America. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 23(2), 692–740. <https://doi.org/10.1007/s10816-015-9258-7>
- O’Brien, M. J., Boulanger, M. T., Buchanan, B., Collard, M., Lee Lyman, R., & Darwent, J. (2014). Innovation and cultural transmission in the American Paleolithic: Phylogenetic analysis of eastern Paleoindian projectile-point classes. *Journal of Anthropological Archaeology*, 34, 100–119. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2014.03.001>
- O’Brien, M. J., Collard, M., Buchanan, B., & Boulanger, M. T. (2013). Trees, thickets, or something in between? Recent theoretical and empirical work in cultural phylogeny. *Israel Journal of Ecology & Evolution*, 59(2), 45–61. <https://doi.org/10.1080/15659801.2013.825431>
- O’Brien, M. J., & Lee Lyman, R. (2003). *Cladistics and Archaeology*. University of Utah Press.
- O’Brien, M. J., & Leonard, R. D. (2001). Style and Function: An Introduction. In T. D. Hurt & G. F. M. Rakita (Eds.), *Style and Function: Conceptual Issues in Evolutionary Archaeology* (pp. 1–24). Bergin & Garvey.
- O’Brien, M. J., Lyman, R. L., Mesoudi, A., & VanPool, T. L. (2010). Cultural traits as units of analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1559), 3797–3806. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0012>
- O’Brien, M. J., Lyman, R. L., Saab, Y., Saab, E., Darwent, J., & Glover, D. S. (2002). Two Issues in Archaeological Phylogenetics: Taxon Construction and Outgroup Selection. *Journal of Theoretical Biology*, 215(2), 133–150. <https://doi.org/10.1006/jtbi.2002.2548>

- Octobon, E. (1924). La question Tardenoisienne. *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 21(7–9), 189–216.
- Olalde, I., Mallick, S., Patterson, N., Rohland, N., Villalba-Mouco, V., Silva, M., Dulias, K., Edwards, C. J., Gandini, F., Pala, M., Soares, P., Ferrando-Bernal, M., Adamski, N., Broomandkshobacht, N., Cheronet, O., Culleton, B. J., Fernandes, D., Lawson, A. M., Mah, M., ... Reich, D. (2019). The genomic history of the Iberian Peninsula over the past 8000 years. *Science*, 363(6432), 1230–1234. <https://doi.org/10.1126/science.aav4040>
- Olària, C. (1988). *Cova Fosca. Un asentamiento meso-neolítico de cazadores y pastores en la serranía del Alto Maestrazgo*. Diputación de Castellón.
- Olària, C. (2008). Las mujeres y los orígenes de la domesticación. Primeros testimonios de la transformación económica en el arco mediterráneo peninsular del 11000 BP al 7000 BP. *Cuadernos de Arte Rupestre: Revista Del Centro de Interpretación de Arte Rupestre de Moratalla*, 5, 43–51.
- Olària, C., & Gusi, F. (1983). Cova Fosca. Un asentamiento de cazadores y pastores en la serranía del Maestrazgo. *Revista de Arqueología*, 27, 18–24.
- Olària, C., Gusi, F., & Diaz, M. (1987). El asentamiento neolítico del Cingle del Mas Nou (Ares del Maestrat, Castellon). *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonenses*, 13, 95–170.
- 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), 42–55. <https://doi.org/10.3989/tp.2014.12123>
- Oms, F. X., Gibaja, J. F., Mazzucco, N., & Guilaine, J. (2016). Revisión radiocarbónica y cronocultural del Neolítico antiguo de la Balma Margineda (Aixovall, Andorra). *Trabajos de Prehistoria*, 73(1), 29–46. <https://doi.org/10.3989/tp.2016.12162>
- O'Reilly, J. E., Puttick, M. N., Parry, L., Tanner, A. R., Tarver, J. E., Fleming, J., Pisani, D., & Donoghue, P. C. J. (2016). Bayesian methods outperform parsimony but at the expense of precision in the estimation of phylogeny from discrete morphological data. *Biology Letters*, 12(4), 20160081. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0081>
- Padhan, T. (2017). The Late Pleistocene and Early Holocene Stone Age Culture of Odisha. In S. G. Deo, A. Baptista, & J. Joglekar (Eds.), *Rethinking the Past: A Tribute to Professor V. N. Misra* (pp. 96–110). Indian Society for Prehistoric and Quaternary Studies.
- Pagel, M., Meade, A., & Barker, D. (2004). Bayesian Estimation of Ancestral Character States on Phylogenies. *Systematic Biology*, 53(5), 673–684. <https://doi.org/10.1080/10635150490522232>
- Palomo, A., Terradas-Batlle, X., Piqué, R., Rosillo, R., Bodganovic, I., Bosch, À., Saña Seguí, M., Alcolea, M., Berihuete, M., & Revelles, J. (2018). Les Coves del Fem (Ulldemolins, Catalunya). *Tribuna d'Arqueologia 2015-2016*, 88–103.

- Pardo-Gordó, S. (2015). *La diversidad cultural del primer Neolítico (VII Cal. BP) en el Mediterráneo Occidental: Un análisis desde los sistemas complejos y la simulación basada en agentes*. Universitat de València.
- Pardo-Gordó, S. (2017). Sistemas complejos adaptativos y simulación computacional en Arqueología. *Trabajos de Prehistoria*, 74(1), 9–25. <https://doi.org/10.3989/tp.2017.12181>
- Pardo-Gordó, S., García-Puchol, O., Diez-Castillo, A., McClure, S. B., Juan Cabanilles, J., Pérez Ripoll, M., Molina Balaguer, L., Bernabeu, J., Pascual Benito, J. Ll., Kennett, D. J., Cortell-Nicolau, A., Tsante, N., & Basile, M. (2018). Taphonomic processes inconsistent with indigenous Mesolithic acculturation during the transition to the Neolithic in the Western Mediterranean. *Quaternary International*, 483, 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.008>
- Pardo-Gordó, S., García Rivero, D., & Bernabeu, J. (2019). Evidences of branching and blending phenomena in the pottery decoration during the dispersal of the Early Neolithic across Western Europe. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 252–264. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.10.021>
- Pascual Benito, J. Ll. (2013). Els estudis d'arqueomalacologia en la prehistòria valenciana. In A. Sanchís Serra & J. Ll. Pascual Benito (Eds.), *Animals i Arqueologia hui. I jornades d'arqueozoologia del Museu de Prehistòria de València* (pp. 19–44). Museu de Prehistòria de València.
- Pellicer, M. (1963). Estratigrafia prehistòrica de la Cueva de Nerja. 1ª Campaña. *Excavaciones Arqueológicas En España*, 16.
- Pellicer, M. (1964a). El Neolítico y el Bronce en la Cueva de la Carigüela del Piñar (Granada). *Trabajos de Prehistoria*, XV, 7–71.
- Pellicer, M. (1964b). La cerámica impresa del Neolítico inicial en el Mediterráneo Occidental. *Zephyrus*, 15, 101–124.
- Pericot, L. (1934). *La España primitiva y romana: Vol. I*. Instituto Gallach.
- Pericot, L. (1945). *La Cueva de la Cocina (Dos Aguas)*. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia.
- Perlès, C. (2004). *Les industries lithiques taillées de Franchthi (Argolide, Grèce)* (Vol. 3). Indiana University Press.
- Perrin, T. (2001). *Évolution du silex taillé dans le Néolithique haut-rhodanien autour de la stratigraphie du Gardon (Ambérieu-en-Bugey, Ain)*. Sciences de l'Homme et Société - Université de la Sorbonne.
- Perrin, T. (2005). Nouvelles réflexions sur la transition Mésolithique récent—Néolithique ancien à l'abri Gaban (Trento, Italie). *Preistoria Alpina*, 41, 89–146.
- Perrin, T., & Binder, D. (2014). Le Mésolithique à trapèzes et la néolithisation de l'Europe sud-occidentale. In Claire Manen, T. Perrin, & J. Guilaine (Eds.), *La transition néolithique en Méditerranée. Actes du colloque Transitions en Méditerranée, ou comment des chasseurs devinrent agriculteurs*, Muséum de

- Toulouse, 14-15 avril 2011 (pp. 271–281). Errance et Archives d'Ecologie Préhistorique.
- Perrin, T., & Defranould, E. (2016). The Montclus rock shelter (Gard) and the continuity hypothesis between 1st and 2nd Mesolithic in Southern France. *Quaternary International*, 423, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.046>
- Perrin, T., Manen, C., Valdeyron, N., & Guilaine, J. (2018). Beyond the sea... The Neolithic transition in the southwest of France. *Quaternary International*, 470, 318–332. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.027>
- Perrin, T., Marchand, G., Allard, P., Binder, D., Collina, C., García-Puchol, O., & Valdeyron, N. (2009). The late Mesolithic of Western Europe: Origins and chronological stages. *Annales de La Fondation Fyssen*, 24, 160–176.
- Pétrequin, A.-M., & Pétrequin, P. (1990). Flèches de chasse, flèches de guerre: Le cas des Danis d'Irian Jaya (Indonésie). *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 87(10/12), 484–511. JSTOR.
- Philibert, S. (2016). Ist vs. IInd Mesolithic in southern France. Functional approach of techno-economic behavior through the Castelnovian of Montclus rock shelter (Gard): First results. *Quaternary International*, 423, 242–251. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.010>
- Pla, E. (1966). Algunos datos para la cronología absoluta de la Prehistoria valenciana. *IX Congreso Nacional de Arqueología (Valladolid, 1965)*, 81–86.
- Plisson, H., Dubreuil, L., & Guilbert, R. (2008). The functional significance of Sauveterrian microlithic assemblages: Broadening the focus of investigation. In L. Longo & N. Skakun (Eds.), *Prehistoric Technology' 40 years later: Functional Studies and the Russian Legacy: Proceedings of the International Congress Verona (Italy), 20-23 April 2005* (pp. 147–156). BAR International Series.
- Pyron, R. A. (2011). Divergence Time Estimation Using Fossils as Terminal Taxa and the Origins of Lissamphibia. *Systematic Biology*, 60(4), 466–481. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syr047>
- R Core Team. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (Version 3.3.3) [Os High Sierra 10.13.6]. R Foundation for Statistical Computing. www.rproject.org
- Ramos, J., Lazarich, M., Castañeda, V., Pérez, M., Herrero, N., García Pantoja, M. E., Domínguez-Bella, S., & Cáceres, I. (2001). Modo de producción, modos de vida y valoración socioeconómica de la formación social tribal en el asentamiento de 'El Retamar' (Puerto Real, Cádiz, España). *Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología Social*, 4, 115–167.
- Reid, G., & Sidwell, K. (2002). Overlapping variables in botanic systematics. In N. MacLeod, P. L. Forey, & A. Warren (Eds.), *Morphology, shape and phylogeny* (pp. 53–66). Taylor & Francis.
- Riede, F. (2009). Tangled Trees: Modelling Material Culture Evolution as Host-Associate

- Co-Speciation. In Stephen Shennan (Ed.), *Pattern and Process of Cultural Evolution* (pp. 85–98). University of California Press.
- Roberts, P., Boivin, N., & Petraglia, M. (2015). The Sri Lankan ‘Microlithic’ Tradition c. 38,000 to 3,000 Years Ago: Tropical Technologies and Adaptations of Homo sapiens at the Southern Edge of Asia. *Journal of World Prehistory*, 28(2), 69–112. <https://doi.org/10.1007/s10963-015-9085-5>
- Rodanés, J. M., Tilo, M. A., & Ramón, N. (1996). *El abrigo de Els Secans (Mazaleón, Teruel). La ocupación del valle del Matarraña durante el Epipaleolítico y Neolítico Antiguo*. Al-Qannis-Boletín del taller de Arqueología de Alcañiz.
- Rodríguez Alcalde, Á., Alonso, C., & Velázquez, J. (1995). Fractales para la Arqueología: Un nuevo lenguaje. *Trabajos de Prehistoria*, 52(1), 13–24.
- Rohlf, F. J., & Archie, J. W. (1984). A Comparison of Fourier Methods for the Description of Wing Shape in Mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Systematic Zoology*, 33(3), 302–317. <https://doi.org/10.2307/2413076>
- Rohlf, J. F., & Marcus, L. F. (1993). A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(4), 129–132. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(93\)90024-J](https://doi.org/10.1016/0169-5347(93)90024-J)
- Rojo, M. A., Peña Chocarro, L., Royo-Guillén, J. I., Tejedor-Rodríguez, C., García Martínez de Lagrán, Í., Arcusa-Magallón, H., Garrido-Pena, R., Moreno García, M., Mazzuco, N., Gibaja, J. F., Ortea, D., Kromer, B., & Alt, K. W. (2013). Pastores trashumantes del Neolítico Antiguo en un entorno de alta montaña: Secuencia cronocultural de la Cova de Els Trocs (San Feliú de Veri, Huesca). *BSAA Arqueología*, LXXIX, 9–55.
- Rojo, M. A., Tejedor Rodríguez, C., Peña Chocarro, L., Royo-Guillén, J. I., García Martínez de Lagrán, Í., Arcusa-Magallón, H., San Millán Lomas, M., Garrido Pena, R., Gibaja, J. F., Mazzuco, N., Clemente-Conte, I., Mozota Holgueras, M., Terradas-Batlle, X., Moreno García, M., Pérez Jordá, G., Álvarez Fernández, E., Jiménez Jiménez, I., & Gómez Lecumberri, F. (2015). Releyendo el fenómeno de la neolitización en el Bajo Aragón a la luz de la excavación del Cingle de Valmayor XI (Mequinenza, Zaragoza). *Zephyrus*, LXXV, 41–71. <http://dx.doi.org/10.14201/zephyrus2015754171>
- Rojo, M., Kunst, M., Garrido-Pena, R., García Martínez de Lagrán, Í., & Morán Dauchez, G. (2008). *Paisajes de la memoria: Asentamientos de Neolítico Antiguo en el Valle de Ambrona (Soria, España)*. Universidad de Valladolid. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial.
- Rojo, M., Kunst, M., Garrido-Pena, R., & García-Martínez de Lagrán, I. (2006). La neolitización de la Meseta Norte a la luz del C-14: Análisis de 47 dataciones absolutas inéditas de dos yacimientos domésticos del Valle de Ambrona, Soria, España. *Archivo de Prehistoria Levantina*, XXVI, 39–100.
- Rozoy, J.-G. (1971). Microburins et armatures microlithiques dans « le » Néolithique. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 68(5), 145–151.

<https://doi.org/10.3406/bspf.1971.4313>

- Rozoy, J.-G. (1978). *Les derniers chasseurs. L'Épipaleolithique en France et en Belgique. Essai de synthèse*. Bulletin de la société archéologique champenoise.
- Rybin, E. P., Khatsenovitch, A. M., Gunchinsuren, B., Olsen, J. W., & Zwyns, N. (2016). The impact of the LGM on the development of the Upper Paleolithic in Mongolia. *Quaternary International*, 425, 69–87. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.05.001>
- Sackett, J. A. (1977). The Meaning of Style in Archaeology: A General Model. *American Antiquity*, 42(3), 369–380. <https://doi.org/10.2307/279062>
- Sackett, J. R. (1982). Approaches to style in lithic archaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 1(1), 59–112. [https://doi.org/10.1016/0278-4165\(82\)90008-3](https://doi.org/10.1016/0278-4165(82)90008-3)
- Salazar-García, D. C., & García-Puchol, O. (2017). Current Thoughts on the Neolithisation Process of the Western Mediterranean. In O. García-Puchol & D. C. Salazar-García (Eds.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean*. Springer.
- San Valero, J. (1942). Notas para el estudio de la cerámica cardial en la Cueva de la Sarsa. *Actas y Memorias de La Sociedad Española de Antropología, Etnografía y Prehistoria*, XVII, 87–146.
- San Valero, J. (1946). El Neolítico español y sus relaciones. *Cuadernos de Historia Primitiva*, I, 5–33.
- Schubart, H., & Pascual, V. (1966). Datación por el carbono 14 de los estratos con cerámica cardial de la Coveta de l'Or. *Archivo de Prehistoria Levantina*, XI, 45–52.
- Scotland, R. (2000). Homology, coding and three-taxon statement analysis. In R. Scotland & R. T. Pennington (Eds.), *Homology and Systematics. Coding characters for phylogenetic analysis* (pp. 145–182). Taylor & Francis.
- Shennan, S. (1988). *Quantifying Archaeology*. Edinburgh University Press.
- Shennan, S., & Wilkinson, J. R. (2001). Ceramic Style Change and Neutral Evolution: A Case Study from Neolithic Europe. *American Antiquity*, 66(4), 577–593. <https://doi.org/10.2307/2694174>
- Shennan, S. (2018). *The First Farmers of Europe: An Evolutionary Perspective*. Cambridge University Press.
- Shott, M. (2015). Theory in Archaeology: Morphometric approaches to the study of fluted points. In N. Goodale & W. Andrefsky Jr. (Eds.), *Lithic Technological Systems and Evolutionary Theory* (pp. 48–60). Cambridge University Press.
- Silva-Gago, M., Fedato, A., Rios-Garaizar, J., & Bruner, E. (2019). A preliminary survey on hand grip and hand-tool morphometrics in three different stone tools. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 567–573. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.11.012>
- Skellam, J. G. (1951). Random Dispersal in Theoretical Populations. *Biometrika*, 38(1/2), 196–218. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/2332328>

- Slack, M. J., Fullagar, R. L. K., Field, J. H., & Border, A. (2004). New Pleistocene ages for backed artefact technology in Australia. *Archaeology in Oceania*, 39(3), 131–137. <https://doi.org/10.1002/j.1834-4453.2004.tb00569.x>
- Soto, A. (2014). *Producción y gestión de la industria lítica de Atxoste (Álava): Una aproximación a las sociedades epipaleolíticas y mesolíticas del Alto Ebro*. Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Soto, A., Alday, A., Mangado, X., & Montes, L. (2016). Epipaleolítico y Mesolítico en la vertiente sur de los Pirineos desde la perspectiva de la industria lítica. *Munibe*, 67, 295–312.
- Steele, J., Glatz, C., & Kandler, A. (2010). Ceramic diversity, random copying, and tests for selectivity in ceramic production. *Journal of Archaeological Science*, 37(6), 1348–1358. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.12.039>
- Straus, L. G. (2002). Selecting Small: Microlithic Musings for the Upper Paleolithic and Mesolithic Western Europe. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 69–81). American Anthropological Association.
- Straus, L. G. (2016). Humans confront the Last Glacial Maximum in Western Europe: Reflections on the Solutrean weaponry phenomenon in the broader contexts of technological change and cultural adaptation. *Quaternary International*, 425, 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.01.059>
- Straus, L. G., Meltzer, D. J., & Goebel, T. (2005). Ice Age Atlantis? Exploring the Solutrean-Clovis ‘connection’. *World Archaeology*, 37(4), 507–532. <https://doi.org/10.1080/00438240500395797>
- Tarradell, M. (1962). Problemas neolíticos. *I Symposium de Prehistoria de La Península Ibérica (Pamplona, 1959)*, 45–67.
- Temkin, I., & Eldredge, N. (2007). Phylogenetics and material cultural evolution. *Current Anthropology*, 48(1), 146(8).
- Thiele, K. (1993). The Holy Grail of the Perfect Character: The Cladistic Treatment of Morphometric Data. *Cladistics*, 9(3), 275–304. <https://doi.org/10.1006/clad.1993.1020>
- Tixier, J. (1963). *Typologie de l'Épipaléolithique du Maghreb*. Centre du Recherches Anthropologiques, Préhistoriques et Ethnographiques.
- Tolan-Smith, C. (2008). Mesolithic Britain. In G. Bailey (Ed.), *Mesolithic Europe* (pp. 132–157). Cambridge University Press.
- Tomás, J., & Vallespi, E. (1960). Excavaciones en la ‘Apotequería dels Moros’ (Mazaleón). *Caesaraugusta*, 15–16, 205–206.
- Torregrossa, P., Jover, F. J., & López Seguí, E. (2011). *Benàmer (Muro d'Alcoi, Alicante). Mesolíticos y neolíticos en las tierras meridionales valencianas*. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.

- Tringham, R. (1978). Experimentation, Ethnoarchaeology and the Leapfrogs in Archaeological Methodology. In R. A. Gould (Ed.), *Explorations in Ethnoarchaeology* (pp. 169–199). University of New Mexico Press.
- Utrilla, P. (2002). Epilaeolíticos y neolíticos en el valle del Ebro. *SAGVNTVM. Papeles Del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 5, 179–208.
- Utrilla, P., Montes, L., Mazo, C., Martínez Bea, M., & Domingo, R. (2009). El Mesolítico Geométrico en Aragón. In P. Utrilla & L. Montes (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 131–190). Universidad de Zaragoza. Departamento de Ciencias de la Antigüedad.
- Utrilla, P., & Martínez Bea, M. (2012). El asentamiento neolítico del Plano del Pulido (Caspé, Zaragoza). *Revista Del Museu de Gavà*, 5, 69–77.
- Utrilla, P., & Mazo, C. (2014). *La Peña de las Forcas (Graus, Huesca). Un yacimiento estratégico en la confluencia del Ésera y el Isábena*. Universidad de Zaragoza.
- Utrilla, P., & Montes, L. (2009). *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica*. Departamento de Ciencias de la Antigüedad-Universidad de Zaragoza.
- Valdeyron, N. (2008). Sauveterrien et Sauveterriano: Unité ou diversité du premier mésolithique en France méridionale et en Italie du nord. *Pallas. Revue d'études Antiques*, 76, 247–259.
- Vallespí, E. (1959). Bases arqueológicas para el estudio de los talleres de sílex del Bajo Aragón. Hacia una seriación de las industrias líticas postpaleolíticas bajoaragonesas. *Caesaraugusta*, 13–14, 7–20.
- Vallespí, E. (1960). Excavaciones en los yacimientos líticos de ‘El Sol de la Piñera’ y ‘El Serdá’, en Fabara (Zaragoza). *Caesaraugusta*, 15–16, 19–39.
- Van Buuren, S., Brand, J. P. L., Groothuis-Oudshoorn, K., & Rubin, D. B. (2006). Fully conditional specification in multivariate imputation. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 76(12), 1049–1064. <https://doi.org/10.1080/10629360600810434>
- Van Buuren, S., & Groothuis-Oudshoorn, K. (2011). mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*, 45(1), 1–67. <https://doi.org/10.18637/jss.v045.i03>
- Vaquer, J. (1990). *Le Néolithique en Languedoc Occidental*. Éditions du CNRS.
- Vaquero, M., Allué, E., Alonso, S., Bischoff, J. L., Burjachs, F., & Vallverdú, J. (2006). El Abric Agut (Capellades, Barcelona) y el Mesolítico de muescas y denticulados en el noreste de la Península. In N. Bicho & H. Verissimo (Eds.), *Do Epipaleolítico ao Calcolítico na Península Ibérica. Actas do IV congresso de arqueologia peninsular* (pp. 113–126). Universidade do Algarve.
- Vaquero, M., & García-Argüelles, P. (2009). Algunas reflexiones sobre la ausencia de Mesolítico Geométrico en Cataluña. In P. Utrilla & L. Montes (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 191–203). Universidad de Zaragoza.
- Vasil'ev, S. A. (1993). The Upper Palaeolithic of Northern Asia. *Current Anthropology*,

34(1), 82–92.

- Vasil'ev, S. A. (2011). Old traditions, new tendencies: Final Paleolithic cultural development in southern Siberia. *Quaternary International*, 242(2), 371–378. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.02.014>
- Vicent, J. M. (1991). El neolítico. Transformaciones sociales y económicas. *Boletín de Antropología Americana*, 24, 31–61.
- Vicent, J. M. (1997). The Island Filter Model Revisited. In M. S. Balmuth, A. Gilman, & L. Prados-Torreira (Eds.), *Encounters and Transformations. The Archaeology of Iberia in Transition* (pp. 1–14). Sheffield Academic Press.
- Vidal Encinas, J. M., Fernández Rodríguez, C., Prada Marcos, M. E., & Fuertes Prieto, M. N. (2008). Los hombres mesolíticos de La Braña-Arintero (Valdelugeros, León): Un hallazgo funerario excepcional en la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica. *Férvedes*, 5, 153–164.
- Villalba-Mouco, V., van de Loosdrecht, M. S., Posth, C., Mora, R., Martínez-Moreno, J., Rojo, M., Salazar-García, D. C., Royo-Guillén, J. I., Kunst, M., Rougier, H., Crevecoeur, I., Arcusa-Magallón, H., Tejedor-Rodríguez, C., García-Martínez de Lagrán, I., Garrido-Pena, R., Alt, K. W., Jeong, C., Schiffels, S., Utrilla, P., ... Haak, W. (2019). Survival of Late Pleistocene Hunter-Gatherer Ancestry in the Iberian Peninsula. *Current Biology*, 29(7), 1169–1177.e7. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.006>
- Visedo Moltó, C. (1925). Breu notícia de les primeres edats del metall a les proximitats d'Alcoi. *Butlletí de l'Associació Catalana d'Antropologia, Etnologia i Prehistòria*, III(2), 173–176.
- Wiens, J. J. (2001). Character Analysis in Morphological Phylogenetics: Problems and Solutions. *Systematic Biology*, 50(5), 689–699. <https://doi.org/10.1080/106351501753328811>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6), 80–83. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Wiley, E. O., & Mayden, R. L. (2000). The Evolutionary Species Concept. In Q. D. Wheeler & R. Meier (Eds.), *Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate* (pp. 70–89). Columbia University Press.
- Wiley, E. O., Siegel-Causey, D., Brooks, D. R., & Funk, V. A. (1991). *The compleat cladist. A primer of phylogenetic procedures*. University of Kansas Museum of Natural History.
- Williams, D. M., & Ebach, M. C. (2006). The data matrix. *Geodiversitas*, 28(3), 409–420.
- Wright, A. M., & Hillis, D. M. (2014). Bayesian Analysis Using a Simple Likelihood Model Outperforms Parsimony for Estimation of Phylogeny from Discrete Morphological Data. *PLOS ONE*, 9(10), e109210. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109210>

- Wurz, S., & Lombard, M. (2007). 70 000-year-old geometric backed tools from the Howiesons Poort at Klasies River, South Africa: Were they used for hunting? *Southern African Humanities*, *19*(1), 1–16.
- Yaroshevich, A., Kaufman, D., Nuzhnyj, D., Bar-Yosef, O., & Weinstein-Evron, M. (2010). Design and performance of microlith implemented projectiles during the Middle and the Late Epipaleolithic of the Levant: Experimental and archaeological evidence. *Journal of Archaeological Science*, *37*(2), 368–388. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.09.050>
- Zhimin, A. (2001). A Hundred Years Since the Discovery of Microliths in China. *Chinese Archaeology*, *1*(1), 1–6. <https://doi.org/10.1515/char.2001.1.1.1>
- Zilhão, J. (1993). The Spread of Agro-Pastoral Economies across the Mediterranean Europe: A View from the Far West. *Journal of Mediterranean Archaeology*, *6*(1), 5–63. <https://doi.org/10.1558/jmea.v6i1.5>
- 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.241522898>
- Zilhão, J. (2011). Time is on my side. In A. Hadjikoimis, E. Ronbison, & S. Viner (Eds.), *The dynamics of Neolithisation in Europe. Studies in honour of Andrew Sherratt* (pp. 46–65). Oxbow Books.
- Zilhão, J. (2014). Early prehistoric navigation in the Western Mediterranean: Implications for the Neolithic transition in Iberia and the Maghreb. *Eurasian Prehistory. Island Archaeology and the Origins of Seafaring in the Eastern Mediterranean*, *11*(1-2), 185–200.
- Zvelebil, M. (1986). Mesolithic prelude and Neolithic revolution. In M. Zvelebil (Ed.), *Hunters in Transition. Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition to farming* (pp. 5–15). Cambridge University Press.

APÉNDICE 1.
ARTÍCULOS ADJUNTOS

ARTÍCULO 1

DIEZ-CASTILLO, A., CORTELL-NICOLAU, A., GARCÍA-PUCHOL, O., ESCRIBÁ-RUIZ, P. (2017). “Entorno 3D para el análisis y la recreación virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España)”. *Virtual Archaeology Review*, 8 (17), pp. 75-83. DOI: 10.4995/var.2017.7028



ENTORNO 3D PARA EL ANÁLISIS Y LA RECREACIÓN VIRTUAL DE LAS ACTUACIONES ARQUEOLÓGICAS EN CUEVA DE LA COCINA (DOS AGUAS, VALENCIA, ESPAÑA)

3D ENVIRONMENT FOR THE ANALYSIS AND VIRTUAL RECONSTRUCTION OF THE ARCHAEOLOGICAL FIELDWORKS AT COCINA CAVE (DOS AGUAS, VALENCIA, SPAIN)

Agustín Díez Castillo^{a,*}, Alfredo Cortell Nicolau^b, Oreto García Puchol^b, Pilar Escribá Ruiz^b

^a Grup de recerca d'Arqueologia del Mediterrani (GRAM), Departament de Prehistòria i Arqueologia, Universitat de València, 46010 Valencia, Spain. agustin.diez@uv.es

^b Grup de recerca PREMEDOC. alfredo.cortell-nicolau@uv.es; oreto.garcia@uv.es; m.pilar.escriba@uv.es

Abstract:

In this paper we present our procedure for digitising fieldwork information on the fly (data management), and its combination with the virtual reconstruction of the stratigraphy (virtualisation), of the *Cueva de la Cocina* site in Dos Aguas (Valencia, Spain). The main tool for the Geographic Information System (GIS) implementation has been OpenJUMP, whilst for the three-dimensional (3D) recreation of the cave virtual environment MeshLab, ParaView, CloudCompare and R open software have been used. According to the data recovered during the two last field seasons at the cave -2015 and 2016-, we present the current state of the stratigraphy virtualisation in the excavated sectors. We also provide not only a general view of the cave, but also different points of view to incorporate distinct geomatics tools into archaeological research. The computer treatment of the data collected in the field provides a better understanding of their spatial relations; which in turn facilitates its analysis and interpretation as well as the realisation of virtual profiles. In the same way, the differences in the frequency of materials belonging to adjacent and/or superimposed stratigraphical units, as well as the total quantities, volumetry and density of the artefacts, with respect to their own stratigraphical unit, or even the whole excavated area, can also be analysed. The combination of both approaches -data management and virtualisation- allows us to integrate geographic information technologies in the daily life of the Mesolithic and Neolithic communities, of which the virtual reconstruction of the different test pits carried out in *Cueva de la Cocina* constitutes a perfect example.

Key words: 3D reconstruction, GIS tools, archaeological fieldwork, Mesolithic, Neolithic, Cocina Cave

Resumen:

Con este trabajo pretendemos presentar nuestro procedimiento de digitalización de información de campo (gestión de datos) y su imbricación en la reconstrucción estratigráfica virtual (virtualización) de la Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España). La herramienta principal para la implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG) ha sido OpenJUMP, mientras que para la recreación tridimensional (3D) del entorno virtual de la cueva se han utilizado MeshLab, ParaView, CloudCompare y R. De acuerdo con los datos recuperados durante las excavaciones de los últimos años en la cueva -2015 y 2016-, se presenta el estado actual de la virtualización de la estratigrafía en los sectores excavados. Del mismo modo ofrecemos no sólo una visión general de la cueva, sino también diferentes puntos de vista para incorporar distintas herramientas geomáticas en la investigación arqueológica. El tratamiento informático de los datos recogidos en el campo proporciona una mejor comprensión de las relaciones espaciales entre ellos; lo que a su vez facilita su análisis e interpretación así como la realización de cortes virtuales. De la misma manera, se pueden analizar las diferencias en la frecuencia de los materiales que pertenecen a unidades estratigráficas adyacentes o superpuestas, así como las cantidades totales, la volumetría y la densidad de los artefactos, con respecto a su propia unidad estratigráfica u otras. La combinación de ambos enfoques -gestión de datos y virtualización- nos permite integrar las tecnologías de la información geográfica en la vida cotidiana de las comunidades mesolíticas y neolíticas, de las cuales la reconstrucción virtual de los diferentes sondeos realizados en Cueva de la Cocina constituye un ejemplo perfecto.

Palabras clave: Entorno 3D, herramientas GIS, excavación arqueológica, Mesolítico, Neolítico, Cueva de la Cocina

1. Introducción

Presentamos en este trabajo una propuesta metodológica que integra la información espacial de una excavación arqueológica en un entorno de trabajo digital con el objetivo de proceder a la reconstrucción

estratigráfica de la intervención de campo y su recreación 3D. Para ello se utiliza de forma prominente el SIG libre OpenJUMP v. 1.9.0 rev.4795 PLUS ([The JUMP Pilot Project, 2015](#)), pero también Qgis v. 2.14.0 ([Qgis Development Team, 2015](#)) y gvSIG Desktop v. 2.2 ([gvSIG, 2015](#)). Aquel nos permite reconstruir la

* Corresponding author: Agustín Díez Castillo, agustin.diez@uv.es



estratigrafía a partir de la toma de datos realizada mediante estación total con más facilidad. Para el mallado 3D se ha utilizado el software libre MeshLab v. 1.3.2 y los paquetes rgl (Adler *et al.*, 2016), alphashape (Lafarge & Pateiro-López, 2016) y VecStatGraphs3D (Felicísimo, Ruiz Cuetos, Polo García, Cuartero, & García Rodríguez, 2016) para R v. 3.2.3 (R Core Team, 2015) y para su visualización ParaView v. 5.0.1-RC1 (Ayachit, 2015), con el fin de proceder a recrear la excavación en un entorno 3D. Uno de los yacimientos que han servido de base de pruebas para la implementación de estas tecnologías es Cueva de la Cocina (Dos Aguas, España). Se trata de un yacimiento arqueológico reconocido en la bibliografía nacional e internacional desde que se realizaran las primeras intervenciones en el año 1941 (García Puchol, Juan Cabanilles, McClure, Diez Castillo, & Pardo Gordó, 2015; García Puchol *et al.*, 2014; Fortea, 1973; Pericot, 1945) dada su amplia secuencia referida principalmente a la prehistoria reciente desde unos niveles basales y medios que corresponden al Mesolítico Geométrico (los últimos caza-recolectores en el marco del Mediterráneo peninsular) y una secuencia neolítica conservada de forma desigual (desde el Neolítico antiguo a la Edad del Bronce). La metodología empleada y la reconstrucción estratigráfica que presentamos se ha implementado durante la primera campaña de actuación arqueológica realizada en el marco del proyecto HAR2012-33111 “MesoCocina: Los últimos caza-recolectores y el paradigma de la neolitización en el Mediterráneo peninsular” y financiada por la Diputación de Valencia en el programa de excavaciones 2015 del Museu de Prehistòria de València.

La intervención arqueológica del año 2015 consistió en la realización de una serie de sondeos inmediatos a las excavaciones realizadas por Pericot en los años 40 del pasado siglo (entre 1941 y 1945) y de Fortea en los años setenta (1974-1981). Previamente, en el año 2014, se llevó a cabo el escaneado 3D de la cavidad a partir de la cual se obtuvieron la planta y las secciones de la cueva, así como el modelo 3D de la cavidad con la finalidad de proceder a la correcta ubicación de los datos espaciales generados durante las intervenciones recientes con aquellos disponibles sobre las anteriores actuaciones arqueológicas dirigidas por Pericot y Fortea.

En el trascurso de la campaña de 2015 (Fig.1) fueron practicadas un total de 6 catas de desigual dimensión y potencia, mientras que la campaña de 2016 se centró casi exclusivamente en una única zona. El objetivo prioritario de ambas era la obtención de información estratigráfica, además de proceder a la realización de un muestreo sistemático de materiales arqueológicos, biológicos y sedimentológicos con el fin de obtener información actual para el análisis detallado de la compleja secuencia de las ocupaciones en el lugar. La toma de datos de la excavación ha seguido un protocolo preciso que ha consistido en la digitalización de los datos tridimensionales tanto referidos a las unidades estratigráficas (JUUEE) como a los hallazgos. Este protocolo ofrece varias ventajas para la gestión de una excavación arqueológica como la versatilidad y agilidad en la toma de datos y, sobre todo, por lo que se refiere a su precisión, toda vez que abre un amplio abanico de nuevas posibilidades para su presentación en diferentes formatos que permiten el análisis eficiente de los datos y su visualización 3D.



Figura 1: Excavación en la Cueva de la Cocina.

2. Metodología

La Cueva de la Cocina es probablemente uno de los primeros yacimientos arqueológicos peninsulares en los que la revolución planteada desde la corriente teórica conocida como *New Archaeology* se plasmó en una rigurosidad metodológica que llevó a documentar tridimensionalmente todos los hallazgos de la mano del profesor Javier Fortea (excavaciones entre 1974 y 1981) siguiendo los métodos desarrollados en Francia (Laplace & Méroc, 1954). Gracias a ello, se conserva en el Servei d'Investigacions Prehistòriques (SIP) de València el registro manual del inventario de los hallazgos por cuadros y capas que incorpora las coordenadas XYZ de los mismos (referidas la X y la Y al 'lado derecho' y el 'fondo' de cada uno de los cuadros, mientras que la profundidad se tomaba con un nivel de agua o referida a una estructura metálica fija), así como una descripción genérica de los materiales (fauna, sílex, cerámica, malacofauna, cantos, plaquetas, ornamento, entre otros). Todo ello se acompaña de croquis de cada una de las plantas sobre papel milimetrado, que refieren la posición de los objetos, así como el dibujo de los cantos y bloques de piedra de medio y gran tamaño, además de fotografías verticales que permiten comprobar la posición de todos los elementos señalados.

Las excavaciones actuales han continuado con esta labor apoyadas ahora en avances tecnológicos que nos permiten sustituir el nivel de agua por la estación total en las labores diarias y el escáner Faro 3D para la reconstrucción física del contenedor, llevada a cabo por la empresa Global Mediterránea & Geomática. El escaneado 3D de la cavidad se llevó a cabo mediante una documentación geométrica de alta definición (HDS) que combina técnicas fotogramétricas con técnicas de escáner láser 3D, una metodología de medida no intrusiva que permite capturar información gráfica y geométrica tanto en 2D como en 3D. El protocolo de trabajo SIG aplicado, especificado en Diez Castillo, Cortell Nicolau y García Puchol (2016), ha permitido definir el yacimiento de estudio a través de planos, la generación de secciones y la modelización de las diferentes zonas de la cavidad.

El modelo digital de superficie (MDS) se ha realizado mediante la utilización de un láser escáner terrestre (*terrestrial laser scan* o TLS, por sus siglas en inglés), concretamente el modelo FARO FOCUS 3D. El escáner láser realiza el barrido de una superficie captando miles de puntos por segundo mediante un haz láser en

ENTORNO 3D PARA EL ANÁLISIS Y RECREACIÓN VIRTUAL DE LAS ACTUACIONES ARQUEOLÓGICAS 2015 EN CUEVA DE LA COCINA (DOS AGUAS, VALENCIA, ESPAÑA)

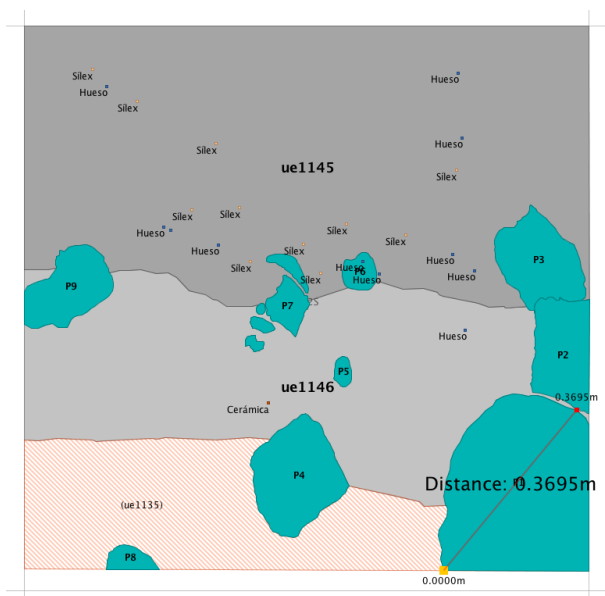


Figura 2: Reconstrucción de las UUEE 1145 y 1146 con OpenJUMP, incluyendo los puntos de hallazgos tomados en campo.

abanico. El instrumento registra toda la nube de puntos 3D compuesta por miles de medidas individuales en un sistema de coordenadas (XYZ) que en sí mismo puede utilizarse para generar un modelo 3D de los objetos registrados. Con una distancia media de escaneo de 10 m, como la aplicada en nuestro caso, el instrumento puede conseguir una resolución de 2 mm. La imagen resultante es una colección de millones de medidas 3D que produce una representación digital precisa del entorno. Una vez descargados y guardados los datos del escáner, se referencian las nubes de puntos en un sistema de coordenadas local, creado a partir de las cuadrículas dispuestas por Fortea. Todo ello se consigue a través de la identificación en la nube de puntos de las esferas. A continuación se realiza el registro de la nube de puntos, que coloca los escaneados automáticamente en nuestro sistema de coordenadas y calculará el ajuste con un error de correlación de las nubes de puntos de 1.85 mm entre los diferentes escaneados. Finalmente se genera un archivo de intercambio ASCII compatible con aplicaciones de entorno de modelización 3D.

Para el tratamiento de la información de las UUEE nos hemos apoyado en varios programas informáticos, todos ellos software de código abierto y libres. Los planos de cada una de las UUEE se han realizado con OpenJUMP (*The JUMP Pilot Project, 2015*) dado que el programa dibuja tridimensionalmente las geometrías a partir de las coordenadas de los puntos tomadas en el campo (Fig. 2). OpenJUMP fue uno de los primeros programas SIG en incorporar esa característica, la cual permite la interpolación de nodos 3D complementarios si fuera necesario. El dibujo se puede realizar de forma manual uniendo los puntos importados desde la base de datos en la que se vuelcan los datos tomados con la estación total o de manera semiautomática gracias a la librería Sextante (*Olaya, 2009*). Son varios los algoritmos de Sextante que permiten la reconstrucción de la superficie de la UE, como la triangulación Delaunay y el algoritmo de envolvente mínima pero todos ellos conservan la referencia altimétrica de los vértices originales dibujando polígonos 3D.

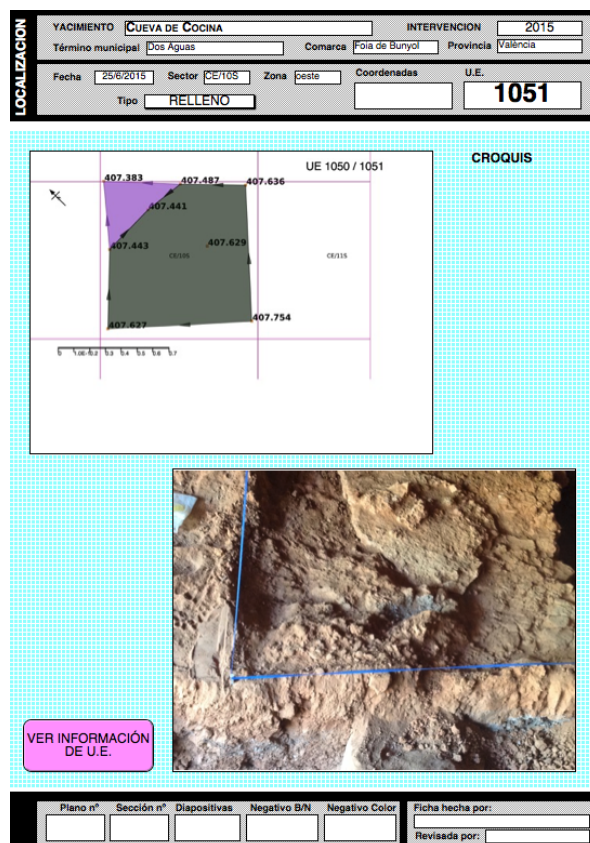


Figura 3: Modelo de ficha de UE.

El primer paso, en todo caso, ha sido la realización de una base de datos relacional, compuesta de tres tablas, en la que por un lado se recoge la descripción de la UE, por otro se almacena el material gráfico y, por último, se almacenan las coordenadas de cada uno de los puntos que se toman en la excavación con la estación total. Las relaciones establecidas hacen que la información geométrica de los puntos se incorpore a la tabla de UUEE, rellenando campos calculados como la cota mínima o máxima de forma automática, y desde esta se pueda consultar la información gráfica que, normalmente, contiene una fotografía de campo de la UE correspondiente y una planta de la misma en la que se incluyen los hallazgos (Fig. 3). En la actualidad el programa gestor de la base de datos, por razones de compatibilidad histórica con nuestro grupo de investigación, es Filemaker (FileMaker Pro® 12), aunque se está preparando una migración de los datos a PostgreSQL con la extensión espacial PostGIS. A partir de la consulta de la tabla de puntos se dibujan las plantas y se realiza su reconstrucción volumétrica.

El mallado de las UUEE se ha realizado con MeshLab, programa de manejo rápido y que tiene una amplia gama de algoritmos para reconstruir volúmenes que incluyen desde la envolvente mínima hasta la decimación de vértices (Fig. 4).

Los hallazgos que no se han documentado tridimensionalmente en la excavación (los que proceden de las labores de criba y lavado de sedimentos) se generan dentro del volumen de la UE correspondiente con una rutina en la que intervienen las librerías foreign (*R Core Team, 2016*), spatstat (*Baddeley & Turner, 2005*) y alphashape3d (*Lafarge & Pateiro-López, 2016*) del programa R (*R Core Team, 2015*). A partir de la

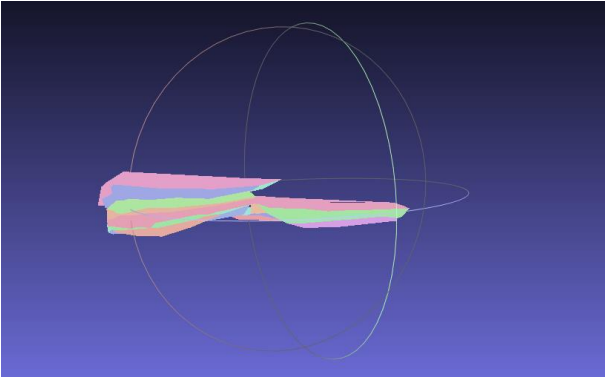
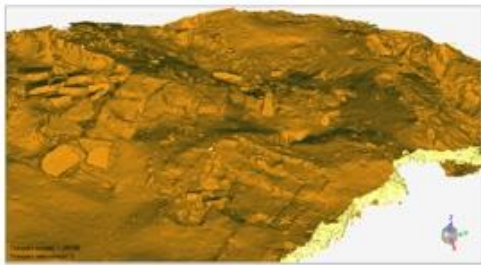


Figura 4: Virtualización estratigráfica 3D preliminar con MeshLab.

envolvente mínima 3D de los datos tomados en la cueva, se generan de forma aleatoria, tantos puntos como hallazgos, que luego se introducen de manera definitiva en la base de datos. Esta tarea es quizás la más novedosa metodológicamente hablando, porque en un paso previo se genera el volumen de cada una de las UUEE y posteriormente se generan los hallazgos que se han recuperado en cada una de ellas, siendo también posible introducir los volúmenes de las UUEE generados previamente. El proceso no es sencillo porque los volúmenes de las mismas pueden tener formas poliédricas complejas y, por ello, la generación de puntos en su interior no es un proceso simple, hay que comprobar que cada uno de los puntos generados se halla realmente dentro de la forma 3D de la UE y si es así validarlo hasta completar el número de hallazgos



Detalle interior, intervención Fortea



Entrada desde el exterior

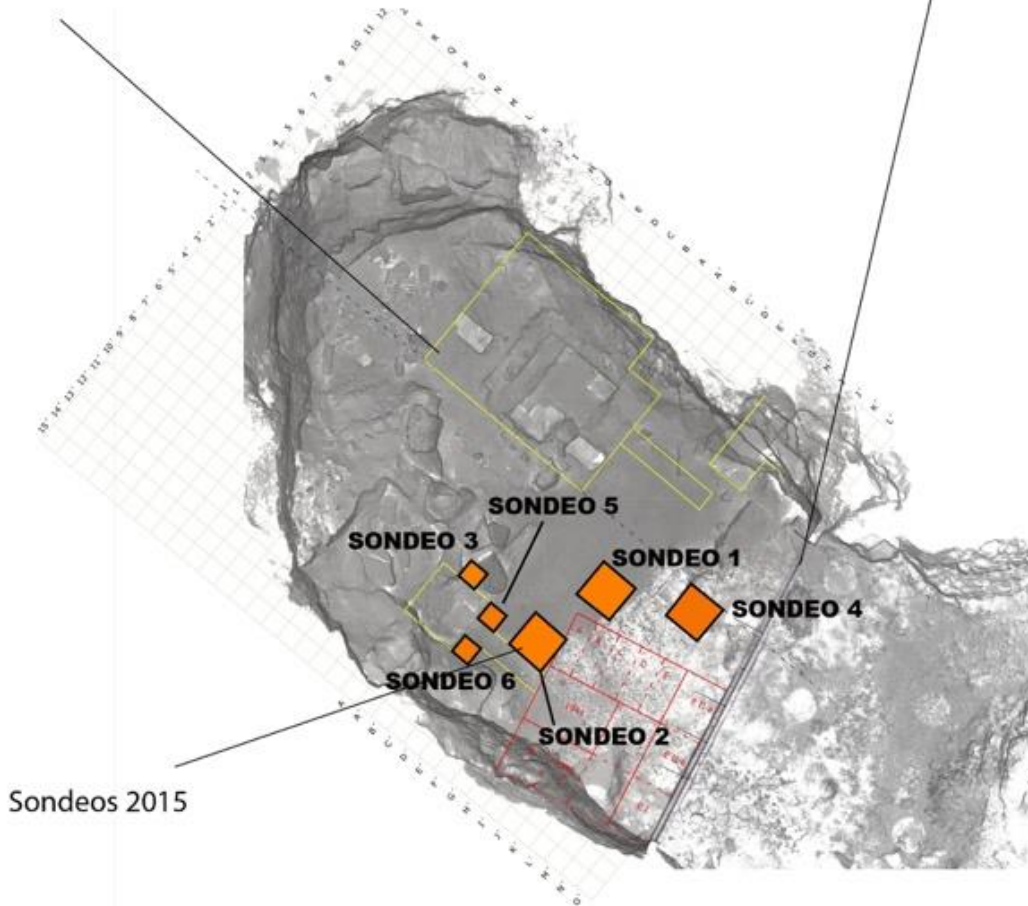


Figura 5: Resultados del escaneado láser 3D (FARO FOCUS 3D) para la Cueva de la Cocina.

necesario, gracias a la función *inashape3d* del paquete *alphashape3d* (Lafarge, Pateiro-López, Possolo, & Dunkers, 2014). Hasta este momento normalmente se generaban dentro del *bounding box 3D* (Mousavian, Anguelov, Flynn, & Cosecka, 2017) de cada UE, pero eso puede generar puntos fuera del volumen de la UE.

El aspecto metodológico se completa con la consolidación de los hallazgos en la base de datos y un protocolo que permite dibujar de forma semiautomática las plantas de cada una de las UUEE, varios scripts que permiten exportar los datos de la base de datos en formatos que son compatibles tanto con MeshLab, como con OpenJUMP o Qgis.

3. Resultados

La obtención del modelo de la cavidad ha propiciado un entorno de trabajo versátil que permite la digitalización de los datos métricos generados en el transcurso del trabajo de campo siguiendo el sistema de coordenadas que en su día planificó el profesor Javier Fortea (Fig. 5).

Los sondeos practicados por nosotros han seguido dicho sistema, de forma que será posible conectar la información métrica de los trabajos de campo efectuados en los años 1970, una vez incorporados a las bases de datos diseñadas para tal fin, con los generados en la actualidad. La implementación de este tipo de tecnologías en el campo arqueológico proporciona interesantes resultados que cabe condensar en un aspecto doble, en el sentido de que nos permite una ubicación correcta del yacimiento en cuanto a su situación en el espacio, pero también en referencia a las relaciones que las propias UUEE guardan entre sí.

En este sentido, una de las herramientas de provecho es la que nos permite la georreferenciación de distintos ítems que puedan ser de interés para la investigación. Mediante su uso, obtenemos tanto una corrección de la deformación de proyección inherente a la toma fotográfica como la geolocalización correcta del elemento en cuestión (Fig. 6).



Figura 6: Reconstrucción fotogramétrica de la UE 1083.

Por otro lado, el tratamiento informático de los datos recogidos en campo proporciona una mejor comprensión de las relaciones entre los mismos mediante su situación espacial; lo cual a su vez facilita su análisis e interpretación, así como la realización de cortes y capas virtuales, para cuya recreación se ha elegido, en este caso, el software Paraview, al considerar la buena relación velocidad-calidad en los aspectos de visualización, así como sus características específicamente diseñadas para el ámbito de la investigación (Fig. 7).

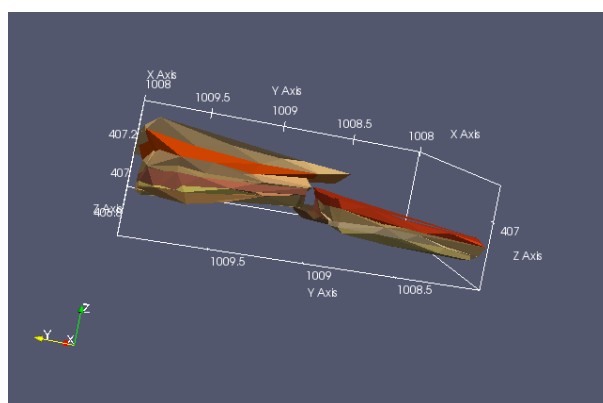


Figura 7: Acabado de las UUEE con Paraview.

En la intervención de 2015 en Cueva de la Cocina practicamos 6 sondeos en los que se definieron un total de 168 UUEE. Se digitalizaron los datos XYZ de 2192 puntos que definían cada una de las UUEE, así como la posición de los materiales que fueron recogidos *in-situ* durante la excavación. Los materiales recuperados en el proceso de flotación de los sedimentos han sido incorporados a cada una de las UUEE a través de su generación en el volumen de la UE correspondiente. La digitalización ha supuesto de este modo una mayor agilidad durante el proceso de toma de datos, así como de su proyección digital. De este modo, podemos observar las diferencias de frecuencia de aparición de los materiales en UUEE adyacentes o superpuestas (Fig. 8), así como apreciar cantidades totales, volumetría y densidad de los hallazgos localizados, con respecto a su propia UE, o incluso a la totalidad del área excavada. A partir de esta figura podemos visualizar resultados de interés referidos a la distribución del material arqueológico recuperado. La Figura 8 muestra cuatro gráficos 3D en los que queda representada la densidad de diferentes tipos de hallazgos en el sector cuatro de la intervención más reciente. Este sondeo se practicó en un área cercana a la actual entrada de la cavidad sobre una superficie de 4 m² correspondiente a los cuadros JE 1S, JE 2S, KE 1S, KE 2S.

Se excavó en capas sucesivas de 3 cm hasta alcanzar el nivel mesolítico intacto en uno de los cuadros. Los materiales representados se corresponden con los hallazgos de las UUEE de adscripción prehistórica, tanto la unidad CS-3 caracterizada por la presencia de cerámicas neolíticas, como la unidad CS-4 en la que destacan la presencia de microlitos geométricos y la ausencia de material cerámico. Nos interesaba especialmente esta comparación con el fin de explorar el patrón de distribución de los diferentes materiales entre ambas unidades. El gráfico nos muestra a este respecto resultados interesantes que marcan ciertas

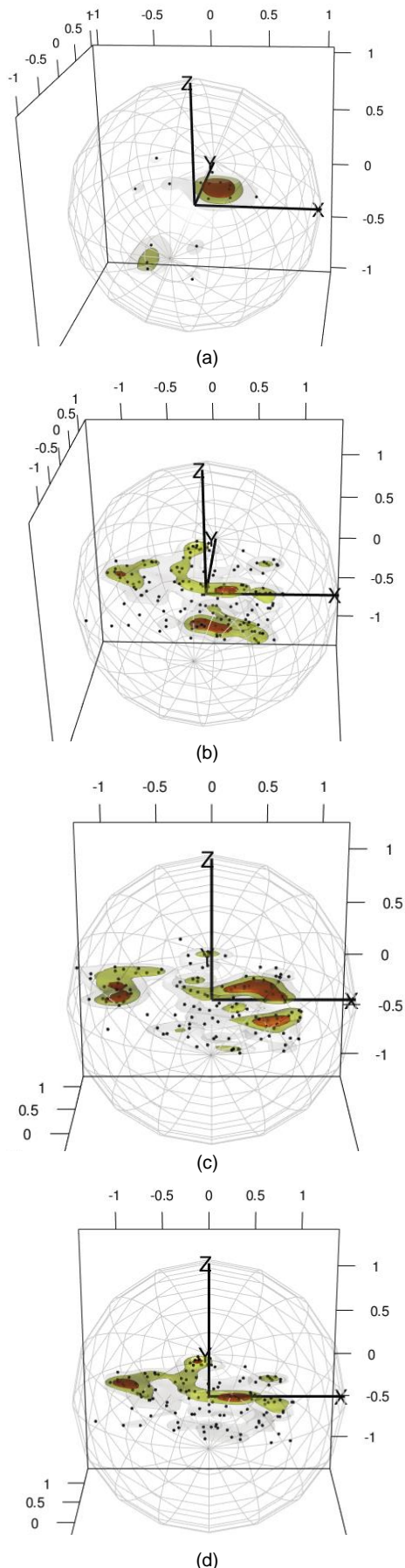


Figura 8: Representación de la densidad 3D de distintos tipos de materiales: a) cerámica, b) malacofauna, c) fauna y d) sílex en el sondeo 4. Realizados con el paquete VectStatGraph3D.

diferencias destacables. En este sentido, llama la atención ver cómo la distribución de cerámica (Fig. 8a) queda concentrada en un área determinada que no coincide con las áreas de distribución y concentración de fauna (Fig. 8b), malacofauna (Fig. 8c), o de los materiales líticos (Fig. 8d). Este aspecto apunta hacia la diferenciación en las formas de ocupación del espacio y también de acumulación diferencial de los vestigios arqueológicos entre las ocupaciones mesolíticas y neolíticas al menos en esta área de la cavidad.

Además de esa distribución divergente del conjunto de cerámicas y de restos líticos, el test de Rayleigh aplicado a cada uno de los conjuntos demuestra, sin embargo, que internamente su distribución es uniforme.

Precisamente, esa posibilidad de estudiar una determinada intervención de modo general, o bien de subdividirla en diferentes sondeos que pueden ser relacionados, todo ello en un mismo ámbito de trabajo, es una de las utilidades destacadas en el uso de este tipo de tecnologías. Dada la gran cantidad de información recuperada durante la excavación, cualquier elemento que agilice la gestión de datos supone un gran avance para una interpretación precisa de la información disponible.

En cualquier caso, como nos demuestra la ejemplar labor de campo del profesor Javier Fortea en la década de los setenta del siglo pasado registrando más de 8000 piezas arqueológicas *in situ*, el problema no es sólo registrar la información del material recogido durante la excavación, sino su posterior procesado y es aquí donde un protocolo de actuación como el seguido por nosotros demuestra su potencial (Fig. 9).

4. Perspectivas de futuro

Aparte de las grandes posibilidades metodológicas que ofrecen las herramientas SIG para la optimización de la labor de investigación arqueológica que ya son conocidas, su aplicación en otras facetas arqueológicas como la didáctica y la musealización contribuye no solo a una correcta conceptualización del objeto de estudio, sino también a una mayor y mejor difusión de esta disciplina. Uno de los elementos destacados en este sentido es la posibilidad de virtualización 3D, tanto de espacios generales, como de elementos particulares de especial interés. La combinación de ambos enfoques -la gestión de datos y su virtualización- nos permite expresar e integrar las tecnologías de información geográfica en una paradoja que las funde en el ejemplo presentado con la cotidianidad de las comunidades mesolíticas y neolíticas. La reconstrucción 3D del espacio de Cueva de la Cocina, con la implementación de los sondeos llevados a cabo en la excavación de 2015 constituye un buen ejemplo que sumar a los realizados en los últimos años (Feito Higuera & Segura Sánchez, 2010; Forte, 2011; Forte, 2014; Tejerina Antón, Bolufer i Marqués, Esquembre Bebia, & Ortega Pérez, 2012; Torres, Cano, Melero, España, & Moreno, 2010). La documentación 3D de yacimientos arqueológicos resulta cada vez más común gracias a las aportaciones tecnológicas de los escáneres 3D que facilitan la documentación 3D de los conjuntos arqueológicos gracias tanto a su "fácil manejo" como a costos cada vez más asequibles.

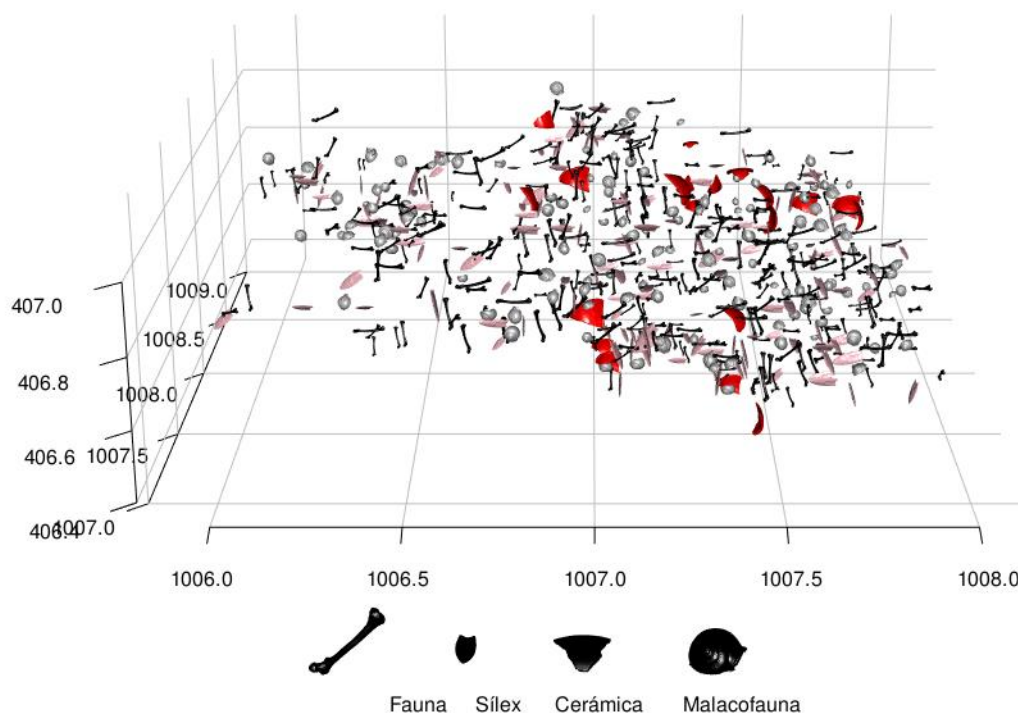


Figura 9: Distribución de los materiales arqueológicos provenientes del sondeo 4 realizada con el paquete rgl.

En la actualidad nuestro equipo de trabajo está trabajando en completar la base de datos con la información proveniente de las excavaciones de los profesores Lluís Pericot (1941-1945) y Javier Fortea (1974-1981). El volumen de materiales depositados en los fondos del *Museu de Prehistòria* de Valencia es muy elevado, dado que estos sondeos se practicaron en el área de mayor concentración de evidencias de ocupación humana en la cavidad.

Aplicando la misma rutina que a los materiales procedentes del cribado de los sedimentos de 2015, se pueden introducir los materiales no inventariados, escasos en las excavaciones de Fortea, atendiendo a sus unidades mínimas de excavación, que varía desde paquetes de 1.5 x 1.25 x 0.30 m (562 l) en los que además se mezclan tierras provenientes de distintos niveles hasta paquetes de 0.33 x 0.33 x 0.04 m (4 l) individualizados con criterios estratigráficos. El equipo del profesor Javier Fortea inventarió y registró tridimensionalmente más de 8000 piezas resultado de sus intervenciones, principalmente referidas al denominado sector A, cuya inclusión (prácticamente finalizada) facilitará un análisis pormenorizado de sus relaciones espaciales y una relectura del libro que ese equipo tan cuidadosamente documentó (Diez Castillo et al., 2016).

En el aspecto de visualización se va a proceder a la representación de las capas y hallazgos mediante su adecuada texturización con el apoyo de programas como MeshLab (Cignoni et al., 2008), CloudCompare (CloudCompare, 2016) y ParaView (Henderson, 2006). Del mismo modo hemos planificado la migración (o al menos la replicación) de la base de datos desde el entorno FileMaker al entorno PostgreSQL con su extensión espacial PostGIS, toda vez que el entorno PostGIS parece el lugar más adecuado para combinar los datos provenientes de nuestros escáneres terrestres con los datos tomados con la estación total (Smith & Levy, 2012).

5. Conclusión

La aplicación de técnicas de reconstrucción 3D al proceso de excavación de la Cueva de la Cocina ha demostrado ser un elemento que ayuda tanto en la gestión de datos, como en la virtualización de los diferentes momentos de ocupación de la cueva. Si bien la reconstrucción de yacimientos arqueológicos con nuevas tecnologías como los escáneres 3D es un hecho cada vez más común, no lo es tanto su aplicación en el día a día del proceso de excavación. En este sentido, nuestro protocolo de actuación demuestra que es posible combinar las técnicas tradicionales de excavación y documentación con las nuevas tecnologías en el trabajo arqueológico cotidiano. El trabajo realizado en Cueva de la Cocina supone, por ello, un pequeño paso hacia la normalización del uso de esas tecnologías a las excavaciones arqueológicas. Las posibilidades que se abren son inmensas y serán las actuaciones futuras las que pongan de relieve la potencialidad del trabajo de documentación realizado. Los arqueólogos tenemos una obligación deontológica para con el patrimonio que implica, de manera muy especial, la documentación de los hallazgos realizados durante la excavación.

En el caso de la Cueva de la Cocina hemos pasado de modelos 3D destinados principalmente a las labores de divulgación del patrimonio a incorporar esos datos a las tareas de investigación cotidianas del equipo arqueológico, eso permite que el esfuerzo de documentación realizado se pueda plasmar en diferentes trabajos de investigación.

Agradecimientos

El trabajo presentado se ha llevado a cabo en el marco del proyecto "MESO COCINA: los últimos cazarecolectores y el paradigma de la neolitización en el mediterráneo occidental" (HAR2012-33111), subvencionado por el Ministerio de Economía y Competitividad, Gobierno de España y el proyecto

HAR2015-68962, EVOLPAST: Dinámicas evolutivas y patrones de variabilidad cultural de los últimos caza-recolectores y el primer neolítico en el este peninsular (circa 7000-4500 cal BC). El escaneado láser de la cavidad ha sido efectuado por la empresa Global

Mediterránea & Geomática (Valencia). Los trabajos de campo se han llevado a cabo dentro del programa de investigaciones del SIP-*Museu de Prehistòria* de la Diputación de Valencia.

Referencias

- Adler D., Murdoch, D., Nenadic, O., Urbanek, S., Chen, M., Gebhardt, A., Bolker, B., Csardi, G., Strzelecki, A., & Senger, A. (2016). Rgl: 3D Visualization Using OpenGL. R package version 0.95.1441. <https://cran.r-project.org/package=rgl>
- Ayachit, U. (2015). *The paraview guide: a parallel visualization application*. Nueva York: Kitware, Incorporated. Retrieved from <https://www.paraview.org/paraview-downloads/download.php?submit=Download&version=v5.3&type=data&os=all&downloadFile=ParaViewGuide-5.3.0.pdf>
- Baddeley, A., & Turner, R. (2005). Spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. *Journal of Statistical Software*, 12(6). <http://doi.org/10.18637/jss.v012.i06>
- Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F., & Ranzuglia, G. (2008). MeshLab: an open-source mesh processing tool. In V. Scarano, R. De Chiara, & U. Erra (Eds.), *Eurographics Italian Chapter Conference* (pp. 129-136). The Eurographics Association. <http://doi.org/10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2008/129-136>
- CloudCompare Project (2016). CloudCompare (version 2.6) [GPL software]. Retrieved from <http://www.cloudcompare.org/>
- Diez Castillo, A., Cortell Nicolau, A., & García Puchol, O. (2016). Implementación de un SIG en la Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia). 10as Jornadas de SIG Libre, *en prensa*. Retrieved from https://www.academia.edu/26741747/Implementaci%C3%B3n_de_un_SIG_en_la_Cueva_de_la_Cocina_Dos_Aguas_Valencia
- Diez Castillo, A., García Puchol, O., Basile, M., Cortell Nicolau, A., & Tsanté, N. (2016). Propuesta de análisis tridimensional aplicado a la integración de las diferentes actuaciones arqueológicas realizadas en cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia). In *ARQUEOLÓGICA 2.0-8th International Congress on Archaeology, Computer Graphics, Cultural Heritage and Innovation*, (pp. 524-527). Retrieved from [http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/56578/diez_el_al2Proceedings Arqueologica 2.0.pdf](http://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/56578/diez_el_al2Proceedings%20Arqueologica%202.0.pdf)
- Felícísimo, A., Ruiz Cuetos, J. C., Polo García, M. E., Cuartero, A., & García Rodríguez, P. (2016). VecStatGraphs3D: Vector analysis using graphical and analytical methods in 3D. R package version 1.6. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=VecStatGraphs3D>
- Feito Higuera, F. R., & Segura Sánchez, R. J. (2010). Herramientas SIG 3D. *Virtual Archaeology Review*, 1(1), 87–91. <http://doi.org/10.4995/var.2010.4795>
- Forte, M. (2011). Cyber-Archaeology: Notes on the simulation of the past. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), 7–18. <http://doi.org/10.4995/var.2011.4543>
- Forte, M. (2014). 3D archaeology: New perspectives and challenges—the example of Çatalhöyük. *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies*, 2, 1–29. <http://doi.org/10.13140/2.1.3285.0568>
- Forza, J. (1973). *Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterráneo español*. Salamanca: Universidad de Salamanca (Memorias del Seminario de Prehistoria y Arqueología, 4).
- García Puchol, O., Juan Cabanilles, J., McClure, S. B., Diez Castillo, A., & Pardo Gordó, S. (2015). Avance de resultados de los nuevos trabajos arqueológicos en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia): campaña de 2015. *Saguntum (PLAV)*, 47, 251–255. <http://doi.org/10.7203/SAGVNTVM.47.7195>
- García Puchol, O., Juan Cabanilles, J., McClure, S. B., Pascual Benito, J. Li., Martí Oliver, B., Pérez Ripoll, M., Bernabeu Aubán, J., Pardo Gordó, S., Molina Balaguer, Li., Carrión Marco, Y., & Diez Castillo, A. (2014). Los últimos caza-recolectores en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia). En R. Sala (Coord.), *Los cazadores y recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el estrecho de Gibraltar* (pp. 370–372). Burgos: Universidad de Burgos/Fundación Atapuerca.
- gvSIG (2015): Retrieved from <http://www.gvsig.com/es/productos/gvsig-desktop>
- Henderson, A. (2006). *The ParaView Guide: A Parallel Visualization Application*. Nueva York: Kitware, Incorporated.

ENTORNO 3D PARA EL ANÁLISIS Y RECREACIÓN VIRTUAL DE LAS ACTUACIONES ARQUEOLÓGICAS 2015 EN CUEVA DE LA COCINA (DOS AGUAS, VALENCIA, ESPAÑA)

- Lafarge, T., Pateiro-López, B., Possolo, A., & Dunkers, J. P. (2014). R Implementation of a Polyhedral Approximation to a 3D Set of Points Using the α -Shape. *Journal of Statistical Software* 56(4), 1–19. <http://doi.org/10.18637/jss.v056.i04>
- Lafarge, T., & Pateiro-López, B. (2016). Alphashape3d: Implementation of the 3D Alpha-Shape for the reconstruction of 3D sets from a point cloud. R package version 1.2. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=alphashape3d>
- Laplace, G., & Méroc, L. (1954). Application des coordonnées cartésiennes à la fouille d'un gisement. *Bulletin De La Société Préhistorique Française*, 51(1-2), 58–66. <http://doi.org/10.3406/bspf.1954.12427>
- Mousavian, A., Angelov, D., Flynn, J., & Kosecka, J. (2017). 3D bounding box estimation using deep learning and geometry. *CoRR*, abs/1612.00496. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1612.00496>
- Olaya, V. (2009). Sextante, la librería de análisis geoespacial libre: presente y futuro. En *III Jornadas de SIG Libre*, Girona, España: SIGTE-Universitat de Girona. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10256.1/1035>
- Pericot, L. (1945). La Cueva de la Cocina (Dos Aguas). *Archivo de Prehistoria Levantina* 2(nota preliminar), 39–71. Retrieved from http://www.museuprehistoriavalencia.es/web_mupreva_dedalo/publicaciones/349/es
- Qgis Development Team (2015). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Retrieved from <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- R Core Team (2016). foreign: Read Data Stored by Minitab, S, SAS, SPSS, Stata, Systat, Weka, dBase, R package version 0.8-66. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=foreign>
- Smith, N. G., & Levy, T. E. (2012). Real-time 3D archaeological field recording: ArchField, an open-source GIS system pioneered in southern Jordan. *Antiquity*, 86(331). <http://antiquity.ac.uk/projgall/smith331/>
- Tejerina Antón, D., Bolufer i Marqués, J., Esquembre Bebia, M. A., & Ortega Pérez, J. R. (2012). Documentación 3D de pinturas rupestres con Photomodeler Scanner: los motivos esquemáticos de la Cueva del Barranc del Migdia (Xàbia, Alicante). *Virtual Archaeology Review*, 3(6), 64–67. <http://doi.org/10.4995/var.2012.4443>
- The Jump Pilot Project (2015). OpenJUMP SIG – The free and open source Java-based desktop SIG. Retrieved from <http://www.openjump.org/>
- Torres, J. C., Cano, P., Melero, J., España, M., & Moreno, J. (2010). Aplicaciones de la digitalización 3D del patrimonio. *Virtual Archaeology Review* 1(1), 51–54. <http://doi.org/10.4995/var.2010.4768>

ARTÍCULO 2

PARDO-GORDÓ, S., GARCÍA-PUCHOL, O., DIEZ-CASTILLO, A., McCLURE, S. B., JUAN-CABANILLES, J., PÉREZ RIPOLL, M., MOLINA BALAGUER, LI., BERNABEU AUBÁN, J., PASCUAL BENITO, J. LI., KENNET, D. J., CORTELL-NICOLAU, A., TSANTÉ, N., BASILE, M. (2018). “Taphonomic processes inconsistent with indigenous Mesolithic acculturation during the transition to the Neolithic in the Western Mediterranean”. *Quaternary International*, 483, pp. 136-147. DOI: 10.1016/j.quaint.2018.05.008



Taphonomic processes inconsistent with indigenous Mesolithic acculturation during the transition to the Neolithic in the Western Mediterranean

Salvador Pardo-Gordó^{a,b}, Oreto García Puchol^{a,*}, Agustín A. Díez Castillo^c, Sarah B. McClure^d, Joaquim Juan Cabanilles^e, Manuel Pérez Ripoll^a, Lluís Molina Balaguer^f, Joan Bernabeu Aubán^a, Josep Ll Pascual Benito^e, Douglas J. Kennett^d, Alfredo Cortell Nicolau^a, Nefeli Tsante^f, Martina Basile^f

^aPREMEDOC Research Group, Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga, Universitat de València, Spain

^bGRAMPO Research Group, Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain

^cGRAM Research Group, Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga, Universitat de València, Spain

^dDepartment of Anthropology, The Pennsylvania State University, 409 Carpenter Building, University Park, PA, 16802, USA

^eMuseu de Prehistòria-SIP, Diputació de València, C/ Corona 36, 46003, València, Spain

^fDepartament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga, Universitat de València, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Taphonomy
Geostatistics
Radiocarbon
Neolithic transition
Cocina cave

ABSTRACT

We applied taphonomic analysis combined with geostatistical approaches to investigate the hypothesis that Cocina cave (Eastern Iberia) represents an acculturation context for the appearance of Neolithic Cardial pottery. In the 1970s, Fortea suggested that this important site was a prime example of acculturation because of the presence of early Neolithic pottery in late Mesolithic contexts. Since that time Cocina cave has been heralded as an example of indigenous hunter-gatherers incorporating Neolithic cultural elements into their lifeways. We analyzed the area excavated by Fortea in the 1970s by digitizing archaeological records and testing the spatial distribution of artifacts using geostatistical analysis and high-resolution AMS radiocarbon dating. We contextualized the findings by discussing key issues of archaeological depositions with the goal to better understand the palimpsest that usually occur in prehistoric sequences. Our analysis indicates that the mixture of Mesolithic and Neolithic materials resulted from taphonomic processes rather than acculturation.

1. Introduction

Taphonomic approaches are crucial to investigate and explain archaeological palimpsests that usually define archaeological units (Dibble, 1987), particularly sites with deeply stratified deposits. Differentiating between natural and cultural processes (N-transforms vs. C-transforms; Schiffer, 1983) is essential for reconstructing past human behavior. Several Paleolithic and Neolithic assemblages have been analyzed in this manner, focusing on the nature of the deposition as a result of natural and/or cultural factors (see Malinsky-Buller et al., 2011 for references) or examining the integrity of activity areas on living surfaces (Leakey, 1971; Dibble et al., 1997). Some cases emphasize faunal assemblages due to the ability to distinguish natural and cultural processes, such as carnivore activities or marrow extraction (Stahl, 1996). Other work highlights systematic survey to determine the

degree of displacement of surface collections according to mechanical attributes described in the lithic and pottery record (Barton et al., 1999, 2004).

In this paper we focus on the stratigraphic sequence of Cocina cave (Dos Aguas, Valencia), a well-known site and major point of reference for the Neolithic transition on the Iberian Peninsula. In the 1970s Javier Fortea conducted several seasons of fieldwork in order to establish the archaeological sequence of the site (Fortea Pérez et al., 1987). He identified an archaeological unit named ‘H Level’ and interpreted it as an acculturation context due to the presence of Early Neolithic pottery in a Late Mesolithic lithic context, known as ‘blades and trapezes Mesolithic’ or ‘Geometric Mesolithic’ in the Iberian literature. This interpretation confirmed his previous research on material from Pericot, 1945 excavation. Accordingly, Fortea interpreted the long archaeological sequence by dividing it into several phases starting with the

* Corresponding author.

E-mail address: oreto.garcia@uv.es (O. García Puchol).

Late Mesolithic (*Geometric Mesolithic* phase A (with trapezes) and B (with triangles Cocina type) deposits in the bottom, followed by subsequent levels with pottery that Fortea considers as a consequence of an acculturation process (Fortea Pérez, 1973).

We apply a taphonomic analysis of the archaeological record recovered from Fortea's H level in order to evaluate the degree of disturbance of the sequence and, therefore, the strength of the interpretation offered 35 years ago by Fortea. To do this, we followed a multi-step procedure: 1) digitized spatial information related to individual artefacts and ecofacts recovered in Fortea's fieldwork; 2) tested the degree of disturbance in relation to the living floors based on spatial analysis; 3) generated refit information of pottery remains and analyzed bone processing patterns; and 4) placed the resulting data in a robust chronological framework.

2. Archaeological framework

2.1. Post-depositional problems in the Neolithisation process of Iberia: an overview

The spread of farming and herding practices along the Western Mediterranean is explained through demic and/or cultural models (Zvebil, 2000; Guilaine, 2001; Cruz Berrocal, 2012; Fort, 2012; Pardo Gordó et al., 2015; Bernabeu Aubán et al., 2017; García Puchol et al., 2017b; Isern et al., 2017; Pardo-Gordó et al., 2017a; Perrin et al., 2017). This debate also exists in Iberia where most researchers consider some degree of demic expansion supported by DNA results (Olalde et al., 2015). The first domesticated plants and animals arrived in this region *circa* 7600 cal. BP associated with Impressed Ware pottery. Early Neolithic settlement shows a primary coastal dispersal pattern, while following major waterways as the Ebro river. Although a current consensus focuses on a north-eastern dispersal route (Bernabeu et al., 2009; Zilhão, 2014), some research has opened the possibility that African contact may have played a role as well (Manen et al., 2007; García Borja et al., 2014; Isern et al., 2014; Pardo Gordó, 2015).

Despite the emphasis on demic diffusion, examples of acculturation continue to be examined based primarily on radiocarbon dates that were not consistent with the general chronological framework (García Puchol et al., 2017d). Some of these are contexts where Neolithic materials (e.g., pottery or domestic animal bone) were found in Late Mesolithic levels. A few papers have emphasized the problems relating to radiocarbon dates and these archaeological contexts (Bernabeu et al., 1999, 2001). In the 1990s, Zilhão (1993) criticised particular radiocarbon dates and opened the debate of the existence of stratigraphic disturbances behind some early dates associated with Neolithic remains.

In order to identify this kind of palimpsests, Bernabeu et al. (1999) identified distinctive patterns of faunal remains based on meat processing between hunter-gatherer and farmer groups. The focus on faunal remains triggered interest in using taphonomic data to identify disturbed deposits (Bernabeu et al., 2001). Bernabeu et al. (2001) concluded that hunter-gatherer practices of processing meat resulted in specific fractures and cut marks associated with removing flesh and extracting bone marrow. In contrast, bones in Neolithic contexts did not exhibit the tell-tale signs of marrow extraction. In addition, the presence of canid marks on bones were widespread in farming contexts, again suggesting different taphonomic processes for the deposition of bones at these sites (Bernabeu et al., 2001). These examples highlight the complexities with reconstructing behavioral practices in archaeological sites occupied over long periods of time. A correspondence analysis of the data revealed 3 different groups: a) Mesolithic; b) Neolithic and c) Mixed (including Mesolithic or other pre-Neolithic levels). The majority of archaeological levels included in this last group were from sites with long sequences that encompass Neolithic and pre-Neolithic levels. Radiocarbon dating of levels from this mixed group illustrate the need to select high quality short-lived samples (e.g., seeds

or animal bones, Bernabeu et al., 2001).

In the 2000s, Zilhão (2001) proposed the Maritime Pioneer colonization model based on the analysis of radiocarbon dates from domestic remains that were published at that time in a wide region spanning southern Italy to Portugal. The model indicates how the spread of farming took place very quickly and suggested a coastal route, a hypothesis that has recently been expanded and corroborated using computational modelling (Pardo Gordó, 2015; Bergin, 2016; Isern et al., 2017). At the same time Zilhão (2001) highlighted the necessity to focus on radiocarbon dates on domesticated plant and animal remains to define the spread of the Neolithic.

Debate continues regarding the role of acculturation in Iberia and is fueled by the publication of radiocarbon dates on old wood and/or whose results do not support the expected archaeological association (see Bernabeu, 2006; Rojo et al., 2006; Alday, 2011; Zilhão, 2011; García Puchol et al., 2017c). Some papers highlight the need to directly date domestic remains in order to characterize the onset of the Neolithic, while others have pointed to the difficulty of identifying domesticated remains in some animal genera (*Capra*, *Ovis*, *Bos*, *Sus* and *Equus*), suggesting the need to apply molecular techniques in to eliminate uncertainty (Wood, 2015).

Summarizing, emphasis should be put on the identification of criteria used to define Neolithic contexts and sampling them with high quality radiometric programs considering the: 1) identification of plant and animal remains, 2) selection of short lived samples, 3) application of ultrafiltration methods and molecular analysis if necessary (Kennett et al., 2017), 4) analysis of results according to accurate information provided by laboratories, 5) and Bayesian modelling as a chronological approach (Kennett et al., 2014).

2.2. The site of Cocina cave

Cocina cave is a well-known archaeological site located in eastern Spain (Fig. 1).

The sequence includes Holocene levels with evidence of episodic use by Mesolithic hunter-gatherers over the course of a millennium, and several discontinuous archaeological levels dated from the Early Neolithic until the Bronze Age (García Puchol et al., 2017a). The presence of Early Neolithic pottery (Impressed ware) among Geometric Mesolithic levels (Castelnovian tradition including blades and trapezes) has been interpreted previously as evidence for the acculturation of Mesolithic hunter-gatherers (Fortea Pérez, 1973).

The first archaeological investigations in the cave took place in the 1940's, when Pericot excavated a large area of 80 square meters at the entrance of the cavity (south-eastern area) over the course of 4 seasons. Results of these excavations showed the richness of the archaeological record (Pericot, 1945), although it was Javier Fortea in the 1970's who highlighted the importance of the site for the Mesolithic-Neolithic transition after analyzing the lithics from the 1945 campaign (Fortea Pérez, 1973). The study showed potential for characterizing the last hunter-gatherer cultural sequence and the processes associated with the appearance of the first Neolithic people in the region. Fortea's work focused on the hypothesis that Cocina cave represented evidence of acculturation whereby the last hunter-gatherer groups became farmers in a gradual process (Fortea Pérez, 1973). Using new excavation methodologies that included recording all archaeological remains in three-dimensional space, Fortea worked at Cocina cave for seven field seasons, from 1974 to 1981, excavating a large area in the inner part of the cave. Unfortunately, most of the information from his project remained unpublished (Fortea Pérez et al., 1987).

Our current research projects, *MESO-COCINA* (Har2012-33111) and *EVOLPAST* (Har2015-68962), constitute a renewed attempt to investigate site deposits in the context of the Neolithic Transition. One of the goals is to analyze the cultural and biotic assemblages recovered in the previous excavations with new methodological advances in archaeometry and include the spatial data in a 3D environment (Diez Castillo et al.,

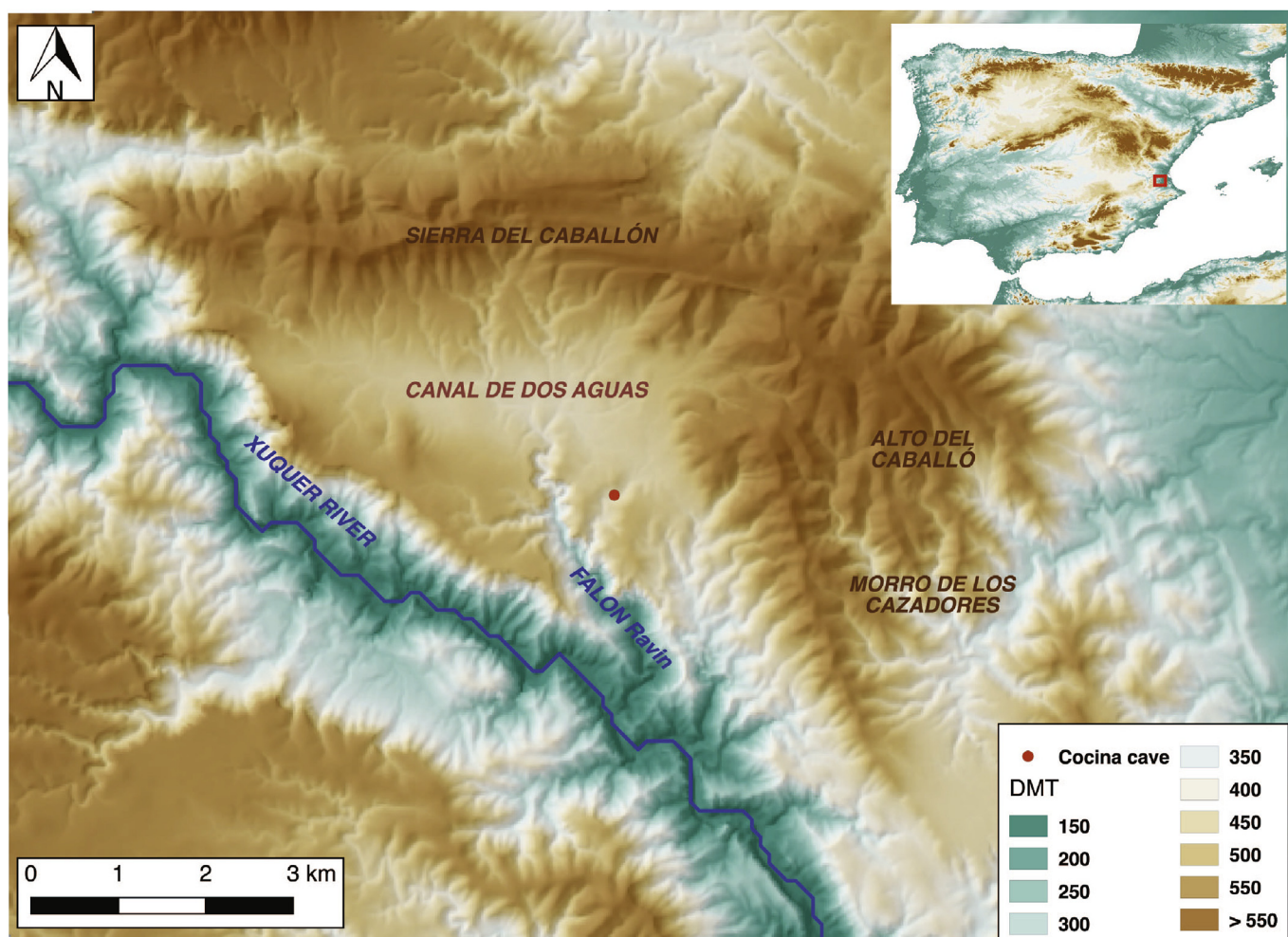


Fig. 1. Geographical location of Cocina cave in the Iberian Peninsula with the La Canal area, mountain ranges, and Xúquer river.

2017). The new excavation program (from 2015 until now) attempts to resolve specific questions about the spatial, sedimentary, stratigraphic and chronology to better understand this sequence within the context of Holocene socioecological dynamics in the Western Mediterranean context (García Puchol et al., 2015a, 2015b; 2017b; Pardo-Gordó et al., 2016, 2017b).

3. Materials and methods

3.1. Stratigraphic and chronological data

As indicated above, in this paper we focus on the stratigraphic data of Fortea's fieldwork conducted in the 1970s as extracted from his field notebooks, maps and pictures deposited in the Museu de Prehistòria de València/SIP. Fig. 2 shows the plan of the cave and indicates the different excavation trench by season. This wide cavity (20 × 30 m) has a sedimentary sequence consistent with the surrounding central plateau. Fumanal's sedimentological study (1986) describes a basal Pleistocene deposit that forms a pronounced basin in the south-east (by the entrance and southern wall) and was filled by Holocene archaeological deposits. The access to the cave is located opposite a pronounced meander of the La Ventana ravine with an occasional, seasonal stream. Strong storms may flood the inner portions of the cavity and disturb the deposits.

Taking the geomorphology into account, Fortea planned his fieldwork in the inner part, in a central area located to the north of Pericot's excavation units. Fortea's excavated area extends over 25 m² and was

unequally dug from the top of the sediments until a natural deposit formed by red clay. The stratigraphy showed important differences between both Pericot and Fortea's areas. While Pericot reached a maximum depth of over 4.5 m just in the south-eastern corner, the thickness of the archaeological sequence in Fortea's area is shallower (around 0.6 m). The explanation of these differences requires the combination of both natural features and cultural agencies.

The stratigraphy described by Fortea covers a succession of natural and cultural levels. Not only he did record the 3d provenance of every single archaeological remain, but he also took aerial photographs with a high definition camera mounted on a fixed structure considering artificial layers not deeper than 5 cm. From the top to bottom several levels were identified as follows: 1) The upper part, from levels A to D, was described as disturbed units made up of organic material as a result of the long history cave use as animal pens (sheep and goat) from pre-history to the present, 2) the E level was characterized by the presence of handmade pottery, 3) the F level is a muddy layer that witnessed a significant flood of the cave, 4) the G level incorporates only prehistoric materials where pottery remains can be attributed to either the Chalcolithic or the Bronze Age period, 5) and finally the H level where Fortea identified several living floors mainly from the presence of a possible hearth.

To understand this proposal of several living floors surrounding the possible hearth structure, we focus our analysis here on Fortea's description of level H. We were able to reconstruct the four living floors Fortea identified from the fieldwork notebooks and photographs. At the beginning of the season's campaign, Fortea described the presence of a



Fig. 2. Georeferenced orthophotograph extracted from a photogrammetric model of Cocina cave with Pericot, Fortea and García-Puchol excavation trenches.

Table 1

Radiocarbon dates available for Cocina cave. All dates were calibrated in Oxcal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009) using Intcal curve (Reimer et al., 2013).

Laboratory	BP	sd	Method	Material	Species	Trench	Layer	δ13C	δ15N	C:N	Reference
UCIAMS-147346	6970	35	AMS	Animal bone	<i>Cervus elaphus</i>	Pericot 1941	Layer 3	−19.5	4.0	3.25	García-Puchol et al., 2017b
UCIAMS-145194	7300	30	AMS	Animal bone	<i>Cervus elaphus</i>	Pericot 1941	Layer 6	−20.3	3.9	3.20	García-Puchol et al., 2017b
UCIAMS-145195	7475	25	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1941	Layer 8	−20.4	4.2	3.18	García-Puchol et al., 2017b
UCIAMS-147347	7415	35	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1941	Layer 11	−19.5	3.8	3.22	García-Puchol et al., 2017b
UCIAMS-147348	7905	40	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1941	Layer 13	−19.0	4.5	3.24	García-Puchol et al., 2017b
Beta-267435	6840	50	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1945	Layer 6	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
Beta-267436	7080	50	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1945	Layer 8	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
Beta-267437	7050	50	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1945	Layer 10	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
Beta-267438	7350	40	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1945	Layer 12	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
Beta-267439	6760	40	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1945	Layer 13	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
Beta-267440	7610	40	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Pericot 1945	Layer 17	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
Beta- 426849	6350	30	AMS	Charcoal	<i>branch pinus sp</i>	García Puchol 2015	Trench 3 UE1030	nd	nd	nd	García-Puchol et al., 2017b
UCIAMS-174145	4425	25	AMS	Animal bone	<i>Ovis aries</i>	Fortea 1976-81	D6, level G	−22.4	4.2	3.47	This work
UCIAMS-174146	3725	20	AMS	Animal bone	<i>Ovis aries</i>	Fortea 1976-81	D5, level H, layer 4	−20.3	4.5	3.41	This work
UCIAMS-145198	6985	25	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Fortea 1976-81	B5, level H, layer 2	−19.2	4.4	3.16	This work
UCIAMS-145196	7455	25	AMS	Animal bone	<i>Cervus elaphus</i>	Fortea 1976-81	B4, level H3, layer 5	−20.2	4.8	3.17	This work
UCIAMS-145197	7710	30	AMS	Animal bone	<i>Capra pyrenaica</i>	Fortea 1976-81	B4, level H4, layer 6	−19.1	4	3.15	This work

possible hearth in Square B4. In order to investigate the spatial distribution around this structure he divided level H in two probable living floors based on two possibilities, excluding level H sup (layer 2): a) the first living floor (H1) is on top of the fireplace structure, and b) the living floor starts near the bottom of a series of stones that may have been the boundaries of the fire structure (H2). Finally, he decided to distinguish H3 and H4 living floors based on the subsequent layers excavated until the bottom of the structure. Regarding the hearth, he pointed to the presence of charcoal and burnt stones as support for this interpretation. At the end of the season's fieldwork, he combined stratigraphic and archaeological data in order to propose the four living floors described, placing H1 with the VIth stratum (following Fumanal's analysis in 1986), while H2, H3 and H4 were linked with the VIIth stratum. The following level, J level, was included in stratum VIII. Interestingly he decided to exclude Squares D and level H layer 2 (excluding also A4 square layer 2) from the proposed living floors, an aspect we will turn to in more detail later. This is the reason why some archaeological materials are classified as level H more generally (D square [level H] and level H [layer 2]) without corresponding to a particular living floor.

A Bayesian chronological framework has been recently created to correlate different excavation areas into a high quality temporal sequence (Juan-Cabanilles and García Puchol, 2013; García Puchol et al., 2017c; Pardo-Gordó et al., 2017c). In order to investigate the temporal sequence in the main areas excavated by Fortea we selected a series of faunal samples from domestic and wild remains (Table 1) for analysis (mainly large bone in order to minimize the movement through layers). Five new radiocarbon dates have been obtained: two from domestic remains identified as *Ovis* and three samples from *Capra pyrenaica* with cut marks from butchering. The samples were prepared in the Human Paleocology and Isotope Geochemistry Laboratory at The Pennsylvania State University following existing protocols for collagen extraction, ultrafiltration and XAD filtration (McClure et al., 2010; Hoggarth et al., 2014; Kennett et al., 2017). They were then sent to the University of California Irvine Keck AMS facility for radiocarbon dating.

Here we focus on the analysis of the living floors proposed by Fortea, where impressed pottery, including Cardial impressed wares, were found associated with Mesolithic stone tools. It is based on this co-occurrence that Cocina Cave is thought to be an example of acculturation during the Neolithic transition in the western Mediterranean.

3.2. Variables used to explore post-depositional problems

We present the first classification of pottery and faunal remains regarding Fortea's excavation focusing on the H level data; we also use

general lithic information (spatial distribution), since more detailed analysis are currently ongoing.

3.2.1. Pottery record

The four living floors defined in level H contained an assemblage of 39 prehistoric sherds unequally distributed within the level (Table 2), while the upper part of the level that is not included in the living floors had a total of 163 sherds.

Most of the sherds are highly fragmented and altered due to depositional and post-depositional conditions. Almost all of them show evidence of erosion on their surfaces, making it difficult to recognize original surface treatments and in some cases calcareous accretions covered the surfaces. A third of the remains also show rounding on the edges, suggesting they were moved before their final inclusion in the archaeological record. This post-depositional alteration is more common in the pottery collected in the upper layer of H Level (layer 2) and those from D squares, reaching up to 40% of the sample. In contrast, presence of edge rounding is more restricted in the rest of the collection – 5.5% at G Level and 7.7% of the sherds collected from the occupation floors H-1 to H-4, however only a few sherds could be refit.

Morphological traits of the pottery assemblage from D squares of Level H also share some important similarities with those from the upper G Level: despite the relatively high quantity of sherds collected, decorations are almost absent, and among the few cases with some kind of typological information, the S-shaped recipients with short necks are well represented.

The pottery recovered from the western part of layer 2 and those from the occupation floors H-1 to H-4 clearly display different characteristics. In the assemblages from the living floors, decorated pottery displays a variety of impression techniques, including Cardial, incised and *appliqué*, typical for the regional Early Neolithic (Fig. 3). The use of a serrated object (*gradina*) to decorate vessel surfaces is a typical feature of assemblages from later phases of the Early Neolithic, around the last part of the VIII millennium cal. BP (Bernabeu and Molina, 2009; Bernabeu et al., 2011).

The presence of decorative traits similar to those industries from coastal areas, where Early Neolithic communities are well established from the middle of the millennium, can be also extended to the technological characteristics of the pottery: sherds display black cores resulting from reduced firing atmospheres, very fine temper with no use of calcite (common in later periods throughout the region), and well-polished surfaces (when identifiable). Despite location of the site and the general Mesolithic context, the general characteristics of the pottery are a close fit with those that define the Early Neolithic ceramic collections of Eastern Iberia (Bernabeu, 1989; Bernabeu et al., 2011; García Borja et al., 2011). Unfortunately, the high degree of

Table 2

Pottery remains in Fortea's trench. H column (with no reference to number of living floors) includes all the ceramics located out of the living floors considered by Fortea: layer 2 of squares A to C and all the layers (1–5) of D squares. N.S: Number of sherds; Dec. S: Number of decorated sherds. Tech: Decoration technique; 21: Plain appliqué; 312: Cardial; 251: Impressed appliqué; 431: Comb Impression; 611/411: Incision and impression.

Square	G			H			H1			H2			H3			H4			
	N. S.	Dec. S.	Tech	N. S.	Dec. S.	Tech	N. S.	Dec. S.	Tech	N. S.	Dec. S.	Tech	N. S.	Dec. S.	Tech	N. S.	Dec. S.	Tech	
A3				2			1												
A4																			
A5							1							2					
A6				6			1												
B2				2															
B3				1			5	3	431-611/411	2			1			1			
B4				11	2	312	2						2			7	1	21	
B5							1						1						
C2	22																		
C3	34			19	1	312	2												
C4							3			1									
C5				1															
C6							2												
D2	61			28	1	251													
D3	80			45															
D4	88	1	21	43															
D5	4			5															
E2	21																		
E3	7																		
E4	5																		
E5	12																		
E6	16																		
TOT	350	1		163	4		18	3		4	0		6	0		8	1		



Fig. 3. Decorated pottery from H level. 1: Cardial (H sup. B4); 2: Cardial (H sup. C3); 3: plain appliqué (H4 B4); 4: Incised-Impressed (H sup. D2); 5: Incised-Impressed (H1 B3); 6: Comb Impressed (H1 B3).

Table 3

Faunal remains in Fortea's trench. NISP: Number of remains. L: Number of bones with lithic marks. FR: Number of bones with anthropic fractures.

	Equus	Bos	Equus/Bos	Cervus elaphus	Capra pyrenaica		Rupicapra Rup.	Ovis/Capra	Sus	Canidae	Meles m.	Oryctolagus cun.					
H1	NISP	NISP	NISP	NISP	L	FR	NISP	NISP	NISP	NISP	NISP	NISP	L	FR			
A3, c3				11		2	22			1		3		1			
A4, c2				9	2	3	22					4		2			
A5, c3				3		2	12		1?	1		2					
A6, c3		2		5	1	1	25			1		2					
B3, c3				4		1	9					1					
B4, c3				6	1	2	26			2		2					
B5, c3	1			7	2	2	32					8		2			
C2, c3				2			21					2					
C3, c5	1			4	1	1	24					8					
C4, c4				2			9			1		1					
C5 c3				4	2	2	8			1		1	1	1			
C6, c3				2		1	8					2					
H2																	
A3 c4				4			7					2					
A4 c3	1			6		2	36					4					
B3 c4				3			20			1		3					
B4 c4				9		2	39	1		2		9	1	3			
B5 c4				1		1	6	1				1		1			
C3 c6				1		1	4		1?			6		1			
C4 c6			1	18		4	79	7		3		17	1	3			
C5 c4				9		3	41	3				7		2			
H3																	
A3 c5				6		2	8					2		1			
A4 c4				1			16	1									
B3 c5				10			27					5		1			
B4 c5							22	1		2		3		1			
B5 c5	1			14	1	4	49	1		3		12		2			
C3 c7				10	2	1	32				1	4		1			
C4 c7				8		1	21					6					
C5 c5				6		2	22			2		6		2			
H4																	
A3 c6							2										
A4 c5							2										
B3 c6				2	1	1	17										
B4 c6				20	2	6	73					1					
B5 c6							9										
C3 c8				1	1		20	1				6		1			
C4 c8				6	1	2	18	1				2		1			
C5 c6				4		1	19			1		3					
TOTAL	4	2	1	198	17	50	807	36	121	1	1	20	1	1	135	5	24

fragmentation prevents us from identifying the kind of vessels such as *ollas*, plates, or bowls present in the cave and to infer any possible related use.

3.2.2. Faunal remains

A total of 1171 recognizable faunal remains were identified from the living floors. Table 3 lists these classifications by species and stratigraphic context.

Notably the faunal remains are largely from wild animals with only three domesticated taxa identified (two of them with some doubts). Previous work has highlighted some of the difficulties in determining wild from domestic *Ovis* and *Capra* that largely depends on specific morphometric and morphological traits (Wood, 2015), or biomolecular methods (Martins et al., 2015). Although this collection was analyzed in the past by one of us (Pérez Ripoll in Fortea Pérez et al., 1987), we recently revised the analysis to conform with current classification techniques. In sum, there is generally a low presence of domesticated animals in this assemblage, and they are mainly located in the uppermost Late Neolithic/Chalcolithic level (level G). *Capra pyrenaica* (68.9%) predominate in Level H followed by *Cervus elaphus* (16.9%). This is not surprising given the mountainous landscape surrounding the site. Carnivorous species are present but are few in number. In regard to small prey, remains of *Oryctolagus cuniculus* are relatively low in number given their predominance at other Epipaleolithic and

Mesolithic contexts in the region (Bernabeu et al., 1999; Pérez Ripoll and García Puchol, 2017). Specific fractures and marks for extracting flesh and bone marrow correspond with the hunter-gatherer pattern explained above (see Bernabeu et al., 2001 for details). Consequently, the faunal composition of Fortea's level H living floors supports the interpretation as a special purpose site specialized in goat hunting (Pérez Ripoll and García Puchol, 2017).

3.3. Spatial analysis and statistical approach

The spatial distribution of the archaeological remains from the level H living floors was analysed using Geographical Information System software, *Quantum GIS v. 2.18 "Las Palmas"*. The application of GIS to archaeological remains allows us to generate density distributions. These densities were applied to several kinds of archaeological remains (lithics, pottery and fauna) and can help to dissect the palimpsest and identify taphonomic phenomena. Density maps are generated using statistical measures, including kernel estimation. Distribution of archaeological information for each living floor was analyzed using several statistical measures. For example, in order to explore the geographical autocorrelation indices like Moran (1950) or Nearest Neighbour Index (Clark and Evans, 1955) may be used and both have been broadly applied in archaeological and anthropological research. Here we apply the Nearest Neighbour Index (NNI) because it is useful

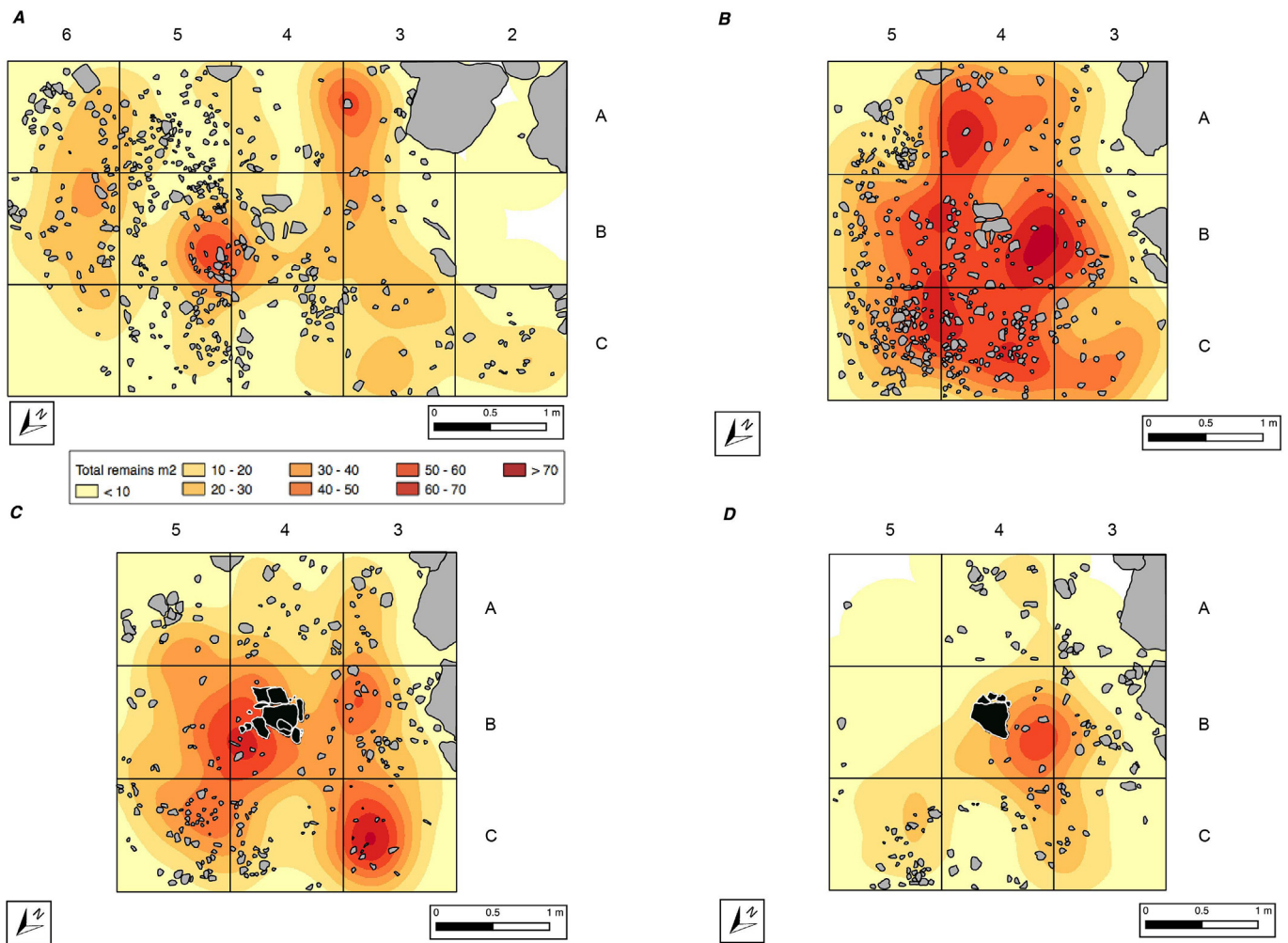


Fig. 4. Spatial distribution of archaeological remains by living floor: a) H1, b) H2, c) H3, and d) H4. See the web version of this article for interpretation of color in this figure legend. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

for explore randomness and clustering of archaeological distributions. In other words, it is a statistical solution for measuring the spatial relationships between members of a population (either artefacts or ecofacts). Statistical analyses were carried out using R software (Core Team, 2016), specifically the R package ‘*spatstat*’ (Badeley and Turner, 2005).

4. Results

4.1. Spatial distribution

As we noted above, a total of four living floors were identified by Fortea. Most of the archaeological material in each living floor was composed of faunal remains, marine and terrestrial shells, lithics and pottery. Here we focus on fauna, lithics and pottery in order to explore the depositional history of the archaeological record of these contexts.

First, density calculations using the total number of archaeological remains recovered from each living floor shows two interesting features: in H1 and H2 (Fig. 4a and b) density results reflect an amalgam where it is not possible to identify any spatial pattern. Conversely, H3 and H4 exhibit the highest density of archaeological remains in specific squares adjacent to the location of the hearth identified by Fortea (Fig. 4c and d).

Now, the next question that emerges is if there are differences when we analyze the different classes of archaeological material separately. Accordingly, we calculated density of each group of remains in order to

obtain the spatial patterns (figures of densities can be consulted in supplementary information). Faunal remains (SI Fig. 1) are present in three clusters located in the Southwest part of the area of the living floor H1. In contrast, in H2 we can observe a clear cluster surrounding the central unit of the excavation area, the unit where Fortea identified a fireplace or hearth. In the next living floor (H3), the densities are similar to H2, but they are located in the adjacent square to where the fireplace was identified. Finally, H4 offers the same pattern as H2 and H3 with the highest density of animal bones located close to the hearth. In H1 lithic remains (SI Fig. 2) were distributed in several clusters and the spread of the lithics throughout the excavation area makes it impossible to identify any clear spatial pattern. Densities from living floor H2 indicate a high concentration in the north area, although other lower densities appear surrounding the central area with the hearth feature. In living floor H3 we can see the same pattern as in H2, but here the small accumulation located in the central area may be related to the fireplace. In the last living floor (H4), although some clusters could be identified, the highest one is located next to the fireplace allowing us to see a correlation between the fireplace and the cluster. Finally, the pottery densities present an interesting spatial distribution. Living floor H1 and H2 (SI Fig. 3) pottery exhibits the same general pattern as the lithics and faunal remains. Nevertheless, in H1 a more even distribution of pottery fragments throughout the area can be observed, while in H2 the lower number of sherds results in the formation of several clusters that blur the accumulation remains away from the fireplace. More interesting are H3 and H4. In the case of H3, the

Table 4
Results of the Clark-Evans test based on alternative hypothesis as “two side”.

	Archaeological info.	Clark-Evans	pvalue (two.sided)
Living floor H1	All remains	0.79	0.002
	Pottery	0.865	0.37*
	Fauna	0.73	0.002
	Lithics	0.61	0.002
Living floor H2	All remains	0.86	0.002
	Pottery	0.89	0.74*
	Fauna	0.8	0.002
	Lithics	0.75	0.002
Living floor H3	All remains	0.79	0.002
	Pottery	0.75	0.36*
	Fauna	0.78	0.002
	Lithics	0.78	0.002
Living floor H4	All remains	0.8	0.002
	Pottery	0.4	0.004
	Fauna	0.73	0.002
	Lithics	0.64	0.002

*symbol indicates that results are not statistically significant at $p < 0.05$.

concentration of pottery is located surrounding the fireplace, similar to the density of sherds near the fireplace in H4. This pattern is similar to the lithic distribution in the same floor.

4.2. Geostatistical analysis

In order to characterize the nature of distributions for each archaeological subset (fauna, lithics and pottery) we calculated the NNI (or Clark-Evans Index), but we applied a correction centered on smoothing the boundaries (Donnelly, 1978) and also a Monte Carlo simulation to perform the p-value (1000 iterations). In our first calculation of the Clark-Evans test the analysis is based on the assumption that the points have a complete spatial randomness (H_0) while the alternative hypothesis (H_1) is that the points are not located randomly. That is to say is that when R is not equal to 1, our data can have a clustered or regular pattern. Table 4 presents the results of this test that show that all archaeological remains can be explained by a distribution based on regular or clustered trends (although note that the ceramic remains of H1 to H3 are not statistically significant).

We decided to calculate Clark-Evans again in order to identify the point pattern (Table 5) and applied two different and alternative hypotheses: a) the alternative hypothesis is that $R > 1$ corresponds to a clustered pattern; b) $R < 1$ corresponds to an alternative hypothesis based on an ordered (regular) point pattern. According to Clark and Evans (1955) a perfect situation of complete aggregation of population

Table 5
Results of the Clark-Evans test based on several alternative hypotheses.

	Archaeological info	Clark-Evans	pvalue (clustered)	pvalue (regular)
Living floor H1	All remains	0.79	0.001	1*
	Pottery	0.865	0.18*	0.8*
	Fauna	0.73	0.001	1*
	Lithics	0.61	0.001	1*
Living floor H2	All remains	0.86	0.001	1*
	Pottery	0.89	0.4*	0.61*
	Fauna	0.8	0.001	1*
	Lithics	0.75	0.001	1*
Living floor H3	All remains	0.79	0.001	1*
	Pottery	0.75	0.16*	0.8*
	Fauna	0.78	0.001	1*
	Lithics	0.78	0.001	1*
Living floor H4	All remains	0.8	0.001	1*
	Pottery	0.4	0.004	0.99*
	Fauna	0.73	0.001	1*
	Lithics	0.64	0.001	1*

*symbol indicates that results are not statistically significant at $p < 0.05$.

is when $R = 0$, while $R = 2.1$ is a theoretical regular distribution (Ripley, 1976).

In this second level of calculation, the results are similar to the previous ones, where the pottery remains of H1 to H3 can be explained using the null hypothesis, while the rest of them can be explained by a distribution based on a clustered pattern, but they show R values between 0.4 (pottery from H4) to 0.89 (archaeological remains from H2).

Consequently, the results of the Clark-Evans test indicate that the proposed living floors should be divided in two units according to its behaviour: Group A (H1 to H3) and Group B (H4). We now discuss the implications of this geostatistical test in order to explore the living floors and the explanation regarding the presence of Neolithic pottery in this context.

5. Discussion

To explore the consistency of the living floors defined by Fortea in Cocina Cave we will focus on the fauna and pottery assemblages combining stratigraphic and chronological information. Firstly, we have tried to understand the criterion Fortea used to identify the living floors. As described before Cocina Cave was excavated by Fortea using 5 cm artificial excavation layers grouped in levels and living floors as the units of analysis. At the time of work, spatial relationships between archaeological materials and a hearth were identified during excavation. This then triggered the identification of the living floors, which resulted in joining several *artificial* archaeological layers after excavation. Accordingly, it is possible that the spatial patterns that we observe for each living floor are the result of an accumulation of sporadic/temporal occupations of the cave, so-called time-averaging (Madsen, 2012). Short occupations (*micro-occupation*) have been identified in several Neanderthal sites in Mediterranean Iberia like Abric Romaní (Vaquero and Pastó, 2001) and El Salt (Machado and Pérez, 2016; Vidal-Matutano, 2017) thanks to archaeological fieldwork focused on palimpsest dissection.

The results of our statistical tests indicate that the observed spatial distribution of lithics, pottery and faunal remains does not seem to confirm a similar distribution pattern regarding all materials (pottery describe a more clustered pattern from H1 to H4) in the described living floors. In addition, we continue to question the vertical position of the hearth. If we follow the description of the excavator in the diaries, the fire structure was composed of burnt stone organized in horizontal and vertical position, a highly unusual and currently unique architecture and layout for Mesolithic hearths. Indeed, the Mesolithic hearth we excavated in Cocina cave was more typical of those at other Mesolithic sites and consisted of a simple small pit excavated in the soil.

Second, when we add chronological data from B4 square, (the area around the hearth) we obtain a more complete and revealing picture of human occupations in this part of the site (see Figs. 4, 5a and b). The results of the accurate radiocarbon program conducted from selected samples indicate that the H level entail a wide temporal interval. According to this H4 is dated to around the middle of the IX millennium cal. BP, and H3 in the following centuries (second half of the IX millennium cal. BP). The other radiocarbon date (layer 2 of H) is part of the top of level H and not included in the living floors. This also reveals cultural activities in a Mesolithic context (between the end and the beginning of the VIII millennium cal. BP) and the chronological span implies a different pattern of deposition from Pericot's trench. Consequently, the level H excavated by Fortea shows a concentrated stratigraphy encompassing Mesolithic occupations.

Third, the presence of early Neolithic pottery appears not to be the result of a direct relationship with the described sequence of the living floors and is rather an important indicator for the existence of disturbances in this part of the cave. The chronology shows the highly problematic association between the Mesolithic levels and the pottery. According to regional evidence of the spread of farming, the presence of sherds in contexts prior to 7600 cal. BP cannot be supported. Hence,

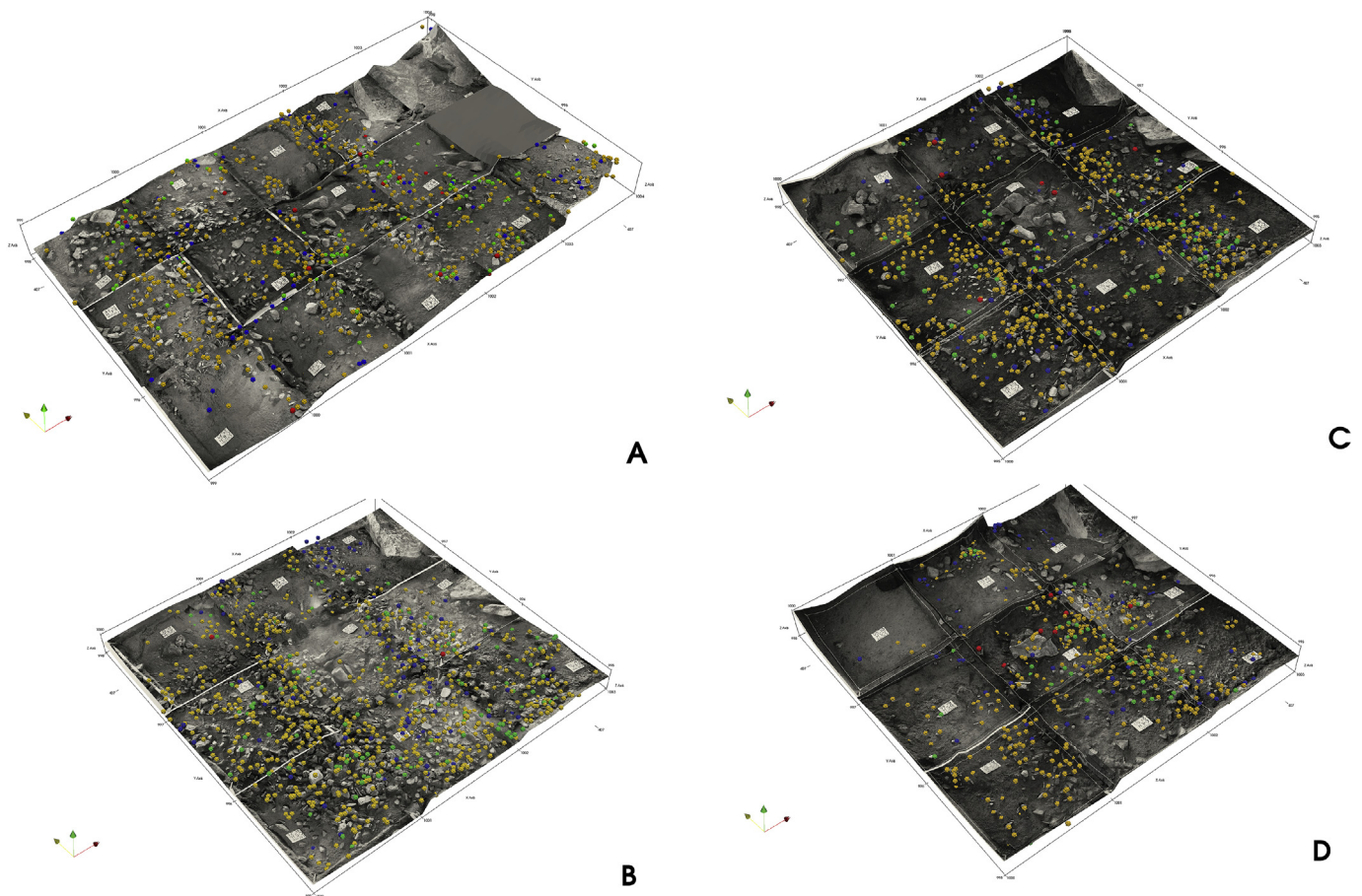


Fig. 5. 5a: Three-dimensional distribution of archaeological material over Fortea's picture layout. A stands for ground H1, and B for ground H2. 5b: Three-dimensional distribution of archaeological material over Fortea's picture layout. C stands for ground H3, and D for ground H4. Material/Colour distribution is as follows: Pottery/Red, Fauna/Yellow, Flint/Green, and Malacofauna/Blue. (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

sites with pottery in clearly Mesolithic levels of this chronological horizon must be related to postdepositional problems (Zilhão, 1993; Bernabeu et al., 2001).

Furthermore, consideration of D squares of Fortea's excavation highlights additional issues with the consistency and reliability of the stratigraphy in this section of the cave. Here the number and characteristics of the pottery sherds suggests that their attribution to the early Neolithic is questionable. We AMS radiocarbon dated two domesticated animal bones identified as *Ovis aries* from levels G and H (D squares). The results reveal that this material dates to the Late Neolithic when the cave was used for herding, underlining the problems linked to the explanation of the archaeological sequence. As a result, the faunal assemblages of Cocina H level described above include only a few domestic animals (two with some doubts) identified in H living floors. The general pattern of the zooarchaeological analysis indicates primarily hunting with a focus on larger game (especially *Capra pyrenaica*). Given the Late Neolithic domestic sample dated in upper H level (layer 2), the presence of other domesticates in these Mesolithic levels can be explained by the taphonomic problems detailed above.

Two aspects reinforce these interpretations: a) the preservation of the pots sherds between the upper part of the level (H level, layer 2) and the rest is different; b) refitting shows at least one case where fragments of the same vessel (n° 17) came from different levels located in the same square of the excavation. These issues would indicate that the most part of ceramic remains in H level comes from the upper G level, currently dated in Late Neolithic and Chalcolithic periods.

So how can we explain the presence of Early Neolithic pottery in Mesolithic layers? This co-occurrence was identified by Fortea as

evidence for the existence of an acculturation phase, where the last hunter-gatherer inhabitants of Cocina received the first Neolithic influences or technologies. A new radiocarbon date from our recent excavations in the site provides evidence of human activity at the end of the VIII millennium cal. BP consistent with the material record related to the Impressed pottery culture (García Puchol et al., 2017a). The recent Bayesian chronological approach conducted on evidence from Pericot's excavations suggests a break between Mesolithic and Early Neolithic levels (García Puchol et al., 2017a; Pardo-Gordó et al., 2017c). In other words, the Early Neolithic evidences identified in other parts of the cave shows a clear rupture and independent occupation from the Late Mesolithic levels. Although we do not see any clear Early Neolithic levels in the part of the cave excavated by Fortea, the presence of impressed pottery in and around the hearth may indeed be indicative that this structure is Early Neolithic and not Mesolithic in date. We suggest that the muddy layer D described by the excavator was indeed the result of a major disturbance in the stratigraphy that combined anthropic and other natural components into what we perceive as a mixed archaeological palimpsest. If this is indeed the case, the presence of Early Neolithic pottery remains would be the result of a residual conservation of some Early Neolithic activity that affected underlying Mesolithic sequence.

Finally, a statistical analysis of the vertical pottery distribution underscores the identification of taphonomic alterations in Fortea's excavation area. As shown above (SI, Fig. 3) H1 exhibits a wider distribution of sherds along the excavated area, in contrast to the lower floors. A correlation index, Pearson R, conducted on data between living floors shows a similar dynamic to the Clark-Evans index

presented above. On one hand, H1 and H2 are highly correlated ($R = 0.73$, p . value = 0.02). On the other hand, when the correlation index is calculated between H2 and H3 the results indicate a low correlation without statistical significance ($R = -0.13$, p . value = 0.73). Finally, H3 and H4 are highly correlated, although they do not have statistical significance ($R = 0.6$, p . value = 0.08). In our opinion the high correlation between H1 and H2 indicates that both are similar, while the non-correlation between H2 and H3 indicates a break that could be interpreted as stratigraphic separation between H1/H2 and H3/H4. Finally, the correlation between H3 and H4 is likely related to the pottery distribution around the B4, where the hearth was identified.

6. Conclusions

Palimpsests are commonly found in prehistoric sequences and can confound interpretations without careful attention to the taphonomic processes involved. We have focused on investigating claims of a Neolithic acculturation context at a major site used for many years as key evidence for characterizing the Neolithic Transition in the Western Mediterranean. The general model for the spread of farming and herding practices in the western Mediterranean favors a mixed model that combines demic and cultural processes (García Puchol et al., 2017c, 2017d; 2018; Isern et al., 2017; Juan-Cabanilles and Martí Oliver, 2017; García Martínez de Lagrán, 2017; Pardo-Gordó et al., 2017a).

Cocina Cave was one of the best candidates for identifying the acculturation process in the western Mediterranean given the quality and quantity of Mesolithic and Neolithic remains unearthed at this location. Our contribution explores how the archaeological and stratigraphic record can be investigated using statistical methods in a refined chronological framework to determine the roll of cultural and natural agents in complex cave deposits. The presence of Cardial pottery and other impressed fragments in Mesolithic contexts constituted the basis of the hypothesis that the last hunter gatherer groups adopted Neolithic technologies from nearby farmers in Mediterranean Iberia (Fortea Pérez, 1973). In the ‘Dual model’, proposed to explain the Neolithisation process in the Valencia region, Cocina Cave represented the introduction of Neolithic components in a local hunter-gatherer sequence (Bernabeu, 1996). In addition to our new fieldwork at the site, re-analysis of the Pericot and Fortea excavations now challenge this long-held interpretation. New radiocarbon data in conjunction with geostatistical and spatial analysis of artifacts confirm a significant degree of disturbance in Fortea’s excavation area including bioturbation and vertical movements. More importantly, the new radiocarbon framework indicates a gap in the record between the last hunter gatherer groups and Early Neolithic occupations at the site (García Puchol, 2005; Juan-Cabanilles and García Puchol, 2013; García Puchol et al. 2018). The results obtained at Cocina have also been acknowledged in another well known proposed acculturation context regarding the Neolithic Transition (see Binder et al., 2017 for southern France), stressing the inherent difficulties to identify this kind of acculturation contexts.

Our research suggests that during the 8th millennium cal. BP, the last Holocene hunter-gatherers and the first farmers used the cave for very different activities and at different times. Additional research at Cocina cave promises to further refine the nature and timing of the disappearance of Holocene hunter-gatherers and the beginnings of farming in the western Mediterranean.

Acknowledgements

This research was funded by the Spanish Ministry of Economy, Industry and Competitiveness grants HAR2012-33111 ‘MesoCocina: Los últimos caza-recolectores y el paradigma de la neolitización en el Mediterráneo peninsular’ and HAR2015-68962 EVOLPAST: Dinámicas evolutivas y patrones de variabilidad cultural de los últimos caza-recolectores y el primer neolítico en el este peninsular (circa

7000–4500 cal BC). Current archaeological fieldwork at Cueva de la Cocina (from 2015 to the present) is funded by the Museu de Prehistòria de València/SIP (Diputació de València). All of the archaeological assemblages and documents regarding Pericot’s and Fortea’s campaigns remain in the Museu de Prehistòria de València/SIP (Diputació de València). SPG was supported by the University of Valencia (subprograma Atracció de Talent - Contractes Postdoctorals) and he is, currently, supported by MINECO postdoctoral grant (IJD-2017-2938). ACN is supported by MINECO pre-doctoral grant BES-2016-076578. Funding to DJK for general laboratory support at Penn State University was granted through the NSF Archaeometry program (BCS-1460369). Finally we would like to thank the Del Valle family for their support to our work at the site.

Appendix A. Supplementary data

Supplementary data related to this article can be found at <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.008>.

References

- Alday, A., 2011. New data for the study of the neolithic in the interior of the iberian peninsula. Comments on J. Zilhao’s interpretation of the mendandia site. *Munibe Antropol.* - Arkeol. 62, 197–205.
- Badeley, A., Turner, R., 2005. Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. *J. Stat. Softw.* 12, 1–42.
- Barton, C.M., Bernabeu, J., Aura Tortosa, J.E., García Puchol, O., La Roca Cervigón, N., 1999. Landscape dynamics and socioeconomic change: an example from the Polop Alto valley. *Am. Antiq.* 64, 609–634.
- Barton, C.M., Bernabeu, J., García Puchol, O., Schmich, S., Molina, L., 2004. Long-term socioecology and contingent landscapes. *J. Archaeol. Method Theory* 11, 253–295.
- Bergin, S.M., 2016. Mechanisms and Models of Agropastoral Spread during the Neolithic in the West Mediterranean: the Cardial Spread Model (PhD in Archaeology). Arizona State University, Tempe, Arizona.
- Bernabeu Aubán, J., García Puchol, O., Orozco-Köhler, T., 2017. New insights relating to the beginning of the Neolithic in the eastern Spain: evaluating empirical data and modelled predictions. *Quat. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.071>.
- Bernabeu, J., 1989. La tradición cultural de las cerámicas impresas en la zona oriental de la península Ibérica. *Trabajos Varios del SIP.* (Diputación de Valencia, Valencia).
- Bernabeu, J., 1996. Indigenismo y migracionismo: aspectos de la neolitización en la fachada oriental de la Península Ibérica. *Trab. Prehist.* 53 (2), 37–54.
- Bernabeu, J., 2006. Una visión actual sobre el origen y difusión del Neolítico en la Península Ibérica. In: García Puchol, O., Aura Tortosa, J.E. (Eds.), 8.000 Años de Ocupación Humana En La Cabecera Del Río de Alcoi. *Museu d’Alcoi, Alcoi*, pp. 189–211.
- Bernabeu, J., Molina, L. (Eds.), 2009. *La Cova de Les Cendres, Serie Mayor. MARQ, Museu Arqueològic de Alicante, Alicante.*
- Bernabeu, J., Martínez Valle, R., Pérez Ripoll, M., 1999. Huesos, Neolitización Y Contextos Arqueológicos Aparentes. *Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia, II Congreso de Neolítico peninsular.* pp. 589–596.
- Bernabeu, J., Barton, C.M., Perez Ripoll, M., 2001. A taphonomic perspective on neolithic beginnings: theory, interpretation, and empirical data in the western mediterranean. *J. Archaeol. Sci.* 28, 597–612. <http://dx.doi.org/10.1006/jasc.2000.0591>.
- Bernabeu, J., Molina, L., Esquembre Bebia, M.A., Ramón, J., Boronat Soler, J. de D., 2009. La cerámica impresa mediterránea en el origen del Neolítico de la península Ibérica. In: de Méditerranée et d’ailleurs...Mélanges Offerts à Jean Guilaïne. *Arch. Ecol. Préhist.* 83–95 Toulouse.
- Bernabeu, J., Rojo, M.A., Molina, L. (Eds.), 2011. *Las primeras producciones cerámicas: el VI milenio cal ac en la península Ibérica. Saguntum: Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia EXTRA, vol. 12.*
- Binder, D., Bantantier, J., Delhon, C., Sénépart, I., 2017. In Pursuit of a Missing Transition: the Mesolithic and Neolithic Radiocarbon Chronology at La Font-aux-pigeons Rockshelter. vol. 91. pp. 605–620.
- Bronk Ramsey, C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon* 51 (1), 337–360.
- Clark, P.J., Evans, F.C., 1955. On some aspects of spatial pattern in biological populations. *Science* 121, 397–398.
- Core Team, 2016. *R: a language and environment for statistical computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Cruz Berrocal, M., 2012. The early neolithic in the iberian peninsula and the western mediterranean: a review of the evidence on migration. *J. World PreHistory* 25, 123–156. <http://dx.doi.org/10.1007/s10963-012-9059-9>.
- Dibble, H.L., 1987. The interpretation of Middle Paleolithic scraper morphology. *Am. Antiq.* 109–117.
- Dibble, H.L., Chase, P.G., McPherron, S.P., Tuffreau, A., 1997. Testing the reality of a ‘living floor’ with archaeological data. *Am. Antiq.* 629–651.
- Diez Castillo, A., Cortell Nicolau, A., García Puchol, O., Escribá Ruiz, P., 2017. Entorno 3D para el análisis y la recreación virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de La Cocina (Dos Aguas, Valencia, España). *Virtual Archaeol. Rev.* 8, 75–83. <http://dx.doi.org/10.4995/var.2017.7028>.
- Donnelly, K., 1978. Simulation to determine the variance and edge effect of total nearest neighbour distance. In: Hodder, I. (Ed.), *Simulation Methods in Archaeology.*

- Cambridge University Press, London, pp. 91–95.
- Fort, J., 2012. Synthesis between demic and cultural diffusion in the Neolithic transition in Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 18669–18673.
- Fortea Pérez, J., 1973. Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterráneo español, Memorias del Semin. Prehist. Arqueol. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Fortea Pérez, J., Martí, B., Fumal, M.P., Dupré, M., Pérez Ripoll, M., 1987. Epipaleolítico y neolitización en la zona oriental de la Península Ibérica. In: Guilaine, J., Courtin, J., Roudil, J.-L., Vernet, J. (Eds.), *Premières Communautés Paysannes En Méditerranée et Occidental. Actes Du Colloque International Du CNRS.* (Montpellier, 1983). Editions du CNRS, Paris, pp. 599–606.
- Fumal García, M.P., 1986. Sedimentología y clima en el país valenciano: las cuevas habitadas en el cuaternario reciente, *Trabajos Varios del SIP.* (Diputación de Valencia, Valencia).
- García Borja, P., Cortell Pérez, E., Pardo-Gordó, S., Pérez Jordá, G., 2011. Las cerámicas de la Cova de l'Or (Beniarriés, Alacant). Tipología y decoración de las colecciones del Museu d'Alcoi. *Recer. del Mus. d'Alcoi* 71–136.
- García Borja, P., Aura Tortosa, J.E., Jordá Pardo, J.F., Salazar García, D.C., 2014. La cerámica neolítica de la Cueva de Nerja (Málaga, España): salas del Vestíbulo y la Mlna. *Arch. Prehist. Levantina* 81–131 XXX.
- García Martínez de Lagrán, I., 2017. Review of the archaeological contexts and theoretical models of the neolithisation of Spain: the North meseta, the Ebro valley and catalonia as a case study. *Quat. Int.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.12.043>.
- García Puchol, O., 2005. El proceso de neolitización en la fachada mediterránea de la península ibérica. *Tecnología y tipología de la piedra tallada. BAR International Series 1430.* Oxford, England.
- García Puchol, O., Juan Cabanilles, J., McClure, S.B., Diez Castillo, A., Pardo Gordó, S., 2015a. Avance de resultados de los nuevos trabajos arqueológicos en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia): campaña de 2015. vol. 47. *Saguntum. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, pp. 251–255.
- García Puchol, O., Pardo-Gordó, S., Aura Tortosa, J.E., Jordá Pardo, J.F., 2015b. Last hunters-gatherers socioecological dynamics in Mediterranean Iberia. In: Bicho, N., Detry, C., Price, T.D., Cunha, E. (Eds.), *Muge 150th: the 150th Anniversary of the Discovery of Mesolithic Shellmiddens.* Cambridge University Press, Cambridge.
- García Puchol, O., McClure, S.B., Juan-Cabanilles, J., Diez-Castillo, A.A., Bernabeu-Aubán, J., Martí-Oliver, B., Pardo-Gordó, S., Pascual-Benito, J.L., Pérez-Ripoll, M., Balaguer, L.M., 2017a. Cocina Cave Revisited: bayesian radiocarbon chronology for the last hunter-gatherers and first farmers in Eastern Iberia. *Quat. Int.* (in press). <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.037>.
- García Puchol, O., Diez Castillo, A.A., McClure, S.B., Juan Cabanilles, J., Pardo-Gordó, S., Cortell Nicolau, A., Escribá Ruiz, P., 2017b. Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia) 2016: intervención, metodología, resultados. *SAGVNTVM. Papeles del Lab. Arqueol. Valencia* 48, 191–195.
- García Puchol, O., Diez Castillo, A., Pardo-Gordó, S., 2017c. New insights into the neolithisation process in southwest Europe according to spatial density analysis from calibrated radiocarbon dates. *Archaeol. Anthropol. Sci.* 1–14.
- García Puchol, O., Diez Castillo, A., Pardo-Gordó, S., 2017d. Timing the Western Mediterranean las hunter-gatherer and first farmers. In: García Puchol, O., Salazar García, D.C. (Eds.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean, Fundamental Issues in Archaeology.* Springer, pp. 69–100.
- García Puchol, O., Bernabeu Aubán, J., Barton, C.M., Pardo-Gordó, S., McClure, S.B., Diez Castillo, A., 2018. A bayesian approach for timing the neolithization in Mediterranean Iberia. *Radiocarbon.* <http://dx.doi.org/10.1017/RDC.2017.61>.
- Guilaine, J., 2001. La diffusion de l'agriculture en Europe: une hypothèse arhythmique. *Zephyrus* 53–54, 267–272.
- Hoggarth, J.A., Culleton, B.J., Awe, J.J., Kennett, D.J., 2014. Questioning Postclassic continuity at Baking Pot, Belize, using direct AMS 14 C dating of human burials. *Radiocarbon* 56, 1057–1075.
- Isern, N., Fort, J., Carvalho, A.F., Gibaja Bao, J.F., Ibáñez Estévez, J.J., 2014. The neolithic transition in the iberian peninsula: data analysis and modeling. *J. Archaeol. Method Theory* 21, 447–460.
- Isern, N., Zilhão, J., Fort, J., Ammerman, A.J., 2017. Modeling the role of voyaging in the coastal spread of the early neolithic in the west mediterranean. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 114, 897–902. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1613413114>.
- Juan-Cabanilles, J., García Puchol, O., 2013. Rupture et continuité dans la néolithisation du versant méditerranéen de la péninsule Ibérique: mise à l'épreuve du modèle du dualité culturelle. *Transition, ruptures et continuité durant la Préhistoire. Actes du XXVIIe Congrès Préhistorique de France. Bordx. Eye* 31, 405–417.
- Juan-Cabanilles, J., Martí Oliver, B., 2017. New approaches to the neolithic transition: the last hunters and first farmers of the western mediterranean. In: García Puchol, O., Salazar García, D.C. (Eds.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean, Fundamental Issues in Archaeology.* Springer, pp. 33–65.
- Kennett, D.J., Plog, S., George, R.J., Culleton, B.J., Watson, A.S., Skoglund, P., Rohland, N., Mallick, S., Stewardson, K., Kistler, L., LeBlanc, S.A., Whiteley, P.M., Reich, D., Perry, G.H., 2017. Archaegenomic evidence reveals prehistoric matrilineal dynasty. *Nat. Commun.* 8. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms14115>.
- Kennett, D.J., Culleton, B.J., Dexter, J., Mensing, S.A., Hurts Thomas, D., 2014. High-precision AMS 14C chronology for gatecliff shelter, Nevada. *J. Archaeol. Sci.* 53, 621–632.
- Leakey, M.D., 1971. *Olduvai Gorge, vol. 3.* Cambridge University Press, pp. 1960–1963 Excavations in Beds I and II.
- Machado, J., Pérez, L., 2016. Temporal frameworks to approach human behavior concealed in Middle Palaeolithic palimpsests: a high-resolution example from El Salt Stratigraphic Unit X (Alicante, Spain). *Quat. Int.* 417, 66–81. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.11.050>.
- Madsen, M.E., 2012. Unbiased cultural transmission in time-averaged archaeological assemblages. *SSRN Electron. J.* <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2037622>. 04/2012.
- Malinsky-Buller, A., Hovers, E., Marder, O., 2011. Making time: Living floors', palimpsests' and site formation processes—A perspective from the open-air Lower Paleolithic site of Revadim Quarry, Israel. *J. Anthropol. Archaeol.* 30, 89–101.
- Manen, C., Marchand, G., Carvalho, A.F., 2007. Le Néolithique ancien de la péninsule Ibérique: vers une nouvelle évaluation du mirage africain. In: Evin, J. (Ed.), *Un siècle de construction du discours scientifique en Préhistoire, Congrès préhistorique de France. Société préhistorique française.* Avignon, pp. 133–151.
- 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. *J. Mediterr. Archaeol.* 28, 105–131.
- McClure, S.B., Puchol, O.G., Culleton, B.J., 2010. AMS dating of human bone from Cova de la Pastora: new evidence of ritual continuity in the prehistory of eastern Spain. *Radiocarbon* 52, 25–32.
- Moran, P.A., 1950. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika* 37, 17–23.
- Olalde, I., Schroeder, H., Sandoval-Velasco, M., Vinner, L., Lobón, I., Ramirez, O., Civit, S., García Borja, P., Salazar-García, D.C., Talamo, S., Fullola, J.M., Oms, F.X., Pedro, M., Martínez, P., Sanz, M., Daura, J., Zilhão, J., Marqués-Bonet, T., Gilbey, M.T.P., Lalueza-Fox, C., 2015. A common genetic origin for early farmers from Mediterranean Cardial and Central European LBK cultures. *Mol. Biol. Evol.* <http://dx.doi.org/10.1093/molbev/msv181>.
- Pardo Gordó, S., 2015. La diversidad cultural del primer Neolítico (VII cal. BP) en el Mediterráneo Occidental. Un análisis desde de los sistemas complejos y la simulación basada en agentes (PhD in Prehistory). Universitat de València, Valencia.
- Pardo Gordó, S., Bernabeu Aubán, J., García Puchol, O., Barton, C.M., Bergin, S.M., 2015. The origins of agriculture in Iberia: a computational model. *Doc. Praehist.* 117–131 XLII.
- Pardo-Gordó, S., García Puchol, O., Diez Castillo, A., Cortell Nicolau, A., Molina Balaguer, L., 2016. Prospección arqueológica sistemática en la Canal de Dos Aguas (Valencia). El territorio inmediato a Cueva de la Cocina. *SAGVNTVM. vol. 48. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, pp. 197–200.
- Pardo-Gordó, S., Bergin, S.M., Bernabeu, J., Barton, C.M., 2017a. Alternative stories of agricultural origins: the neolithic spread in the iberian peninsula. In: García Puchol, O., Salazar García, D.C. (Eds.), *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean, Fundamental Issues in Archaeology.* Springer, pp. 101–131.
- Pardo-Gordó, S., García Puchol, O., Cortell Nicolau, A., Molina, I., Diez Castillo, A., 2017b. Segunda Campaña de prospección en el territorio inmediato a Cueva Cocina: El Valle del Magre. *SAGVNTVM. vol. 49. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, pp. 187–190.
- Pardo-Gordó, S., García Puchol, O., Diez Castillo, A., McClure, S., Juan Cabanilles, J., 2017c. Cronología bayesiana aplicada a las intervenciones de Lluís Pericot en Cueva de la Cocina (1941 y 1945). In: Barceló, J.A., Bogdanovic, I., Morell, B. (Eds.), *Cronometrías para la historia de la península Ibérica, EUR Workshop Proceedings*, pp. 15–24.
- Pérez Ripoll, M., García Puchol, O., 2017. Los últimos cazadores-recolectores en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia). Estudio arqueozoológico del material procedente de las campañas 1941–1942. In: *III Jornades de Arqueozoologia. Museu de Prehistòria, Valencia*, pp. 7–32.
- Pericot, L., 1945. La Cueva de la Cocina (Dos Aguas). Nota preliminar. *Arch. Prehist. Levantina* 39–71.
- Perrin, T., Manen, C., Valdeyron, N., Guilaine, J., 2017. Beyond the sea... the Neolithic transition in the southwest of France. *Quat. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.027>.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.E., Bronk Ramsey, C., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Hatt, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughes, K.A., Kaiser, K., Kromer, B., Manning, S., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turner, C.S.M., van der Plicht, J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55 (4).
- Ripley, B.D., 1976. The second-order analysis of stationary point processes. *J. Appl. Probab.* 13, 255–266.
- Rojo, M.A., Kunst, M., Garrido Pena, R., García-Martínez de Lagrán, I., 2006. La neolitización de la meseta norte a la luz del C-14: análisis de 47 dataciones absolutas inéditas de dos yacimientos domésticos del Valle de Ambrona, Soria, España. *Arch. Prehist. Levantina* XXVI, 39–100.
- Schiffers, M.B., 1983. Toward the identification of formation processes. *Am. Antiq.* 48, 675–706.
- Stahl, P.W., 1996. The recovery and interpretation of microvertebrate bone assemblages from archaeological contexts. *J. Archaeol. Method Theory* 3, 31–75.
- Vaquero, M., Pastó, I., 2001. The definition of spatial units in middle palaeolithic sites: the hearth-related assemblages. *J. Archaeol. Sci.* 28, 1209–1220. <http://dx.doi.org/10.1006/jasc.2001.0656>.
- Vidal-Matutano, P., 2017. Firewood and hearths: middle palaeolithic woody taxa distribution from el Salt, stratigraphic unit Xb (eastern Iberia). *Quat. Int.* 457, 74–84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.07.040>.
- Wood, R., 2015. From revolution to convention: the past, present and future of radiocarbon dating. *J. Archaeol. Sci.* 56, 61–72.
- Zilhão, J., 1993. The spread of agro-pastoral economies across Mediterranean Europe: a view from the far west. *J. Mediterr. Archaeol.* 6, 5–63.
- Zilhão, J., 2001. Radiocarbon evidence for maritime pioneer colonization at the origins of farming in west Mediterranean Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98, 14180–14185.
- Zilhão, J., 2011. Time is on my side. In: Hadjikoumis, A., Robinson, E., Viner, S. (Eds.), *The Dynamics of Neolithisation in Europe. Studies in Honour of Andrew Sherratt.* Oxbow Books, Oxford, pp. 46–65.
- Zilhão, J., 2014. Early prehistoric navigation in the western mediterranean: implications for the Neolithic transition in Iberia and the Maghreb. *Eurasian PreHistory* 11 (1–2), 185–200.
- Zvelebil, M., 2000. The social context of the agricultural transition in Europe. In: Renfrew, C., Boyle, K. (Eds.), *Archaeogenetics: DNA and the Populations Prehistory of Europe.* McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge, pp. 57–79.

ARTÍCULO 3

CORTELL-NICOLAU, A., GARCÍA-PUCHOL, O., BARTON, M. C., DIEZ-CASTILLO, A., PARDO-GORDÓ, S. (2019). “Wandering through the Mesolithic. An archaeostatistical approach to explore the mobility patterns in eastern Iberia”. *Journal of Archaeological Science: reports*, 26 (101892). DOI: 10.1016/j.jasrep.2019.101892



Wandering through the Mesolithic. An archaeostatistical approach to explore the mobility patterns in eastern Iberia

Alfredo Cortell-Nicolau^{a,*}, Oreto García-Puchol^a, C. Michael Barton^b, Agustín Díez-Castillo^c, Salvador Pardo-Gordó^d

^aPREMEDOC Research Group, Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València, Spain

^bSchool of Human Evolution and Social Change, Arizona State University, Tempe Campus, Tempe, AZ 85281, USA

^cGRAM Research Group, Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga, Universitat de València, Av. Blasco Ibáñez, 28, 46010 València, Spain

^dGRAMPO Research Group (SGR-2017-1302), Departament de Prehistòria, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici B Facultat de Filosofia i Lletres 08913 Bellaterra, Barcelona, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:

Mesolithic
Iberian Peninsula
Mobility
Blades
Geometrics

ABSTRACT

Tracing hunter-gatherer's mobility has been a recurring topic both in anthropological and archaeological literature. Following Binford's approach (1980), ethnographic comparisons have been brought out in order to better understand mobility patterns among Palaeolithic and Mesolithic groups, and how they relate with their environment, thus formulating a system where a main difference in mobility structure is pronounced on the distinction between residential and logistical camps.

After some efforts made in order to relate the lithic record with such model (Clark and Barton, 2017), in this work we explore how lithic industry can be a reliable proxy for understanding the mobility patterns of the last hunter-gatherers of the Eastern Iberian Peninsula by studying a number of Late Mesolithic lithic collections. We try to bring a new insight into Clark and Barton's analysis, both by combining different sites -implementing geographical variability- and by taking into account functionality and its possible statistical traces, as shown by blades, bladelets and geometric microliths. We focus on the differences found at each site and how they relate with lithic industry in order to test hypotheses regarding mobility patterns.

1. Introduction

Although the structure of the Mesolithic technocomplexes of the Iberian Peninsula was defined some time ago now by Fortea (1973), these had received little attention, always remaining somewhat blurred below the Upper Palaeolithic cultures. However, during the last years the effort to understand different aspects of the Late Mesolithic has notably increased. Studies on significant sites (García Puchol et al., 2018; Pardo-Gordó et al., 2018; Utrilla and Mazo, 2014), works on specific aspects of their lithic record (Juan Cabanilles, 1985; García Puchol, 2005), on their way of life (Soares et al., 2017), on the Neolithic transition (Alday, 2009; García Puchol and Juan Cabanilles, 2012; Jover Maestre and García Atiénzar, 2014; Juan Cabanilles and Martí Oliver, 2007) or climatic events (López Sáez et al., 2008), and state of the art syntheses (Utrilla and Montes, 2009) are just some of the few examples of the increasing literature exploring this geo-chronological frame. As a result, current research in the Mesolithic techno-complex

regarding the Mediterranean region of the Iberian Peninsula has allowed to recognise two phases considering technological and typological data: the Notches and Denticulates Mesolithic (NDM), circa 10,100 to 8700 cal. BP, and the Geometric Mesolithic (GM), circa 8700 to 7600 cal. BP. In this paper we will focus on the Geometric Mesolithic, named also Late Mesolithic, Second Mesolithic or blades and trapezes technocomplex in a Castelnovian tradition (Binder et al., 2012; Marchand and Perrin, 2017; Martí Oliver et al., 2009; Perrin and Binder, 2014).

This work focuses on their mobility patterns, and therefore the way in which they related with their environment and the reflections of this relationship on the lithic record. Most of anthropological and archaeological literature assumes high mobility rates for hunter-gatherers. As Binford (1980) put it, it is hard to think of the possibility of hunter-gatherers remaining sedentary unless they were forced to do so. Therefore, the question rather points to *how* they move and to *what extent*. The classical Binford's, 1980 article has been the basis on which

* Corresponding author.

E-mail addresses: alfredo.cortell-nicolau@uv.es (A. Cortell-Nicolau), oreto.garcia@uv.es (O. García-Puchol), michael.barton@asu.edu (C.M. Barton), agustin.diez@uv.es (A. Díez-Castillo), salvador.pardo@uab.cat (S. Pardo-Gordó).

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2019.101892>

Received 23 January 2019; Received in revised form 7 June 2019; Accepted 13 June 2019

2352-409X/© 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

many mobility approaches have pivoted. Based on ethnographical observations, Binford divided hunter-gatherers into two large groups, *foragers* and *collectors*. Each of them would generate specific types of camps, but their main difference resides on how they populate their environment. While foragers would base their mobility strategies on moving their whole camps into different spots throughout the year, collectors would have central, long-term bases, from where they could send foray parties. The way in which different publications have addressed this issue has been different, depending on their main questions and objectives. Just to name a few examples, Kelly (1983), for instance, concentrated on the residential vs logistic models, while also putting an emphasis on ecological factors, while Rowley-Conwy (2001) offered a more complex system, also dividing between groups that defend their territory, and groups that do not. Following Binford's initial proposal, Grove (2009) modelled how ecological factors could affect hunter-gatherers' mobility in order to understand its possible triggers.

If we focus in the Mesolithic of the Eastern Iberian Peninsula, we find complex hunter-gatherers' societies, including many of the broad spectrum of circumstances described by Binford. The Holocene climate change comprises a great diversification of social and economic evolutionary paths, and how human groups adapted to this new ecological environment and reflected it in their mobility strategies has been discussed by some authors. Martí Oliver et al. (2009), for instance, based on the circulation of marine resources proposed mobility ratios of 25–35 km. for different groups. They also point out that *Columbella rustica* (a mollusc inhabiting the Mediterranean) has been found in the Ebro valley, from 250 to 500 km. inland, thus showing complex networks where exchange and high mobility patterns were taking place. The presence of *Columbella rustica* in inner lands has also been noted by some other authors (Álvarez Fernández, 2008; Martínez Moreno et al., 2010), but it is not the only proxy used to determine mobility patterns in Mesolithic Iberia. Montes et al. (2016) studied five sites from different chronologies in the Northeast of Iberia and related their functions with the constraints and resources offered by their surrounding environment, which they further linked with the mobility strategies developed. Moreover, Fernández López de Pablo and Jochim (2010) propose a logistic mobility system, while also noting that the 8.2 cal BP event could have altered such system. In this sense, some other authors have pointed out that the 8.2 event did not have a great effect in the climate of the Eastern Iberian Peninsula (Bernabeu et al., 2014; Cortés Sánchez et al., 2012).

Although, as we have seen, mobility patterns in the Mesolithic of the Eastern Iberian Peninsula have been discussed as a part of more extended papers, they have seldom been treated specifically. In this present document we try to explicitly discuss the mobility strategies of the last hunter-gatherers of this region, while trying to understand, not the function of a single site, but the global meaning of mobility strategies, aiming to obtain a more accurate frame of the Last Mesolithic world in the Eastern Iberian Peninsula.

2. Theoretical approach

2.1. Foragers or collectors

Binford's mobility proposal outstands as a notably successful one, not only as far as its initial accurateness, but also as far as how it has been used (Grove, 2009; Soares, 1996), and further developed through time (Binford, 1982; Clark and Barton, 2017). The attempts of refining the first theoretical postulates were already initiated by Binford (1982) himself, by describing a whole type of different mobility patterns, where the concepts of *camp range* and *annual range* referring, respectively, to the effective range of a camp and to annual movements, were introduced. The territory is concentrically established, where different kinds of radii play key roles in hunter-gatherers' mobility.

Some other attempts have tried to bring the highlight into ecological interaction. Kelly (1983) concentrated on how different environments

can affect the mobility patterns of hunter-gatherers, linking high primary biomass places to high mobility and vice versa. He based his approach on the difficulty of accessing primary resources in high primary biomass places, where the spread of resources becomes a challenge with regards to concentrated resources in low primary biomass environments. Current reviews have also linked mobility patterns to ecological factors, and resource availability (Bicho, 2002; Grove, 2009; Crombé, 2018), and there is a wide range of scientific literature trying to assess mobility from different perspectives. Of course, faunal remains have been used (Niven et al., 2012; Pike-Tay and Cosgrove, 2002), but so have malacofaunal remains (McNiven, 1992), isotope indicators (Quinn et al., 2008) or even plant diversity (Bonzani, 1997).

However, as pointed out before, this emphasis on causes and procedures has occasionally been translated in little attention to the varied casuistry of hunter-gatherers' technocomplexes. Even though assuming the relevance of ecological factors into human societies (Kelly, 1983), since mobility is assumed as a constant in Pre-Neolithic societies, the point of view has often been that of discerning *what* makes hunter-gatherers move and *how* does it make them move. The question has not deeply dived into the response of those hunter-gatherers to their environment, but rather it has dealt with the environment itself, often treating human societies as somehow passive agents. Hunter-gatherer responses have occasionally been passed by as regional adaptations without further meaning. Hence, the original distinction between foragers and collectors, established by Binford, has gradually vanished, being substituted by a theoretical frame, where there seems to be no distinction between one another. Although this approach is indeed useful, or even required when facing a wide and heterogeneous object of study, in our case the forager-collectors distinction can still apply. This is in part because we are dealing with fairly homogeneous groups - culturally, chronologically and geographically - but also due to the fact that the Late Mesolithic social groups could present many of the collectors' characteristics, such as storage capabilities or even delayed return of human labour conceptions (Rowley-Conwy, 2001). Therefore, in this present article we attempt to analyse the mobility patterns in the Mesolithic societies of the Eastern Mediterranean Iberian Peninsula in the light of Binford's proposal. In other words, we try to understand how the archaeological record of each site reflects its mobility strategies, how sites relate among themselves, and finally see if they can, or cannot, shape a network, where regional mobility strategies can be proposed.

2.2. Lithics as a proxy to explore mobility patterns

Whilst many approaches have been used in order to assess mobility patterns (see above), the endurance of lithics has made them become some of the most prevalent tools within the archaeological record. Despite the difficulties implied (Binford, 1982; Blades, 2003), several insights have focused on the lithic record regarding mobility (Bleed, 1986). However, some theoretical issues should be addressed.

In the first place, the significance of retouch has been a matter of wide discussion since the last quarter of the 20th century. Adding up to the well-known Bordes-Binford debate, Dibble (1984, 1987), starting from Jelinek's (1976) *Frison effect*, made two fundamental assumptions: (1) that we would only recover discarded or lost material, and (2) the subsequent and complementary fact that we would never recover *finished* types, because types did not actually exist per se, but were rather discard points, either for lost or abandonment. Based on archaeometric measures, Barton (1990, 1991) supported Dibble's statements in his study on Iberian Neanderthals lithic variability. Moreover, Miller and Barton (2008) developed a way to analyse retouch, according to Binford and Dibble's views, by which expedient and curated assemblages could be addressed, so obtaining useful frameworks for discerning mobility patterns (this will be further discussed). While many other authors have positioned more or less strongly or explicitly in favour of the non-typological view of retouch (Barton and Riel-Salvatore, 2014;

Table 1
Class partition used for diversity indexes.

	Scrapers -R-	Drills -PT-	Burins -B-	Retouched flakes -LR-	Backed flakes -LRA-	Retouched blades and bladelets -LMMI-	Backed blades and bladelets -LBA-	Notches and denticulates -MD-	Truncations -TD-	Diverse -D-	Geometrics	Microburins
Cocina_A1	12	0	0	2	0	11	13	79	18	0	54	11
Cocina_A2	13	0	0	5	5	18	8	120	23	0	67	31
Cocina_B1	6	0	0	2	0	6	4	111	55	0	58	89
Cocina_B2	11	0	0	11	0	21	10	164	39	3	173	184
Benamer_I	10	3	0	10	4	32	8	238	23	2	107	0
Falguera_VIII	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Falguera_VII	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	4	0
Botiqueria_2	24	3	5	1	7	1	26	82	18	22	66	29
Botiqueria_4	12	1	3	3	3	15	15	25	4	12	20	11
Los_Baños_2b3inf	0	0	0	0	0	2	2	6	2	7	6	5
Los_Baños_2b3sup	1	0	0	0	0	1	1	6	3	1	4	2
Secans_Ib	3	2	0	0	0	14	14	17	8	31	22	11
Forcas_II_II	5	0	0	0	0	5	5	11	2	11	18	13
Forcas_II_IV	2	0	0	0	0	6	6	8	4	20	39	25
Cabezo_de_la_Cruz_Cab	0	0	0	1	0	0	7	0	0	0	1	0
Mas_Cremat	12	5	8	6	1	25	22	12	9	4	8	9

Clark, 2009; Hiscock, 2007; Lycett and Cramon-Taubadel, 2015), some voices have also arisen against it. For instance, Binder (1987) assesses retouch from a slightly different point of view on his study of lithic industries of the Neolithic Provence, considering its technology as the type-cultural marker. Interestingly, he does not consider typology as an output of the actual type, yet he is creating typologies based on a combination of retouch and morphological patterns. Besides, many other authors still consider and use typologies, at least, as a good way of classifying, and therefore understanding, lithic variability (Juan Cabanilles, 2008; Perrin, 2001).

In any case, each theoretical approach must be adapted to the subject under study, and Dibble's positioning was rooted in the study of Middle Palaeolithic industries. For the case of the Iberian Late Mesolithic, even though we can agree with the fact allometric processes could be masking our understanding of specific types, there are some major classification backgrounds where we can be somehow confident that we are dealing with different knapping products - e.g., geometric microliths, backed bladelets or scrapers. If we accept different manufacturing conceptions, we must accept different objectives for each product. According to Binford's proposal, residential mobility should show similar functionalities and distributions of material for every camp, since camps move as a whole from patch to patch, whereas logistic mobility would be supposed to show long-term camps, where we should find more varied functionalities and an overall greater disposal of raw material, and subsidiary short-term camps, where we would mainly expect to find the material needed in order to deploy the specific function of the site. This is so because these short-term camps are supposed to constitute specific spots, whose function is to nurture the long-term central camp. If we accept different objectives and pre-conceptualization for most of the Mesolithic knapping products, we should expect to see these different functionalities reflected in the lithic record variability as far as the optimization of lithic knapping in foray camps regarding the expediency in base camps, where more activities are being deployed, and raw material is supposed to be more abundant.

3. Methodology

Although the way in which the lithic record relates to mobility can be observed in different manners, many approaches include availability, transport of raw material, and the different uses for which flint is intended. For example, some authors note how some distinctions are made when defining which types of raw material will be used for which types of tools, where availability can also have strong influence (Bleed, 1986; Bicho, 2002). This is related to mobility in many ways. For example, the camps where tools are prepared do not necessarily need to be the ones where those will be used (Kuhn, 1989). Furthermore, for our specific geo-chronological frame, it has also been argued how the tendency to microlithization may be related to higher mobility rates (Elston and Kuhn, 2002). These concepts constitute a great part of the whole basis of the expediency vs. curation states. Indeed, 'stone is heavy' (Barton and Riel-Salvatore, 2016). Simple as this assertion might seem, it has many implications regarding mobility, since a bigger effort is obviously needed in order to transport the same volume of materials (Barton et al., 2011). Therefore, the way in which hunter-gatherers can enhance payoffs when having to carry around raw material can bring major information regarding their mobility patterns. Furthermore, this same rationale can affect the specificity or diversity of the lithic record. Attending to the fact that, since only the necessary raw material would be transported, and later converted into an artefact, we would expect function-specific sites to show a higher degree of optimization of raw material -thus, more curated assemblages- and less diversity than multifunctional sites, since function-specific sites are supposed to show a less varied range of activities. Translating these assumptions to Binford's mobility model, we would expect to find more function-specific camps in the collectors' model, represented by the spots whose function is to gather resources for the main camp, whereas in the residential



Fig. 1. Sites mentioned on the text.

model, since the camps are moving as a whole, we would not expect to find high difference among sites in the exploitation of raw material nor in the functionality of the assemblages. Following this rationale, high differences in the aforementioned optimization of raw material and diversity of the lithic assemblage could be pointing towards a collectors' mobility structure, whereas less optimization and diversity could be pointing to a residential mobility strategy. In order to test these assumptions, we have tried a twofold methodology. First, we will assess how mobility is reflected by curation or expediency on lithic assemblages (Clark and Barton, 2017; Clark et al., 2018) and then we will try to explore how lithic diversity can be a good proxy for approaching mobility patterns. This will also serve us to test the validity of these methodologies when applied to this particular archaeological context.

Miller and Barton (2008) define curated assemblages as those manufactured anticipating future needs and expedient assemblages as the ones created for single or anyhow short uses, whereas, based on inverse correlations between artefact density and frequency of retouched pieces (Riel-Salvatore and Barton, 2004) they maintain the idea that curation and expediency can be used as robust proxies for mobility. Clark and Barton (2017) describe the methodology used, relying on the aforementioned curation vs. expediency concepts. Based on the assemblages from La Riera (Spain), they concentrate on indicators able to assess mobility. They calculate the Lithic Volumetric Density (LVD) of the site, which is compared against retouch frequency, so that they find a value for curation, where high retouch volume against low LVD indicates short-term camps, and vice versa. The rationale is that, the more curated an assemblage is, the more probabilities exist that it has short occupations, due to the fact that only the necessary stone would be carried into the site, thus making reuse and resharpening more frequent. Clark et al. (2018) develop this methodology further by applying it to diverse Palaeolithic and Mesolithic sites of northern Spain. Following the aforementioned rationale, correlations among our assemblages would be pointing towards a collector's model, since they would be indicating that, indeed, there is a difference regarding how

the exploitation of raw material is being conducted, whereas no correlations would show that most of our sites are moving within the same range of raw material optimization, thus pointing towards a residential model.

However, both, the nature of our sample, and the characteristics of the Late Mesolithic have also led us to further considerations. In this sense, geometric microliths constitute a perfect lithic example where this methodology could be applied. Since they do not respond to the Frison effect, and their retouch is lightly, if at all, affected by use, and because they are so-conceptualized shapes, intended for specific purposes as arrowheads (Domingo Martínez, 2005; García Puchol and Jardón Giner, 1999; García Puchol et al., 2014; Gibaja and Palomo, 2004; Soares et al., 2017; Yaroshevich et al., 2010), their higher frequencies should indicate hunting activities on a site, which should correlate with curated assemblages and, therefore, short-term camps. This is so because, if we follow the rationale that only the necessary raw material would be transported to function-specific camps, and therefore that the use of such material would be optimized, we would expect both, a weaker presence of non-specific tools throughout the archaeological assemblage, and a higher presence of function-specific tools in respect to the total lithic production - e.g. geometric microliths for hunting camps.

As for the second part of our analysis, Soares and Tavares da Silva (2018) stressed the importance of how the variability of a given assemblage within a site can determine the mobility patterns of that camp or, at least, infer its grade of polyfunctionality and, therefore, mobility. The underlying rationale is that, because function-specific short-term camps are focused on specific activities, a low variability of the tools there recovered would be expected, whereas base camps or long-term camps can hold a great functional diversity, thus leading to a highly heterogeneous lithic assemblage. While it is true that considering archaeological palimpsests, mainly consisting on different knapping events, under a single functional frame could pose some theoretical problems, we believe that it is acceptable in the cases where the

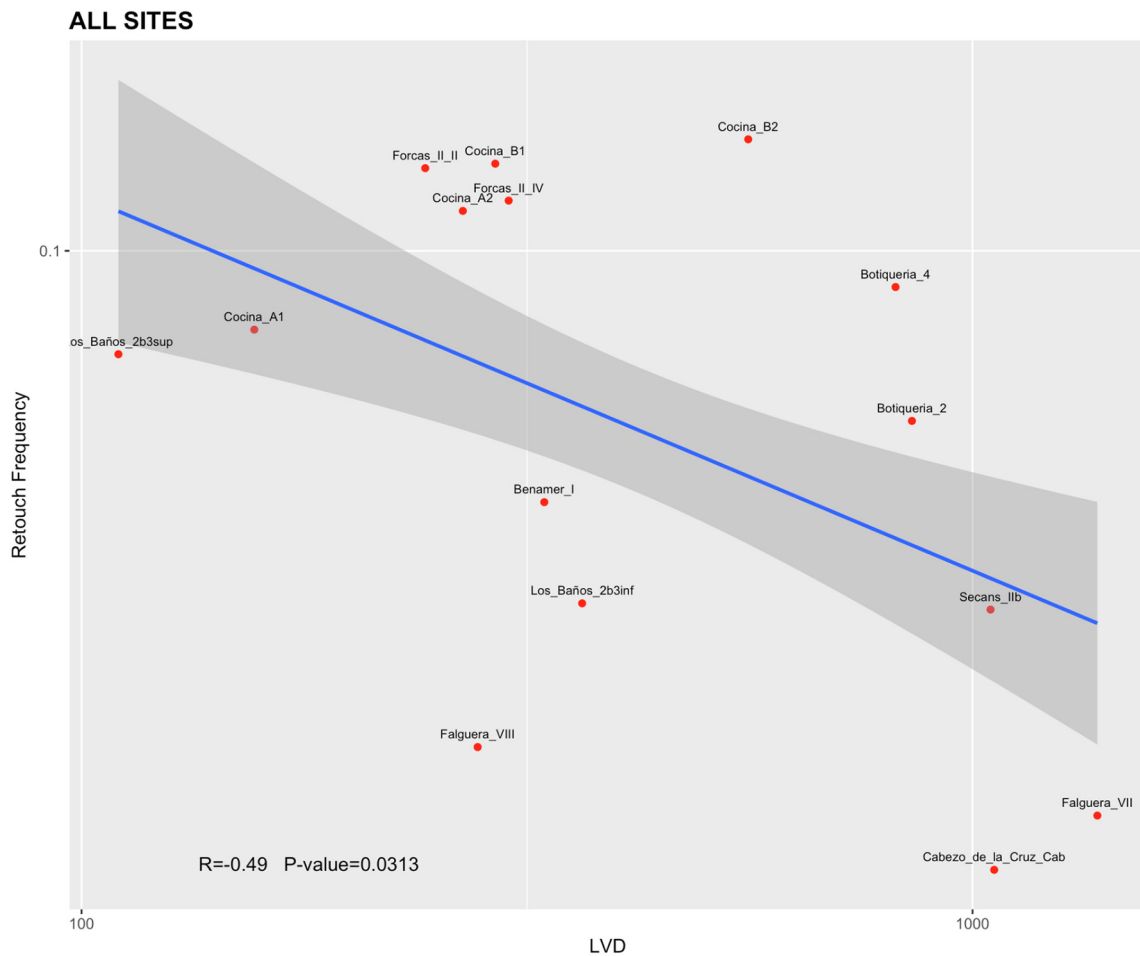


Fig. 2. Correlation of retouch frequency against LVD values.

Table 2
Differences between volume and materials, depending on the year of excavation.

	Volume	Year of excavation	Total lithics	Total retouched
Cocina A1	9.66	1941, 1945	2469	188
Cocina A2	9.21	1941, 1945	2909	334
Cocina B1	5.63	1941, 1945	2071	280
Cocina B2	6.01	1941, 1945	4480	659
Benamer I	23.26	2008, 2009	10,425	437
Falguera VIII	0.15	1998, 1999, 2001	167	3
Falguera VII	0.43	1998, 1999, 2001	635	9
Botiqueria 2	7.05	1974	6412	356
Botiqueria 4	1.95	1974	1598	141
Los Baños 2b3inf	1.57	1998, 1999, 2001	948	28
Los Baños 2b3sup	1.57	1998, 1999, 2001	286	20
Secans IIb	3.6	1986, 1987	3771	109
Forcas II II	3.6	1991, 1992, 1996, 1997	909	121
Forcas II IV	4.8	1991, 1992, 1996, 1997	1538	183
C. de la Cruz	2.96	2004	681	9

societies deploying their activities at the site share similar traits. If a site location is chosen for one specific reason/function, the overall purpose of the site, and therefore its lithic assemblage, should not experience major changes - although minor isolated episodes must be accepted - as long as its environment and the society that chose the site in the first place remain similar, as we believe to be the case for our record. [Casalheira and Bicho \(2018\)](#) have tested this hypothesis. Focused on

Upper Palaeolithic Western Iberian hunter-gatherers, they try to measure their mobility patterns by studying the variability of their lithic assemblages. In order to do so, they apply the Shannon-Weaver *H* index ([Shannon and Weaver, 1949](#)), an index widely used in ecological studies, and designed to measure diversity among different groups of population. However, because the *H* diversity index is particularly sensitive towards lacks and gaps of information within the sample ([Magnussen and Boyle, 1995](#)), and because many of the data at our disposal belong to old excavations, where the standards for gathering archaeological items might not be the same that we have today, we have decided to complement it with the dominance Gini-Simpson *D* index ([Simpson, 1949](#)), whose basic functioning is similar, but where the sample is weighted towards the preponderance of predominant classes ([Jost, 2007](#)). Although they are both indexes conceived for measuring diversity and/or entropy (see [Jost \(2006\)](#) for a full discussion on the diversity vs. entropy concepts), they weight their sample in distinct manners, stressing different aspects of it. Thus, complementarity of this and other measures has been advised in ecological literature ([Nagendra, 2002](#); [Stirling, 2007](#)). Theoretically, because collectors are supposed to show functional differences between sites, a wider range of activities -thus, higher diversity indexes- should be observed in base camps, regarding function-specific camps.

Considering the controversy when typology is implied, we have decided to neglect specific types, and treat classes as elements of discrimination. In other words, paying attention to the aforementioned typological debates, where the definition of some types might be unclear - e.g. scrappers -, we have decided to group archaeological units by class, and not by type, since classes are supposed to be indicative of different activities, which could directly or indirectly point to different

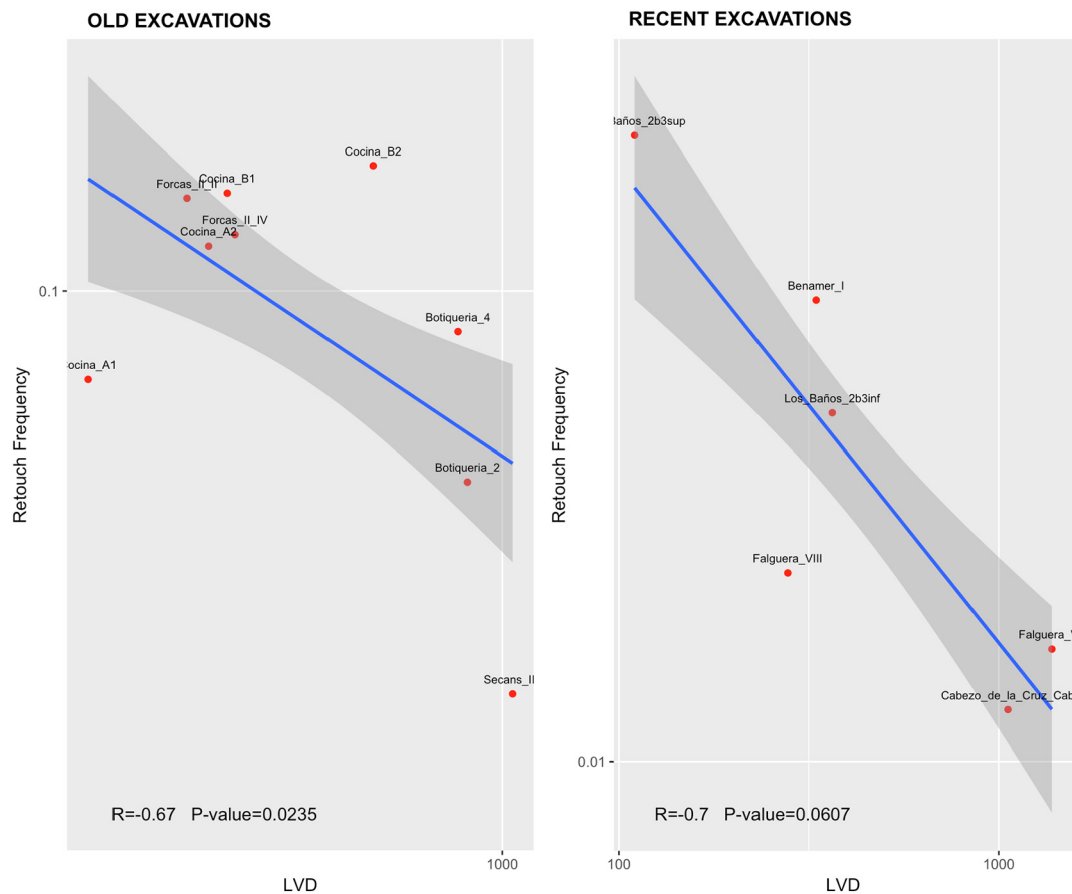


Fig. 3. Differences in the correlations when old excavations and recent excavations are analysed separately.

functionalities, and are less prone to misclassification. For instance, geometric microliths have been added as a unique class - geometrics -, not making a difference between segments, trapezes or triangles, since the function is the same for all of them (Table 1).

Finally, the obtained outputs have brought us to consider why and how the different sites under scrutiny relate between themselves, and as a whole, always following the idea that functionality can bring information about mobility patterns. In this sense, we perform the last phase of our analysis by applying the Jaccard index based on functional diversity - also using classes -, which in this case permits a better comprehension of the specific relationships among sites, as well as the Kruskal-Wallis test, designed for measuring general matrices' correlations on non-parametric assemblages. All of these results are ultimately compared with the proposed functions that each archaeologist offered for each site.

4. Case study and results

One of the main challenges which we have had to face has been the heterogeneity of the sample analysed. Some of the excavations of the sites under study date back to the middle 20th century, whereas different research traditions lay within the methodology applied for most of them. Therefore, because of the different methodology and standards used when gathering the archaeological data of each site under study, some of the information needed to develop the aforementioned methodology was biased or incomplete. Being this so, the first filter has been that of reducing, for different methodological reasons, the original sample under study from 28 sites to the final sample of 9 sites, which is going to be analysed (Fig. 1). Even within the reduced sample, we have not been able to use every site on each analysis.

As explained above, the first part of our analysis consists on testing

the curation or expediency of our assemblages. In order to do so, following Clark and Barton's (2017) methodology, we have deployed a linear correlation model on a log10 scale. We have added all of the sites, but Mas Cremat (Vizcaíno León, 2010), which appeared as an outlier for regression models on our previous testing (as Kabacoff, 2011), probably due to problems on volume calculation, affecting LVD. At a first glance, and as expected, we can indeed see a statistically significant inverse correlation of 0.49 ($p\text{-value} = 0.0313$) in the terms explained above (Fig. 2).

Nevertheless, if we examine the sample closely, we can see possible inconsistencies. Falguera (García Puchol and Aura Tortosa, 2006), for example, is clearly defined by its excavators as a hunting spot, yet it remains on the far expediency end, this indicating a long-term camp. Another important case is Benàmer (Torregrossa Giménez et al., 2011). This site is one of the few open-air sites excavated within this region. According to current information, it roughly covers an area of, at least, 54 m², while it also holds a Mesolithic cobbled, all of which had led us to consider it as a more or less long-term habitat, which contradicts its position in the centre of the model. We believe that two major problems can be affecting our dataset in order to perform this analysis, and we are in no condition of solving them at the moment. First, in order to calculate the LVD, we need to know not only the exact volume of the excavated earth affected by human activity, but also how LVD is spread throughout the archaeological layout. Because this is not always the prime interest of the researchers, this data has often had to be inferred from areas and references to depths, becoming unreliable in some cases. This relates to the problem that, for the same reasons, we are not at this moment in a condition to know the deposition rates of the different sites under study, while this information could also have a high incidence on how we treat LVD in a way that, for the same type of occupation, lithic density would inherently be higher in places with low deposition rates,

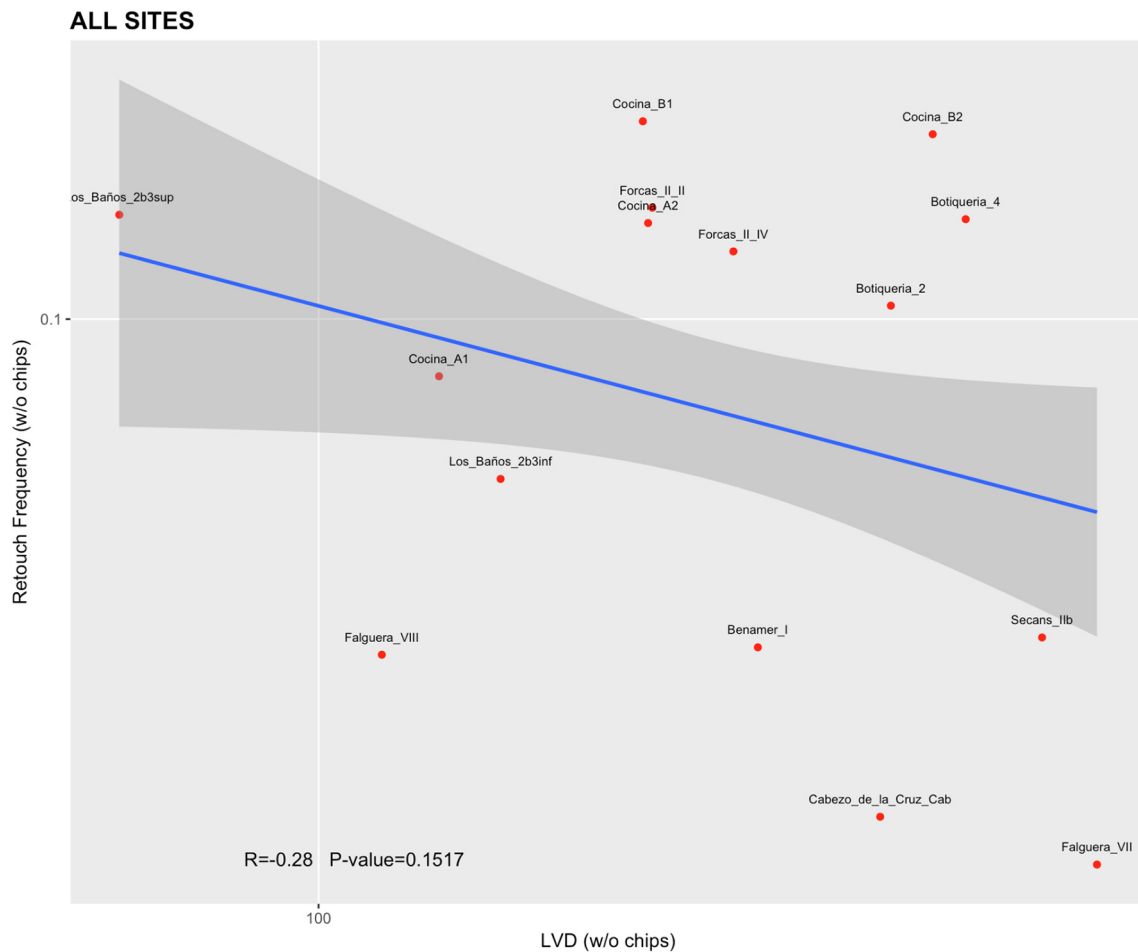


Fig. 4. Results of correlations when not including chips, or small debris, in the analysis.

while it would be lower for places with high deposition rates.

Secondly, and due to previous research, we were aware that there could be a bias depending on the time when the sites were excavated. In order to elucidate this issue, we have decided to perform separate correlations, taking the year 2000 as the turning point, using the data at Table 2.

In Fig. 3 we can see how the correlation increases indeed, even though for more modern sites we do not have statistical significance at 95% probability (p -value = 0.0607), and also giving that our sample is small in both cases, which forces us to consider the possibility of type I statistical errors, this meaning a *false positive* or the rejection of a true null hypothesis.

Our first thought was relating this bias to missing debris in old interventions. Therefore, we decided to perform further correlations of all of the sites removing the possible bias factor; this is, the debris for both, old and new excavations. Counterintuitively, and as seen in Fig. 4, inverse correlation decreases, also reaching an unacceptable statistical significance (p -value = 0.1517). Therefore, the reason why old and new interventions differ should be pointed somewhere else. Perhaps some direct bias in the field when collecting archaeological items?

If curation is correlated to short-term camps, and following the aforementioned arguments, then geometric microliths should be an excellent proxy for indicating hunting spots since, at this chronological stage, their functionality is clearly related to hunting activities (García Puchol et al., 2014). Applying the same kind of analysis, in Fig. 5a we can observe how, as expected, the inverse correlation is both stronger - although still moderate - and significant ($R = -0.5$, p -value = 0.0298) when these are compared with LVD. Because the production of blades is a necessary step when manufacturing geometrics, the possibility of a

higher correlation between blades and geometrics has been considered. However, as shown by Fig. 5b and c, this correlation decreases when applied against blade volumetric density (BVD). This could be indicating, among other things, either that debitage was not necessarily directed exclusively to geometric microliths even in function-specific camps, or that blanks - blades in this case - were also being used, as some authors maintain (Gould et al., 1971; Holdaway and Douglass, 2012). The positive correlation of geometrics against unretouched blades (Fig. 5d) could support this option. However, these last three correlations must be taken with care, since none of them has statistical significance.

In the second part of our analysis we focus on the diversity of the sites under study, following the idea that function-specificity, thus diversity, could express mobility (Casalheira and Bicho, 2018; Soares and Tavares da Silva, 2018). Fig. 6 shows H and D indexes for all sites. In this case, we have been able to include Mas Cremat, hence reinforcing the idea that the problems affecting its statistical significance in the previous tests are related to the calculation of its volume.

In both indexes, even though pretty much all of the sites move within similar ranges, Cocina (Fortea, 1973; García Puchol et al., 2018; Pericot, 1945) presents slightly lower indexes -possibly hinting to a function-specific camp-, and Benàmer, Falguera and Cabezo de la Cruz (Rodanés and Picazo, 2013) move within lower ranges as a whole. These three sites are very specific. Benàmer and Cabezo de la Cruz are the only open-air sites in the sample, to which we should add that, according to its researchers, the reliable archaeological record recovered at the Mesolithic levels of Cabezo de la Cruz belongs exclusively to the remains of a domestic structure. Finally, Falguera could fit well with very low indexes, since it has been clearly classified as a

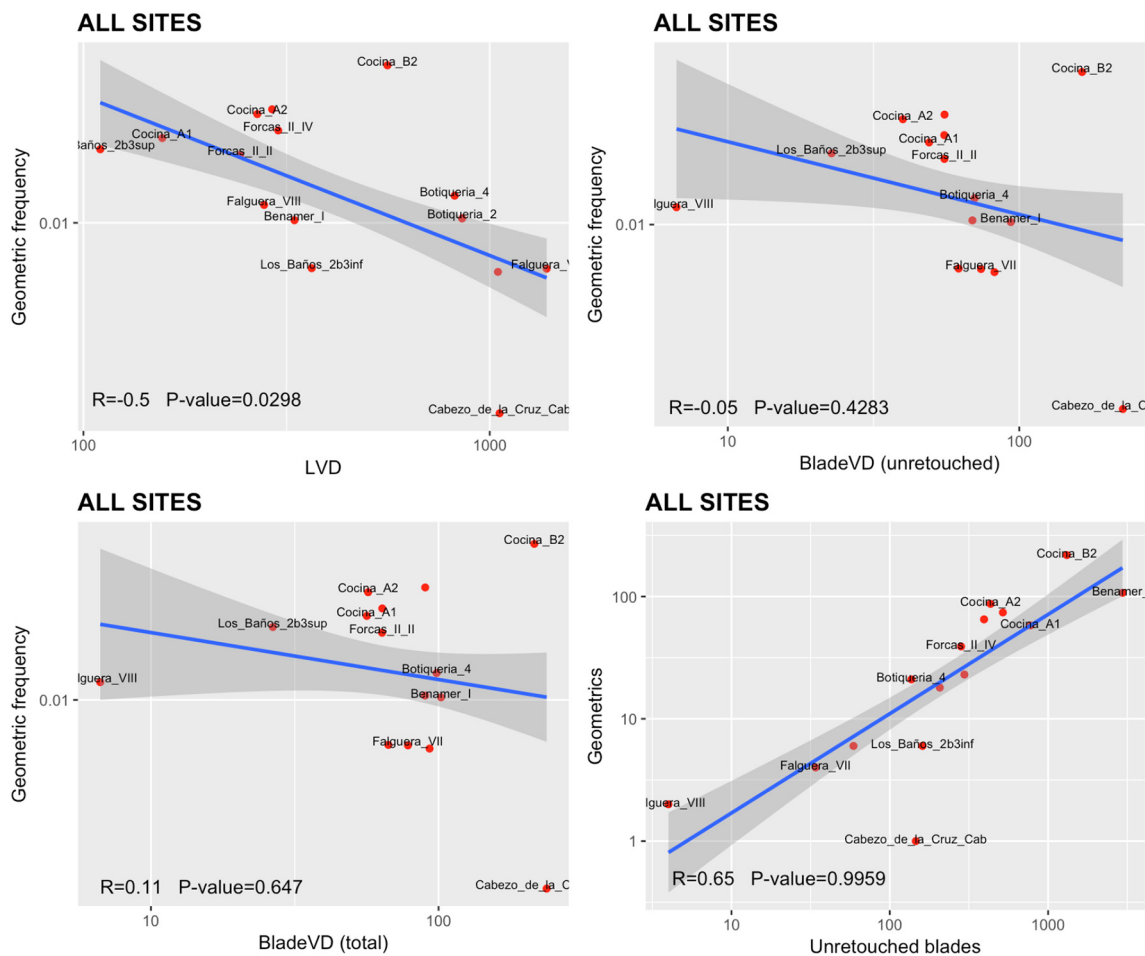


Fig. 5. Different comparisons affecting specifically the geometric microliths, as a possible proxy for mobility patterns. Upper right: Geometric frequency against LVD; upper left: Geometric frequency against BVD, using non-retouched blades only; lower right: Geometric frequency against total BVD; lower left: Geometrics against unretouched blades.

specific hunting spot, but this information must be taken with care, since its lithic collection is very small. At last, it should be noted that the rest of sites moving within similar ranges are shelters, where some postholes have been found, and that have been classified by their researchers as multifunctional temporal habitats. They also belong to the same geographical context.

In order to explore how the sites are related, according to their diversity, we have also deployed a Jaccard analysis (Fig. 7). By observing it, we can see an important cluster affecting all of the levels of Cocina, Benàmer, and the second level of Botiqueria dels Moros (Barandiarán, 1978). Interestingly, these are the sites/levels that have offered the largest lithic deposits. We can also observe another spot of high correlation, affecting the level four of Botiqueria dels Moros, as well as Secans (Rodanés et al., 1996) and Forcas II (Utrilla and Mazo, 2014).

Finally, we have applied the Kruskal-Wallis test for non-parametric general correlations, using the same classes and numbers used for diversity tests. With a $p\text{-value}$ of < 0.001 we can reject the null hypothesis that the sample comes from the same population. This is to say that, attending to their diversity, and if such expresses functionality, the sites are not functionally-related as a whole.

5. Discussion

The approach taken in order to test the mobility of the last hunter-gatherers of the Eastern Iberian Peninsula has been basically to measure their functionality in different ways, attending to the fact that this could express mobility. However, we can point at some problems when

applying our methodological tools to this particular sample. In the first place, the curation vs. expediency tool is very sensitive to the volume of earth subtracted from each site. This methodology has achieved its best performance in cases where both, volumes and deposition rates were under control (Clark and Barton, 2017). In our case, and even though general correlations are consistent with what was expected, the fact that we have not had access to this information might have biased our results, as the case of Benàmer, explained above, might show.

As for the diversity measures applied, we are aware that diversity can express many things, not only mobility, and that is one of the reasons why we have not considered specific types, but rather functional classes, as explained above. In this case, we acknowledge that this result might need further research.

We have broadly found two groups of sites, where chronology does not seem to be an element of discrimination (Table 3).

If we observe Fig. 8, geographic distribution could have an incidence on how diversity measures interrelate. Nevertheless, if we examine the sites closely, we can see specific features, which could drive us away from this interpretation. One first insight brings us to the proximity of the Jaccard distance between Botiqueria 2, belonging to the Lower Aragon Region, Cocina (phase A and phase B levels), and Benàmer, both belonging to the Valencian area. Even more important is the fact that all of the sites studied for the Lower Aragon Region consist on similar shelters, with similar biotopes, and that have been defined by their main excavators as habitats, where broad-spectrum economies were being developed (Rodanés et al., 1996; Utrilla and Mazo, 2014), this leading to think of rather long-term camps, as proved by their



Fig. 6. Comparison of Shannon-Weaver H (upper image) and Gini-Simpson D (lower image) diversity indexes.

higher diversity indexes, and roughly by the curation vs. expediency analysis. In this sense, Forcas II is a special case. It has been defined by its researchers as a hunting spot, which is consistent with its position on the curation vs. expediency ratios, yet its diversity indexes, although lower than the rest from the Lower Aragon Region, still move within a similar range, and are far up from Falguera's - the other clear hunting spot - levels. Perhaps, this could be hinting that, even though Forcas II would have short occupations, more activities were being developed at the site.

As for the sites remaining outside that area, mainly Cocina, Benàmer and Falguera, we believe that geographical relation loses importance when we examine them directly. We have already mentioned the special conditions, both of Benàmer and Falguera. Cocina has been considered as a goat hunting spot (Pérez Ripoll and García Puchol, 2017), but the specific characteristics of this site, containing a remarkable collection of engraved plaquettes, and a vast collection of archaeological material, comprising among other items, more than 2.000 geometric microliths force us to be cautious before finishing the studies on the site, currently undergoing.

Back to the general comparison, and to Binford's (1980) original article, we could consider that the mobility patterns affecting this geochronological area would be oriented towards collector-logistic mobility, where we can find diversified long-term camps, complemented by short-term hunting spots. This would be statistically justified by the fact that (1) the correlations existing in LVD indexes point to difference in curated vs. expedient assemblages and (2) diversity indexes reflect

changes in the functional patterns of the sites. In any case, some of the problems with the received outputs have already been discussed. Among them, open-air camps constitute a significant missing spot in the information at our disposal. Even though we are aware of their existence, different circumstances have banned research in such sites so far. Including them into our sample could not only change the way in which we understand the mobility patterns of the last hunter-gatherers of the Eastern Iberian Peninsula (Martí Oliver et al., 2009), but it would also complement a fundamental missing gap in order to understand how these groups related among themselves and within their environment. We have seen a general pattern tending to some base camps complemented by function-specific sites, but we believe that we still have significant geographical gaps in order to configure an interrelated mobility pattern.

Finally, our goal has been to test if the methodology proposed was useful in order to approach this issue with the information available in this moment. In this sense, the curation vs. expediency method is difficult to apply when combining different excavations where volume reliability might be low and deposition rates are not under control. On the other hand, diversity comparisons might be a useful system, even in cases where the researcher does not have control of all the parameters in one excavation, but we also believe that this system could benefit from a further reflection of how and why are functionalities being displayed, what do they mean, and how do we want to approach them from an archaeological perspective.

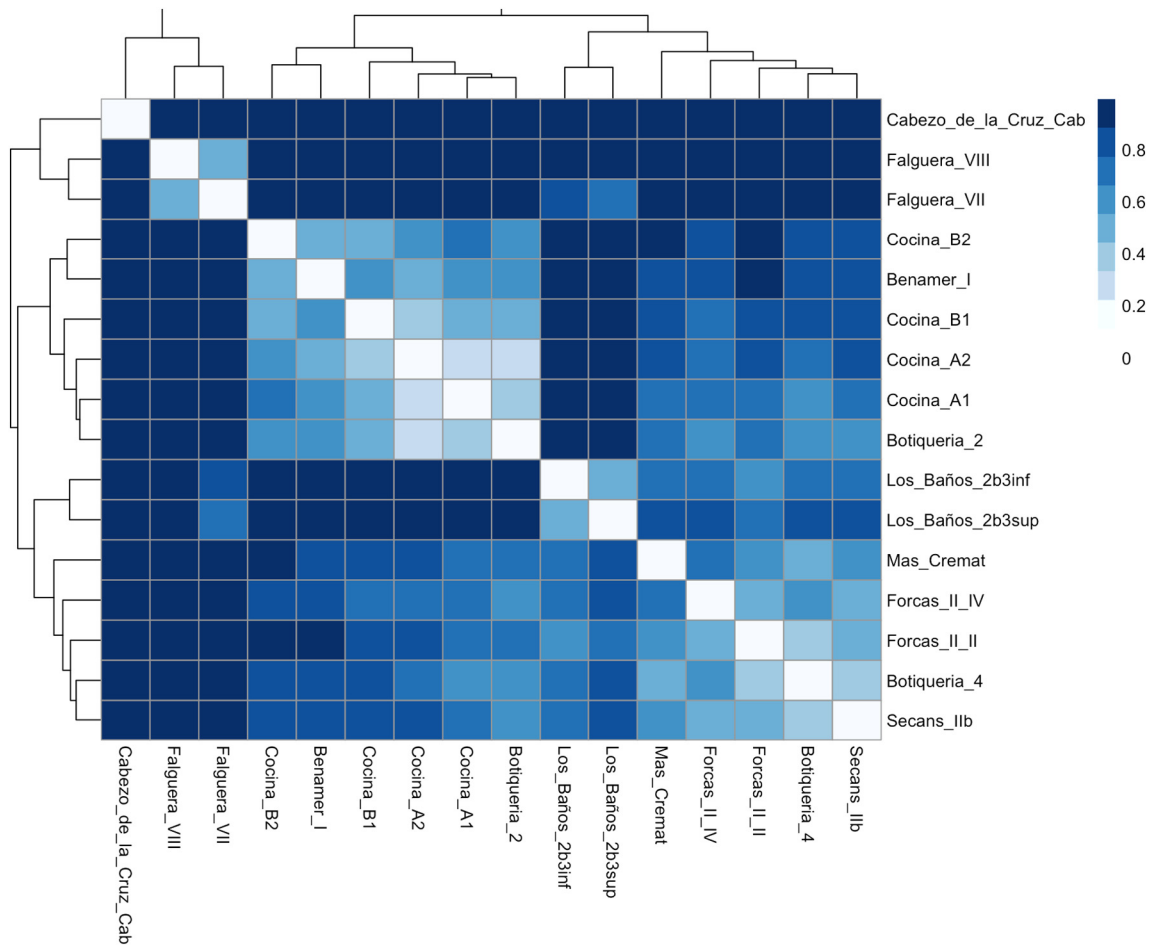


Fig. 7. Jaccard similarity heatmap. Lighter colours are closer to 0, thus indicating higher similarity.

Table 3

Comparison of diversity values per site. Cocina's cal. dates are displayed according to the Bayesian model developed by García Puchol et al. (2018), and indicate the beginning and ending of each phase.

	Shannon-Weaver H index	Simpson D index	Archaeological phase	Dating BP	Dating cal BP
Cocina_A1	1.4762515	0.7164632	A1	7610 ± 40	8611–8221
Cocina_A2	1.4943256	0.7105163	A2	6760 ± 40/7350 ± 40	8292–7936
Cocina_B1	1.4604658	0.7442418	B1	7050 ± 50	8102–7845
Cocina_B2	1.4433671	0.7299058	B2	7080 ± 50	7928–7714
Benamer_I	1.1069917	0.5589489	A	7480 ± 50	8384–8193
Falguera_VIII	0.6365142	0.4444444	A	7410 ± 70/7526 ± 44	8376–8152/8413–8291
Falguera_VII	0.8675632	0.5	A	7280 ± 40	8176–8013
Botiqueria_2	1.9486532	0.8231477	A	7750 ± 200	9123–8175
Botiqueria_4	2.029866	0.8492346	B	6830 ± 50	7762–7583
Los_Baños_2b3inf	1.6914094	0.8035714	A	7550 ± 50	8431–8290
Los_Baños_2b3sup	1.7249348	0.7901235	A	7350 ± 50	8225–8029
Secans_IIb	1.8371083	0.8175583	B	NA	NA
Forcas_II_II	1.780458	0.8132544	B	7240 ± 40/7150 ± 40	8164–7979/8032–7927
Forcas_II_IV	1.5907081	0.7535133	B	7000 ± 40/7090 ± 340	7936–7736/8633–7311
Cabezo_de_la_Cruz_Cab	0.3767702	0.21875	A	6970 ± 40/6940 ± 50/7150 ± 70	7872–7697/7924–7901/8076–7842
Mas_Cremat	2.12143	0.8637037	B	6800 ± 50/6780 ± 50	7726–7573/7702–7567

6. Concluding remarks

This article has tested two different ways of measuring mobility, both based on the assumption that such can be expressed by the functionality of the lithic record. For the curation vs. expediency methodological approach, although it has shown some interesting correlations, it is only able to develop its full potential when all of the elements of the analysis are under control, as is the case in La Riera (Clark and Barton, 2017). In our case, the lack of accuracy of some data, namely

volumes and deposition rates, might have biased our final results. In order to balance this output, we decided to apply diversity measures, also following the rationale that diversity of classes within assemblages could express distinct more or less specific functions. The results obtained with this kind of methodology are consistent with prior information.

The existence of well-defined hunting spots, together with the similarity of shelters with diverse functions seems to point to a mobility pattern where long-term camps would be complemented by short-term

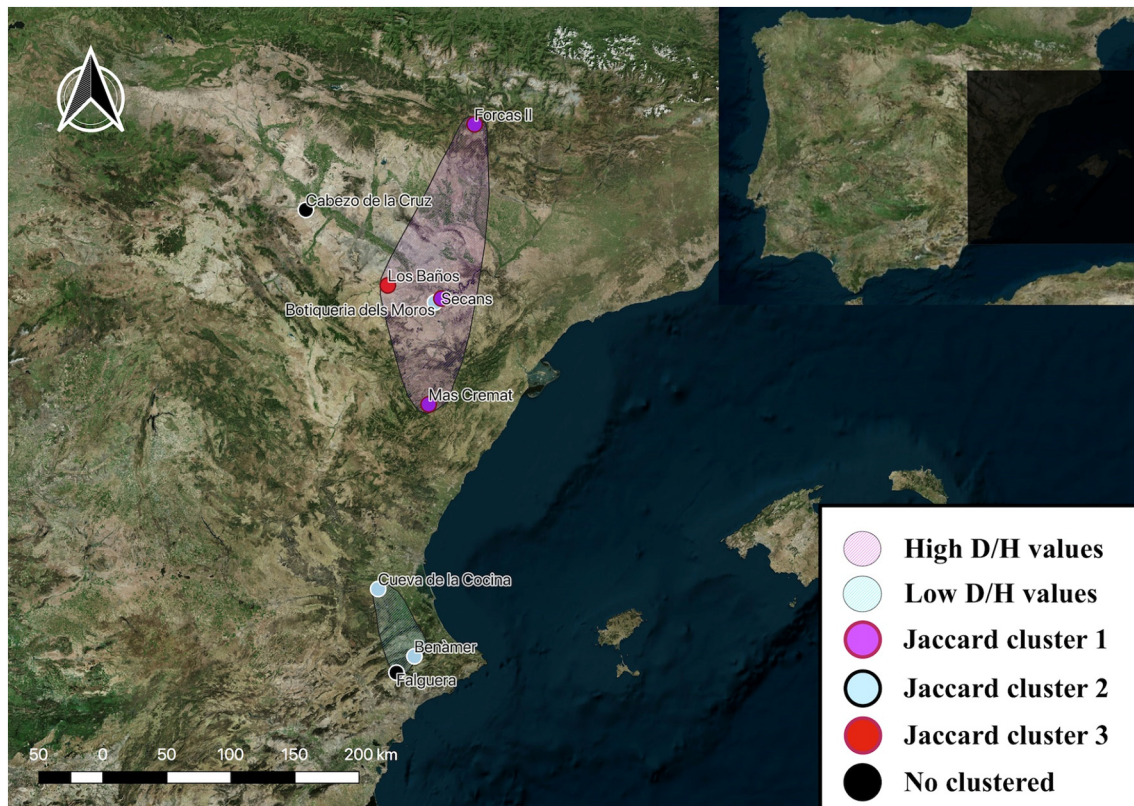


Fig. 8. Geographic distribution of diversity measures and clusters.

hunting spots. However, a larger, reliable, sample would be desirable in order to face specific problems and increase our accuracy.

Acknowledgments

This research was financed by the Spanish Ministry of Economy, Industry and Competitiveness, grant HAR2015-68962-P (EVOLPAST): “*Dinámicas evolutivas y patrones de variabilidad cultural de los últimos caza-recolectores y el primer Neolítico en el este peninsular (circa 7000-4500 cal BC)*” and grant PGC2018-096943-B-C21 (Ministry of Science, Innovation and Universities): “*CHRONOEVOL: High resolution chronology and cultural evolution in the east of the Iberian Peninsula (circa 7000-4000 cal BC): a multiscale approach*”. ACN is supported by MINECO pre-doctoral grant BES-2016-076578. SPG is supported by MINECO post-doctoral grant FJDC-2016-30588.

References

- Alday, A., 2009. El final del Mesolítico y los inicios del Neolítico en la Península Ibérica: cronología y fases. *Munibe Antropología-Arqueología* 60, 157–173.
- Álvarez Fernández, E., 2008. The use of *Columbella rustica* (class: Gastropoda) in the Iberian Peninsula and Europe during the Mesolithic and the early Neolithic. In: Hernández Pérez, M.S., Soler Díaz, J.A., López Padilla, J.A. (Eds.), *Actas del IV Congreso del Neolítico Peninsular. vol. II. MARQ. Museo Arqueológico de Alicante. Diputación de Alicante, Alicante*, pp. 103–111.
- Barandiarán, I., 1978. El abrigo de la Botiqueria dels Moros. Mazaleón (Teruel). *Excavaciones arqueológicas de 1974. In: Quaderns de Prehistòria i Arqueologia de Castelló*. 5. pp. 49–138.
- Barton, C.M., 1990. Beyond style and function: a view from the Middle Paleolithic. *Am. Anthropol.* 92 (1), 57–72. <https://doi.org/10.1525/aa.1990.92.1.02a00040>.
- Barton, C.M., 1991. Retouched tools, fact of fiction? Paradigms for interpreting Paleolithic chipped stone. In: Clark, Geoffrey A. (Ed.), *Perspectives on the Past. Theoretical Biases in Mediterranean Hunter-Gatherer Research*. University of Pennsylvania Press, Philadelphia, pp. 143–163.
- Barton, C.M., Riel-Salvatore, J., 2014. The formation of lithic assemblages. *J. Archaeol. Sci.* 46, 334–352. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.03.031>.
- Barton, C.M., Riel-Salvatore, J., 2016. A lithic perspective on ecological dynamics in the Upper Pleistocene of western Eurasia. In: Sullivan, A.P., Olszewski, D.I. (Eds.), *Archaeological Variability and Interpretation in Global Perspective*. University Press of Colorado, Louisville (Colorado), pp. 25–51.
- Barton, C.M., Riel-Salvatore, J., Anderies, J.M., Popescu, G., 2011. Modeling human eodynamics and biocultural interactions in the Late Pleistocene of Western Eurasia. *Hum. Ecol.* 39 (6), 705–725. <https://doi.org/10.1007/s10745-011-9433-8>.
- Bernabeu, J., García Puchol, O., Pardo-Gordó, S., Barton, M., McClure, S.B., 2014. AEA 2012 Conference Reading: socioecological dynamics at the time of Neolithic transition in Iberia. *Environ. Archaeol.* 19 (3), 214–225. <https://doi.org/10.1179/1749631414Y.0000000032>.
- Binder, D., 1987. *Le Néolithique ancien provençal Typologie et technologie des outillages lithiques*. Éditions du CNRS, Paris.
- Binder, D., Collina, C., Guilbert, R., Perrin, T., García Puchol, O., 2012. Pressure-knapping blade production in the north-western Mediterranean region during the seventh millennium cal B.C. In: Desrosiers, M. (Ed.), *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation*. Springer, New York, pp. 199–217.
- Binford, L.R., 1980. Willow smoke and dogs' tails: hunter-gatherer settlement systems and archaeological site formation. *Am. Antiq.* 45 (1), 4–20. <https://doi.org/10.2307/279653>.
- Binford, L.R., 1982. The archaeology of place. *J. Anthropol. Archaeol.* 1 (1), 5–31. [https://doi.org/10.1016/0278-4165\(82\)90006-X](https://doi.org/10.1016/0278-4165(82)90006-X).
- Blades, B.S., 2003. End scraper reduction and hunter-gatherer mobility. *Am. Antiq.* 68 (1), 141–156. <https://doi.org/10.2307/3557037>.
- Bleed, P., 1986. The optimal design of hunting weapons: maintainability or reliability. *Am. Antiq.* 51 (4), 737–747. <https://doi.org/10.2307/280862>.
- Bonzani, R.M., 1997. Plan diversity in the archaeological record: a means toward defining hunter-gatherer mobility strategies. *J. Archaeol. Sci.* 24 (12), 1129–1139. <https://doi.org/10.1006/jasc.1997.0192>.
- Cascalheira, J., Bicho, N., 2018. Testing the impact of environmental change on hunter-gatherer settlement organization during the Upper Paleolithic in western Iberia. *J. Quat. Sci.* <https://doi.org/10.1002/jqs.3009>.
- Clark, Geoffrey A., 2009. Accidents of history: conceptual frameworks in paleoarchaeology. In: Camps, M., Chauhan, P. (Eds.), *Sourcebook of Paleolithic Transitions. Methods, Theories, and Interpretations*, pp. 19–41. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76487-0_2.
- Clark, G.A., Barton, C.M., 2017. Lithics, landscapes & la longue-durée – curation & expediency as expressions of forager mobility. *Quat. Int.* 450, 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.08.002>.
- Clark, G.A., Barton, C.M., Straus, L.G., 2018. Landscapes, climate change & forager mobility in the Upper Paleolithic of northern Spain. *Quat. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.04.037>.
- Cortés Sánchez, M., Jiménez Espejo, F.J., Simón Vallejo, M.D., Gibaja Bao, J.F., Carvalho, A.F., Martínez-Ruiz, F., ... Bicho, N.F., 2012. The Mesolithic–Neolithic transition in southern Iberia. *Quat. Res.* 77 (2), 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2011.12.003>.
- Crombé, P., 2018. Abrupt cooling events during the Early Holocene and their potential

- impact on the environment and human behaviour along the southern North Sea basin (NW Europe). *J. Quat. Sci.* 33 (3), 353–367. <https://doi.org/10.1002/jqs.2962>.
- Dibble, H.L., 1984. Interpreting typological variation of middle paleolithic scrapers: function, style of sequence of reduction. *J. Field Archaeol.* 11, 431–436.
- Dibble, H.L., 1987. The interpretation of Middle Paleolithic scraper morphology. *Am. Antiq.* 52 (1), 109–117. <https://doi.org/10.2307/281062>.
- Domingo Martínez, R., 2005. La funcionalidad de los microlitos geométricos: bases experimentales para su estudio. Universidad de Zaragoza. Departamento de Ciencias de la Antigüedad, Zaragoza.
- Elston, R.G., Kuhn, S.L., 2002. Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization. American Anthropological Association, Arlington (Vi).
- Fernández López de Pablo, J., Jochim, M.A., 2010. The impact of the 8,200 cal bp climatic event on human mobility strategies during the Iberian Late Mesolithic. *J. Anthropol. Res.* 66 (1), 39–68. <https://doi.org/10.3998/jar.0521004.0066.103>.
- Bicho, N., 2002. Lithic raw material economy and hunter-gatherer mobility in the late glacial and early postglacial in Portuguese prehistory. In: Fisher, L.E., Eriksen, B.V. (Eds.), *Lithic Raw Material Economies in Late Glacial and Early Postglacial Europe*. Archaeopress, Oxford, pp. 161–179.
- Fortea, J., 1973. Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterráneo español. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- García Puchol, O., 2005. El proceso de neolitización en la fachada mediterránea de la península Ibérica. In: *Tecnología y tipología de la piedra tallada*. vol. 1430 BAR International Series, Oxford.
- García Puchol, O., Aura Tortosa, J.E., 2006. El Abric de La Falguera (Alcoi, Alacant). 8.000 años de ocupación humana en la cabecera del río Alcoi. Diputación de Alicante-Ayuntamiento de Alcoi-Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alcoi.
- García Puchol, O., Jardón Giner, P., 1999. La utilización de los elementos geométricos de la Covacha de Llatas (Andilla, Valencia). *Recerques del Museu d'Alcoi* 8, 75–87.
- García Puchol, O., & Juan Cabanilles, J. (2012). Redes tecnológicas en la neolitización de la vertiente mediterránea de la Península Ibérica: La producción laminar mesolítica y neolítica según los ejemplos de la cueva de la cocina (Dos Aguas, Valencia) y la Cova de l'Or (Beniarre, Alicante). *Rubricatium: revista del Museu de Gavà*, 0(5), 145–154.
- García Puchol, O., Mazzucco, N., Gibaja Bao, J.F., Juan Cabanilles, J., 2014. Use-wear analysis of a set of geometric projectiles from the Mesolithic context of Cocina cave (eastern Spain). In: *Marreiros, J., Bicho, N., Gibaja Bao, J. (Eds.), t. Cambridge Scholar Publishing, Cambridge*, pp. 213–224.
- García Puchol, O., McClure, S.B., Juan Cabanilles, J., Díez Castillo, A., Bernabeu Aubán, J., Martí Oliver, B., ... Kennett, D.J., 2018. Cocina cave revisited: Bayesian radiocarbon chronology for the last hunter-gatherers and first farmers in eastern Iberia. *Quat. Int.* 472B, 259–271. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.10.037>.
- Gibaja, J.F., Palomo, A., 2004. Geométricos usados como proyectiles. Implicaciones económicas, sociales e ideológicas en sociedades neolíticas del VI-IV milenio CAL BC en el Noroeste de la Península Ibérica. *Trab. Prehist.* 61 (1), 81–97.
- Gould, R.A., Koster, D.A., Sontz, A.H.L., 1971. The lithic assemblage of the western desert aborigines of Australia. *Am. Antiq.* 36 (2), 149–169. <https://doi.org/10.2307/278668>.
- Grove, M., 2009. Hunter-gatherer movement patterns: causes and constraints. *J. Anthropol. Archaeol.* 28 (2), 222–233. <https://doi.org/10.1016/j.jaa.2009.01.003>.
- Hiscock, P., 2007. Looking the other way. A materialist/technological approach to classifying tools and implements, cores and retouched flakes. In: *McPherron, S.P. (Ed.), Tools Versus Cores: Alternative Approaches to Stone Tool Analysis Index*, pp. 198–222. Retrieved from. <https://openresearch-repository.anu.edu.au/handle/1885/41379>.
- Holdaway, S., Douglass, M., 2012. A twenty-first century archaeology of stone artifacts. *J. Archaeol. Method Theory* 19 (1), 101–131. <https://doi.org/10.1007/s10816-011-9103-6>.
- Jelinek, A.J., 1976. Form, function and style in lithic analysis. In: Cleland, C.E. (Ed.), *Cultural Change and Continuity*. Academic Press, New York, pp. 19–34.
- Jost, L., 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113 (2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>.
- Jost, L., 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88 (10), 2427–2439. <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>.
- Jover Maestre, F.J.J., García Atiénzar, G.G., 2014. Sobre la neolitización de los grupos mesolíticos en el este de la Península Ibérica: la exclusión como posibilidad. *Pyrenae* 45 (1), 55–88.
- Juan Cabanilles, J., 1985. El complejo epipaleolítico geométrico (Facies cocina) y sus relaciones con el Neolítico antiguo. *Sagvntvm* 19, 9–30. <https://doi.org/10.7203/SAGVNTVM.19.5309>.
- Juan Cabanilles, J., 2008. El utillaje de piedra tallada en la Prehistoria reciente valenciana: Aspectos tipológicos, estilísticos y evolutivos. Servicio de Investigación Prehistórica, Valencia.
- Juan Cabanilles, J., Martí Oliver, B., 2007. La fase C del Epipaleolítico reciente: Lugar de encuentro o línea divisoria. Reflexiones en torno a la neolitización en la fachada mediterránea peninsular. *Veleia* 24–25, 611–628.
- Kabacoff, R.I., 2011. *R in Action*. Data Analysis and Graphics With R. Manning Publications Co.
- Kelly, R.L., 1983. Hunter-gatherer mobility strategies. *J. Anthropol. Res.* 39 (3), 277–306.
- Kuhn, S.L., 1989. Hunter-gatherer foraging organization and strategies of artifact replacement and discard. In: *Amick, D.S., Mauldin, R.P. (Eds.), Experiments in Lithic Technology*. BAR International Series, Oxford, pp. 33–47.
- López Sáez, J.A., López-Merino, L., Pérez Díaz, S., 2008. Crisis climáticas en la Prehistoria de la Península Ibérica: el Evento 8200 cal. BP como modelo. In: *Actas VII Congreso Ibérico de Arqueometría*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España), Madrid, pp. 77–86.
- Lycett, S.J., Cramon-Taubadel, N.von., 2015. Toward a “quantitative genetic” approach to lithic variation. *J. Archaeol. Method Theory* 22 (2), 646–675. <https://doi.org/10.1007/s10816-013-9200-9>.
- Magnussen, S., Boyle, T.J.B., 1995. Estimating sample size for inference about the Shannon-Weaver and the Simpson indices species of diversity. *For. Ecol. Manag.* 78 (1–3), 71–84. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03596-1](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03596-1).
- Marchand, G., Perrin, T., 2017. Why this revolution? Explaining the major technical shift in southwestern Europe during the 7th millenium cal. BC. *Quat. Int.* 428 (B), 73–85. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.07.059>.
- Martí Oliver, B., Aura Tortosa, J.E., Juan Cabanilles, J., García Puchol, O., Fernández López de Pablo, J., 2009. El Mesolítico Geométrico de tipo ‘Cocina’ en el País Valenciano. In: Utrilla Miranda, P., Montes Ramírez, L. (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, pp. 205–258.
- Martínez Moreno, J., Mora Torcal, R., Casanova, J., 2010. Lost in the mountains? Marine ornaments in the Mesolithic of the northeast of the Iberian Peninsula. *Munibe. Suplemento* 31, 100–109.
- McNiven, I.J., 1992. Shell middens and mobility: the use of off-site faunal remains, Queensland, Australia. *J. Field Archaeol.* 19 (4), 495–508. <https://doi.org/10.2307/530429>.
- Miller, A., Barton, C.M., 2008. Exploring the land: a comparison of land-use patterns in the Middle and Upper Paleolithic of the western Mediterranean. *J. Archaeol. Sci.* 35 (5), 1427–1437. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2007.10.007>.
- Montes, L., Domingo, R., González-Sampérez, P., Sebastián, M., Aranbarri, J., Castaños, P., ... Laborda, R., 2016. Landscape, resources and people during the Mesolithic and Neolithic times in NE Iberia: the Arba de Biel Basin. *Quat. Int.* 403, 133–150. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.05.041>.
- Nagendra, H., 2002. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. *Appl. Geogr.* 22, 175–186. [https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(02\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(02)00002-4).
- Niven, L., Steele, T.E., Rendu, W., Mallye, J.-B., McPherron, S.P., Soressi, M., Hublin, J.-J., 2012. Neanderthal mobility and large-game hunting: the exploitation of reindeer during the Quina Mousterian at Chez-Pinaud Jonzac (Charente-Maritime, France). *J. Hum. Evol.* 63 (4), 624–635. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2012.07.002>.
- Pardo-Gordó, S., García Puchol, O., Díez Castillo, A., McClure, S.B., Juan Cabanilles, J., Pérez Ripoll, M., ... Basile, M., 2018. Taphonomic processes inconsistent with indigenous Mesolithic acculturation during the transition to the Neolithic in the Western Mediterranean. *Quat. Int.* 483, 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.05.008>.
- Pérez Ripoll, M., García Puchol, O., 2017. Los últimos caza-recolectores en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia). Estudio arqueozoológico del material procedente de las campañas de 1941 y 1942. In: *Sanchís Serra, A., Benito, J.L.L. Pascual (Eds.), Interaccions entre felins i humans/III Jornades d'Arqueozoologia del Museu de Prehistòria de València: homenatge a Innocenci Sarrion Montaña*. Museu de Prehistòria de València, Valencia, pp. 399–424.
- Pericot, L., 1945. La Cueva de la Cocina (Dos Aguas). Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia, Valencia.
- Perrin, T., 2001. Évolution du silex taillé dans le Néolithique haut-rhodanien autour de la stratigraphie du Gardon (Ambérieu-en-Bugey, Ain). *Sciences de l'Homme et Société - Université de la Sorbonne, Paris*.
- Perrin, T., Binder, D., 2014. Le Mésolithique à trapèzes et la néolithisation de l'Europe sud-occidentale. In: *Manen, C., Perrin, T., Guilaine, J. (Eds.), La transition néolithique en Méditerranée. Actes du colloque Transitions en Méditerranée, ou comment des chasseurs devinrent agriculteurs*, Muséum de Toulouse, 14–15 avril 2011. *Errance et Archives d'Ecologie Préhistorique*, Paris, pp. 271–281.
- Pike-Tay, A., Cosgrove, R., 2002. From reindeer to wallaby: recovering patterns of seasonality, mobility and prey selection in the Palaeolithic Old World. *J. Archaeol. Method Theory* 9 (2), 101–146. <https://doi.org/10.1023/A:1016526207956>.
- Quinn, R.L., Tucker, B.D., Krigbaum, J., 2008. Diet and mobility in Middle Archaic Florida: stable isotopic and faunal evidence from the Harris Creek archaeological site (8vo24), Tick Island. *J. Archaeol. Sci.* 35 (8), 2346–2356. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.02.013>.
- Riel-Salvatore, J., Barton, C.M., 2004. Late Pleistocene technology, economic behaviour, and land-use dynamics in southern Italy. *Am. Antiq.* 69 (2), 273–290. <https://doi.org/10.2307/4128419>.
- Rodanés, J.M., Picazo, J.V., 2013. El campamento mesolítico de Cabezo de la Cruz (La Muela, Zaragoza). *Prensas de la Universidad de Zaragoza*, Zaragoza.
- Rodanés, J.M., Tilo, M.A., Ramón, N., 1996. El abrigo de Els Secans (Juzaleón, Teruel). In: *La ocupación del valle del Matarraña durante el Epipaleolítico y Neolítico Antiguo*. *Al-Qannis-Boletín del taller de Arqueología de Alcañiz*, Alcañiz.
- Rowley-Conwy, P., 2001. Time, change and the archaeology of hunter-gatherers: how original is the ‘original affluent society’? In: *Panther-Brick, C., Layton, R.H., Rowley-Conwy, P. (Eds.), Hunter-Gatherers: An Interdisciplinary Perspective*, pp. 39–72. Retrieved from. <http://www.cambridge.org/catalogue/catalogue.asp?isbn=9780521772105>.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson, E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163, 688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>.
- Soares, J., 1996. Padroes de povoamento e subsistencia no Mesolítico da costa sudoeste portuguesa. *Zephyrus* 49, 109–124.
- Soares, J., Tavares da Silva, C., 2018. Living in the southwest Portuguese coast during the Late Mesolithic: the case study of Vale Marim I. *J. Archaeol. Sci.* 99, 18. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.11.019>.
- Soares, J., Mazzucco, N., Tavares da Silva, C., 2017. Marine adaptations in the Late Mesolithic of the Portuguese southwest coast: use-wear analysis of the lithic industry of Vale Marim I. *Rev. Port. Arqueol.* 20, 31–44.
- Stirling, A., 2007. A general framework for analysing diversity in science, technology and society. *J. R. Soc. Interface* 4 (15), 707–719. <https://doi.org/10.1098/rsif.2007>

- 0213.
- Torregrossa Giménez, P., Jover Maestre, F.J., López Seguí, E., 2011. Benàmer (Muro d'Alcoi, Alicante). Mesolíticos y neolíticos en las tierras meridionales valencianas. Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia, Valencia.
- Utrilla, P., Mazo, C., 2014. La Peña de las Forcas (Graus, Huesca). Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.
- Utrilla, P., Montes, L., 2009. El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica. Departamento de Ciencias de la Antigüedad-Universidad de Zaragoza, Zaragoza.
- Vizcaíno León, D. (Ed.), 2010. El Cingle del Mas Cremat (Portell de Morella, Castellón). Un asentamiento en altura con ocupaciones del Mesolítico Reciente. EIN Mediterráneo, Valencia.
- Yaroshevich, A., Kaufman, D., Nuzhnyy, D., Bar-Yosef, O., Weinstein-Evron, M., 2010. Design and performance of microlith implemented projectiles during the Middle and the Late Epipaleolithic of the Levant: experimental and archaeological evidence. *J. Archaeol. Sci.* 37 (2), 368–388. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.09.050>.

ARTÍCULO 4

CORTELL-NICOLAU, A. (2019). "Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability". *Lithic Technology*, 44 (3), pp. 153-165. DOI: 0.1080/01977261.2019.1615805



Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability

Alfredo Cortell-Nicolau

To cite this article: Alfredo Cortell-Nicolau (2019) Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability, *Lithic Technology*, 44:3, 153-165, DOI: [10.1080/01977261.2019.1615805](https://doi.org/10.1080/01977261.2019.1615805)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/01977261.2019.1615805>



Published online: 15 May 2019.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 59



View Crossmark data [↗](#)



Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability

Alfredo Cortell-Nicolau 

Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga, Facultat de Geografia i Història, Universitat de València, Valencia, Spain

ABSTRACT

This paper presents Geomeasure, a methodological tool developed to recover typometric information with a twofold objective. First, to speed up the process of gathering data by automatizing the way in which it is recovered. Second, it adds higher accuracy and the possibility of re-measuring archeological items without further directly interacting with the piece. Based on a combination of R scripting with GIS features, Geomeasure is at the time able to automatically gather 125–130 typometric variables per archaeological item, with the only input of vectorized photographs. It can be used as a reliable methodological aid to extract detailed information on patterns and trends of shape variability. The system has currently been applied over a sample of 2,000+ geometric microliths in the Eastern Iberian Peninsula. The performance results of its application are on display, and the system is compared to other methodological approaches currently in use for capturing shape variability.

KEYWORDS

R Programming Language; QGIS; typometry; measuring protocols; geometric microliths

Introduction

Measuring how items change over time is one of the most basic tools in Archaeology in order to understand the past, and determine how different cultural entities changed and interacted with each other. Therefore, for a long time now, a great amount of effort has been placed to discern how we should measure archaeological artifacts in terms of both the parameters to be accounted for and the methods to be used when measuring such parameters (Dibble & Bernard, 1980; Lyman & VanPool, 2009; Ramenofsky & Steffen, 1998).

Most of archaeological artifacts follow specific conventions in terms of how pieces are supposed to be approached. In the case of lithic industry, the way in which pieces are oriented, the nomenclature of the different parts of the piece, or the most common parameters to be registered are already well-established methodological bases. Furthermore, these conventions may be extended when the analysis is focused on specific items. Such is the case, for example, of the dispositions that the *Groupe d'Etude de l'Épipaléolithique-Mésolithique* (GEEM) established for the geometric microliths (GEEM, 1969), a specific type of arrowhead – or sickle – greatly present during, but not circumscribed to, the Mesolithic and Neolithic periods in Europe, North Africa and West Asia. In their 1969 paper, the French group established a series of indications, regarding positioning, orientation, and elements to differentiate among

different types which have been broadly followed when assessing the geometric microliths' morphometry up to the present times. Similar conventions are applied to almost every kind of archaeological item.

The use of the common jargon proposed by such dispositions is fundamental for the archaeologists to be able to communicate with each other, but apart from that, the way in which the metric outputs obtained – that is, the shape and size of the object – are analyzed varies widely depending on the item under study, the aim of the research, or even the theoretical perspective of the investigator. Leaving aside the classical types established for each archeological technocomplex, many of whose characteristics involve the measures of the item, the approaches to size and shape are varied. O'Brien and Lyman, for example, used typometric measures in order to assess the cultural evolution and similarities of the Clovis points throughout North America from a cladistic point of view. They created different *ad hoc* types – paradigmatic classes, in their own words – that emerged mainly from the morphometric differences of the real types, which could be treated as taxa, thus allowing a chronological and geographic comparison of the differences of the cultural products under study (O'Brien et al., 2014; O'Brien & Lyman, 2003; O'Brien, Lyman, Mesoudi, & VanPool, 2010). Shape and size have also been used in creative ways for assessing specific problems, such as the mechanisms of social

processes involved in the variation on Acheulean handaxes, wherein Lycett, Schillinger, Eren, von Cramon-Taubadel, and Mesoudi (2016) used a group of 30 participants who were exposed to different learning conditions for producing their own handaxes, and whose results were compared in order to find the difference between emulation and imitation learning processes. Even more so, if we switch the perspective to specific measures, the metric proprieties of each item have also been used to assess diverse questions, such as their function, by measuring and parameterizing fractures (Hutchings, 2011) or critical parts of the item under study (Buchanan & Collard, 2010). Ultimately, measurements and shape have also been used to address cognitive questions (Hodgson, 2015), or specific issues, such as handling (Silva-Gago, Fedato, Rios-Garaizar, & Bruner, 2019) or gender differences (Stahl, 2008).

However, the assumption that size and shape can account for cultural or functional variability has not always gone unchallenged. Dibble, in his highly influential papers on Iranian Middle Paleolithic scrapers (1984, 1987), stated that, because of the Frison effect (Jelinek, 1976), according to which the resharpening of the tool changes the initial shape of the tool, and therefore challenges the idea that archaeological remains are pre-conceptualized types, shape and size cannot be used as a secure proxy for intentional variability. Furthermore, Barton added statistical consistency to this hypothesis, also studying Middle Paleolithic scrapers, in this case from the Iberian Peninsula (Barton, 1990, 1991), and Blades (2003) insisted that allometry can have decisive effect on the shape of the tools that archaeologists recover today. Nevertheless, this rationale applies only to lithic pieces, whose edges are affected by use-wear, while there exist some tools that, as Clark, Barton, and Straus (2018) note for the case of Solutrean points, would not be affected by these processes. We believe this to be the case for the geometric microliths, at least, when used as arrowheads, which is their vast majority function for the Late Mesolithic and Early Neolithic periods in the Iberian Peninsula (Domingo Martínez, 2004, 2009, 2012; García Puchol & Jardón Giner, 1999; García Puchol, Mazzucco, Gibaja Bao, & Juan Cabanilles, 2014; Gibaja & Palomo, 2004; Gibaja Bao & Terradas, 2012).

In any case, regardless of whether the current shape of the lithic record is due to reduction processes or the intentional preconception of the knappers, their study still requires their measurement more often than not. Furthermore, the process of measuring an item in archaeology is, in general, a fairly automatic process; yet, it is one of the most time-consuming ones where, unavoidably, some errors may occur. This is the exact

type of situation where the aid of computerized automations can add special value to the work developed by the researcher. In this paper, we present Geomeasure, a system aimed at aiding the researcher in the process of collecting typometric data by adding speed and accuracy, and whose compilation for producing an R package is currently under preparation. In the following section, we explain how the system works in detail. Next, the results of the application of the system are offered. As the scope of this paper involves presenting the system, and because the system focuses on the process of collecting data, results are offered in terms of improving timing and resolution and increasing the options and quantity of data recovered. In the discussion section, some other recent approaches to the process of gathering typometric data are discussed. Finally, some conclusions are outlined.

The Geomeasure system

What is it?

Geomeasure is a methodological tool that combines Geographic Information Systems (GIS) with R language in order to assist the researcher in acquiring typometric data in a faster and more accurate way. Besides, it allows re-parameterization even when the interaction with the piece is no longer possible.

How does it work?

The system has been developed using QGIS 2.18 Las Palmas (QGIS Development Team, 2017) and R Programming Language 3.3.3 (R Core Team, 2017), relying on some of the different packages available Table 1. It is currently working on a macOS High Sierra 10.13.5 operative system, and its compilation is under preparation in order to produce an R package in and of itself.

Conceptually, the system's objective is to be able to extract as much typometric information as possible from a given piece by only vectorizing a photograph.

Table 1. Main R packages used.

R package	Main features used	Authors
qpcR	Data frames with unequal rows	(Spiess, 2014)
Rgdal	.shp files import	(Bivand, Keitt, & Rowlingson, 2017)
Rgeos	Vector intersection	(Bivand et al., 2017)
Sp	Vector data	(Bivand, Pebesma, & Gómez-Rubio, 2013)
Raster	Rasterized images and geospatial tools	(Hijmans, 2017)
Maptools	Angle calculation	(Bivand et al., 2017)
PBSmapping	Plotting combinations of polygons and lines	(Schnute, Boers, & Haigh, 2018)

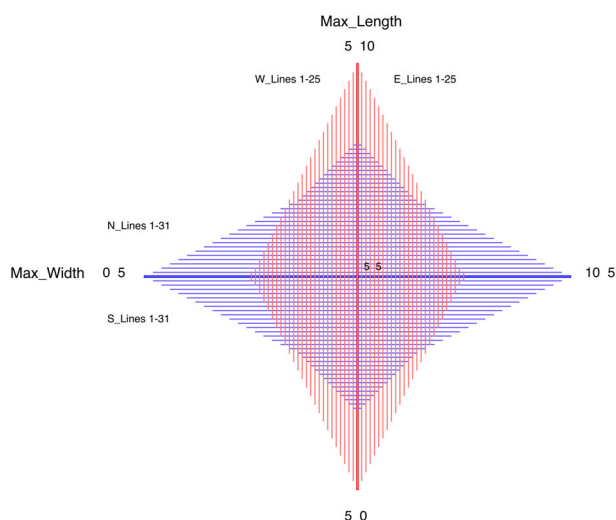


Figure 1. Digital version of the 1 mm grid used for measurement. It deploys W_, E_, N_ and S_Line datasets, max_lines, and GCPs for georeferencing.

In order to do so, the first step will involve designing a specific grid that will form the guidelines based on which information will be extracted [Figure 1](#).

The grid has been designed directly on QGIS, where the Max_Length line and the Max_Width line are exactly 10 cm each on the printed grid. This allows fast georeferencing, thus reducing to seconds the scaling of each archaeological unit. Also, keeping in mind the goal of accelerating the process, georeferencing is undertaken referring to predetermined Ground Control Points (GCP) displayed on the image (5,0; 0,5; 5,10; 10,5; 5,5). These points actually do belong to real points on a coordinate system. This is to say, when georeferenced on a GIS, the grid is actually occupying the virtual geographic space $x_{min} = 0$; $x_{max} = 10$; $y_{min} = 0$; $y_{max} = 10$.

The next step involves deploying the archaeological item over the printed grid [Figure 2](#); the orientation of the piece is determined by the researcher. In our case, and because of the nature of our record -geometric microliths, we have followed the aforementioned GEEM indications.

Even though direct interaction with the archaeological piece finishes when the photograph is taken, and should not last longer than 1 m 30s, vectorization is necessary in order to obtain the piece as a non-raster spatial object. As explained above, the image taken is georeferenced with a GIS software, thus allowing its fast escalation and location with regard to the virtual spatial grid. Once this is carried out, the image is vectorized, so that the information can be treated later by the script. In our case, we conducted three vectorizations of each unit [Figure 3](#). The first vectorization ([Figure 3a](#)) is

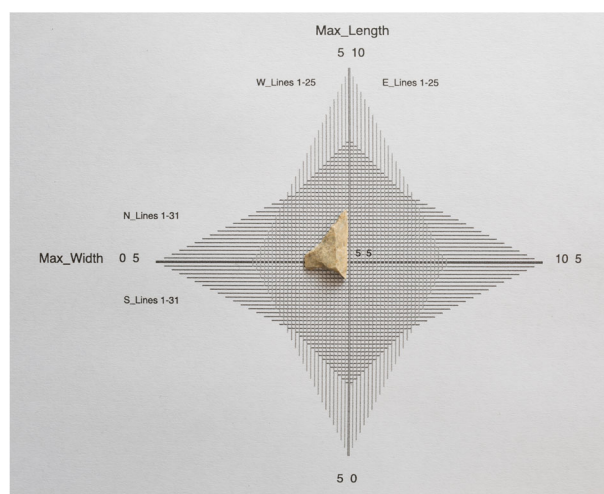


Figure 2. Trapeze over 1 mm paper grid.

called ideal vectorization (*i.pol*) and is a schematic one. In this case, an ideal geometric figure is developed by connecting only the outmost vertices of the item. Obviously, the number of vertices varies depending on the geometric figure type (trapezoid, triangle, and/or segment). Unfortunately, geometrics – as other different types of archaeological record – are often incomplete. Even in those cases, *i.pol* is still fully developed, always completing the geometric form and following the guidelines of the remaining figure of the geometric. The second vectorization ([Figure 3b](#)), or the so-called schematic vectorization (*s.pol*), only serves the purpose of testing the reliability of *r.pol* (see below) and *i.pol*. Since, as aforementioned, many geometrics are not complete, *s.pol* is thought to account for the degree of incompleteness of the piece, offering a reliability index, where 100% would mean that the piece is complete. The minimum acceptable value depends ultimately on the type of the record. For geometric microliths, we would advise discarding measures with reliability values lower than 95%. When the piece is complete (reliability index = 100%), *s.pol* is indeed an exact copy of *i.pol*. However, when the piece is not complete, and contrary to *i.pol*, the projection of the lines of *s.pol* in the incomplete part does not continue until the two lines meet, but stops where the piece actually finishes. Then, both areas (*i.pol* and *s.pol*) are calculated, and the resulting percentage of *s.pol* against *i.pol* is offered as the aforementioned reliability index. The reliability index can then be used to decide whether the measures obtained with *i.pol* are acceptable. This is so because, in cases where the piece is almost complete, we can achieve some certainty that the measures predicted by the extensions of *i.pol* will coincide with the measures that the piece had when it was complete,

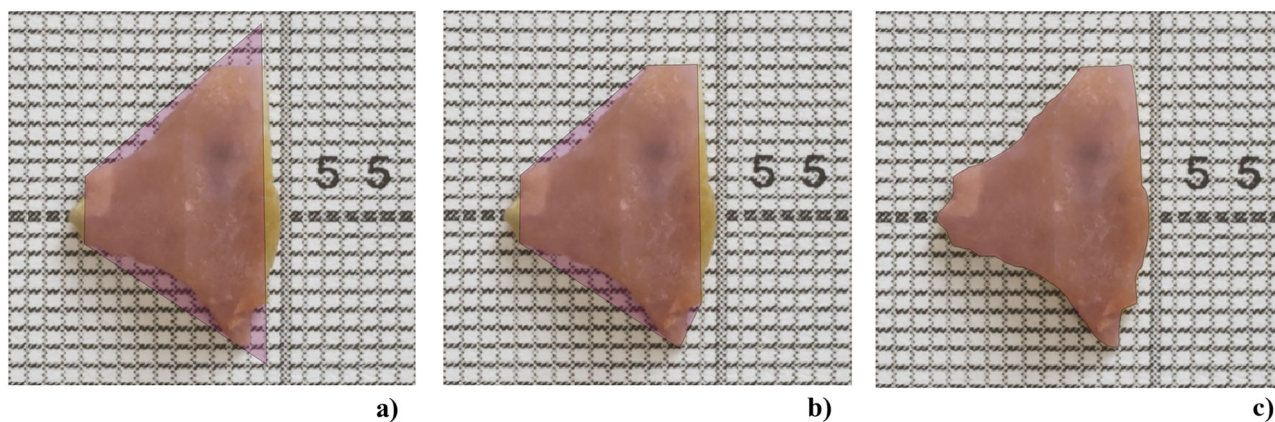


Figure 3. Different types of vectorizations: a) *i.pol*, b) *s.pol*, c) *r.pol*.

while the larger the missing part is – thus, the lowest the reliability index is – the less sure we can be that the measures projected by *i.pol* will actually coincide with the measures of the original item. In other words, the reliability index is designed to account for the missing parts of the archaeological item under study; therefore, it needs to be determined whether the measures obtained from *i.pol* (which, remember, are an idealized projection of the item) are reliable, and it does so by comparing how much of the schematic polygon (*s.pol*) is present within the ideal polygon (*i.pol*).

Finally, the last vectorization (Figure 3c) would be the real vectorization (*r.pol*) and refers to the real shape of the item. This vectorization captures the item as it is – with its concavities, convexities, notches, and so on – and it is used mainly for the calculation of the L-measures, which are responsible for accounting for shape variability (see below).

Once all three vectorizations have been developed, they are imported, along with the grid, to R as ESRI shapefiles, where all of the measures are taken, following specifically designed functions. The compilation of these functions is a process that is underway and will be converted shortly to an R package.

Functionalities: what is currently being measured?

Each one of the three vectorized polygons is used for different kinds of measures Table 2.

i.pol Figure 4. This is where most of the conventional measures of the item will be calculated. The idea of this polygon involves capturing the most common perimeter measures, such as lengths of each side, angles, area, and different ratios extracted thereof. Symmetry is also calculated from this figure. As has been said before, the *i.pol* polygon is created only by using the outmost vertices of the figure. Even though obtaining

these measures from *r.pol* would probably be more accurate, since concavities, convexities and irregularities of each side could be accounted for, the goal of this type is to emulate what calipers do manually. The rationale is that, if we do not measure sides in a straight line from vertex to vertex, just as any manual caliper would do, we would bias our sample regarding all of the typometric work carried out by archaeologists so far, thus not only jeopardizing our results but also adding unnecessary difficulties to their understanding and sharing.

However, not all archaeological items have straight sides and edges. In the cases of rounded shapes (e.g. the working edges of a scrapper), there are two basic options. The first one would be to capture the rounded shape accurately directly in the vectorization process; although, this would imply higher costs both in terms of computation and the vectorization time for the researcher. Another option would be to select specific recognizable points, analogous for all the units under measurement, which could account for variation – the selection criterion for these points would be similar to the one used when selecting pseudolandmarks under a Geometric Morphometrics approach. Nonetheless, it is important to keep in mind that *i.pol* is designed to measure the length of sides on straight lines and not account for side variation, e. g., degree of concavity or convexity. The vectorization responsible for that variation is *r.pol*, so the researcher must consider the objectives, benefits, and costs – as far as time investment is concerned – of performing complex polygonal forms under *i.pol*.

s.pol (Figure 4b). The only purpose of this polygon is to calculate the reliability of the *i.pol* measures. Therefore, only the area is calculated, so that it can be compared, offering the aforementioned reliability index.

r.pol. Representing the actual shape of the item, *r.pol* is a complex polygon, which is used to calculate specific measures, aiming at variability patterns. Here, both the polygon and the vectorized version of the

Table 2. Measures taken over each type of vectorized polygon. FM stands for ratios obtained out of the Geomeasure system, coded directly on the database.

Reliability	Symmetry	Length	Width	Distal side	Proximal side	Long base	Short base	Arc	Area	Ratio	Ratio	Ratio	Proximal angle	Distal angle	Mid-proximal angle	Mid-distal angle	Vertex angle	N_lines	S_lines	E_lines	W_lines	Width line	Length line
										1	2	3	4	angle	angle	angle							
Trapezoids	i.pol/s.pol	r.pol	r.pol	i.pol	i.pol	i.pol	i.pol	None	r.pol	FM	FM	FM	i.pol	i.pol	i.pol	None	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol
Triangule	i.pol/s.pol	r.pol	r.pol	i.pol	i.pol	i.pol	None	None	r.pol	FM	FM	None	i.pol	None	None	i.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol
Segment	i.pol/s.pol	r.pol	r.pol	None	None	i.pol	None	i.pol	r.pol	FM	None	None	i.pol	None	None	None	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol	r.pol

grid intervene. Back to the grid, we can see that there are the following four sets of lines: W_Lines, E_Lines, N_Lines, and S_lines. W and E sets consist of 25 lines each, and 31 lines per set for N and S (currently, line 31 is being deprecated, since it is unnecessary for our specific research). As can be observed in Figure 5, some grids' lines pass through the geometric. In such cases, the part of the line falling within the area of the geometric is measured, thus offering the corresponding length of this specific line. All of the lines have been labeled with the letter of the set, followed by an increasing number, where X1 is the line closest to the center.

The output – the length of the part of each line crossing the archeological item – has been integrated in a specific dataset called *L-morphology* Table 3. By measuring the length of each line of the grid passing through the geometric, we obtain a number of values, where concavities, convexities and irregularities of each side can be accounted for by using the differences in size of the L-lines provided.

Aside from the *L-morphology* measures, the real area of the polygon to be included in the database is calculated as well from *r.pol*. Remember that the two areas calculated on the other polygons were only for obtaining the reliability index. *r.pol* also extracts the real length and width of the polygon and, finally, the length of the polygon at the Max_Length line and at the Max_Width line (not necessarily corresponding to maximum length and maximum width, depending on the researcher's positioning options) are offered.

Finally, for the specific needs of our research, this grid holds a real separation of 1 mm between each line, but grids with different levels of higher and lower resolution have also been prepared.

Results and applications on real data: measuring geometric microliths

The development of this system lies in the need of analyzing big amounts of multidimensional data, which is aimed at understanding cultural variability patterns. The dataset under study, on which the system is being implemented, consists of geometric microliths of the Late Mesolithic (García Puchol, 2005) and Early Neolithic (García Puchol, 2005; Juan Cabanilles, 2008) periods in the Eastern Iberian Peninsula. The system has been applied so far over all of the geometric microliths of Cueva de la Cocina (Fortea, 1973; Fortea Pérez, 1971; Pericot, 1945), the H sector of Cova de l'Or (Juan Cabanilles, 2008; Martí Oliver et al., 1980; Martí Oliver, Pardo Ballester, & Segura Martí, 1977), and the site of Barranquet (Esquembre Bebia et al., 2008) where measures of

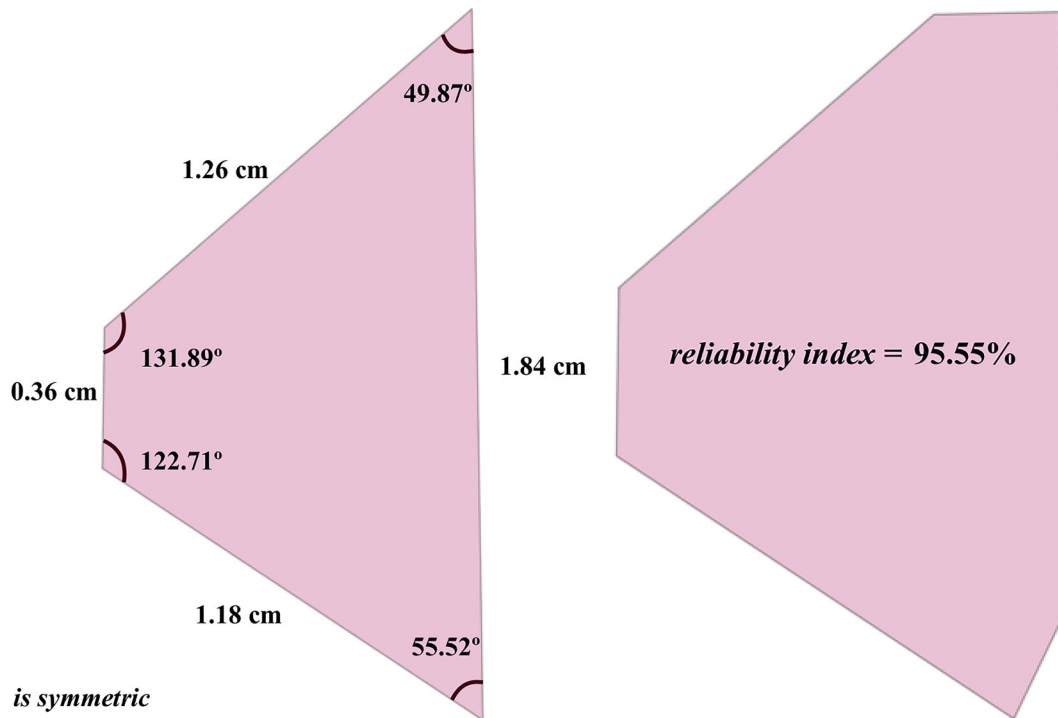


Figure 4. Measures displayed over *i.pol* (4a) and *s.pol* (4b).

a total of 2,124, 146 and 31 geometrics have been gathered respectively. The system will be applied to other sites which can have special significance for the Mesolithic-Neolithic transition of this geographic region. At the moment of the writing of this article, 2,301 geometrics have been analyzed, collecting a total of 295.817 measures, which apply differently to each geometric, depending on its type (adding up the perimeter measures extracted from *i.pol* and the L-measures obtained from *r.pol*, 130 measures per each trapeze and rectangle, 127 per triangle, and 125 per segment are taken).

The results in increasing speed, and productivity, by the use of the Geomeasure system can be easily viewed when we look at the time invested on gathering information. It must be said, though, that these results only affect the typometry of the geometric, whereas some information, such as the identification of the item, the type of raw material, characteristics of retouch, and so on, must be taken with or without the implementation of the system.

Before using Geomeasure, perimetric measures were taken manually, and angles were calculated separately from the manual measures individually. This process, also including photographs, could take up to 5–7 min, depending on the geometric type. Currently, the only measures taken on-site over the geometric are the common ones explained above, thus having significantly reduced the time of interaction with the piece

to 1:00–1:30 min. Admittedly, the piece must also be vectorized, but this process does not need to be conducted at the location where the piece is. Also, because having full-time access to specific archaeological items can be subject to a manifold number of more or less strict constraints (Sapirstein, 2018), the reduction of interaction with the item means a significant increase in productivity. Vectorizing can be performed later, and it takes approximately 2:00–3:00 min depending on the piece. This permits extra versatility and adaptability.

At this point, it is interesting to mention that some other automatic processes have been implemented in order to reduce the time at the deposit of the pieces. For the script to iterate between folders and subfolders, they had to be organized in a specific manner. In our case, we have decided to have one folder, named with the ID of the geometric, which includes two subfolders: one containing three photographs, sequentially named, and the other containing the vectorized spatial objects [Figure 6](#).

Nesting and naming the folders for a single item is a task that can be carried out quickly, but it can become lengthy when the number of geometrics increase to the thousands. Therefore, a workflow combining AppleScript with the built-in OS application Automator 2.8 has also been developed in order to elude this time-consuming action. We have used SQL language for the introduction of the images in our database and for the

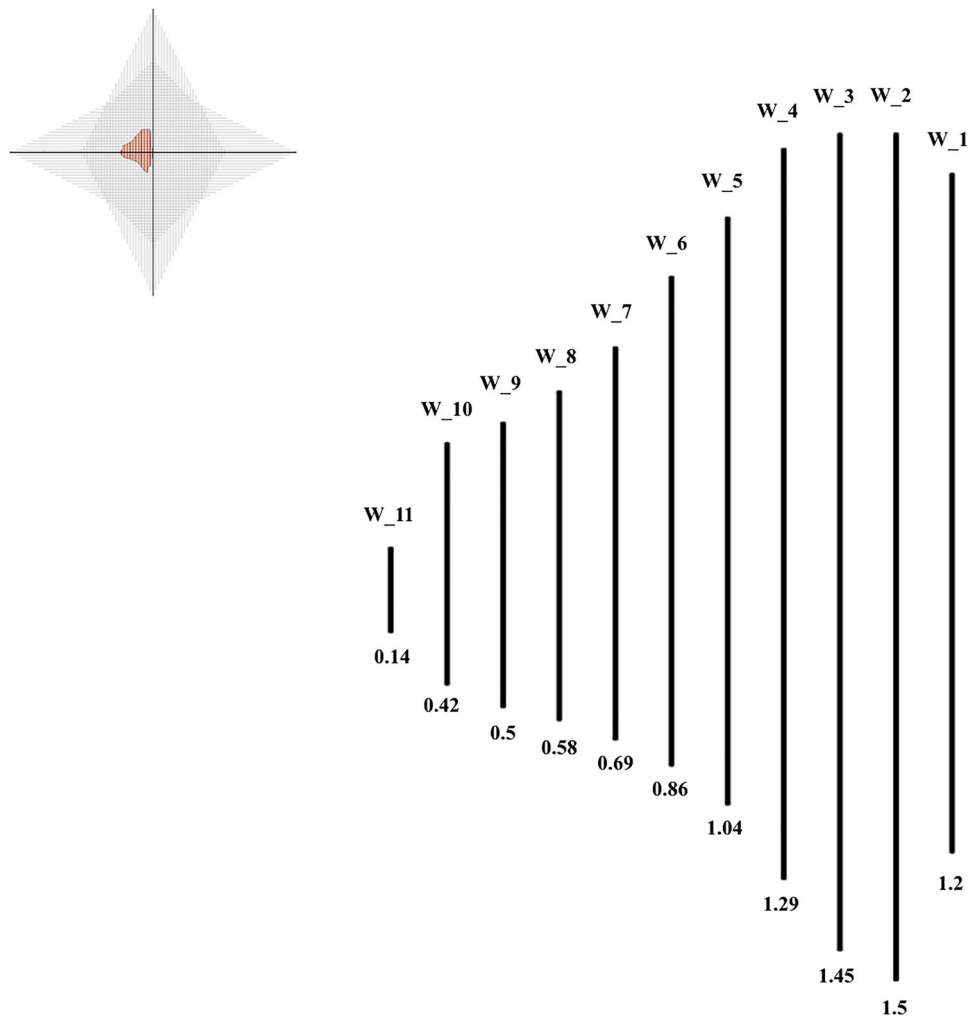


Figure 5. Example of $L_measures$ taken from *r.pol*. For better visual comprehension, only W_lines measures are shown, although N_lines and S_lines would also intervene in this case. Measures are shown in centimeters.

computation of some ratios, also directly in the database. In this way, naming and nesting folders and photographs is carried out with the help of three single actions/clicks – that is, activating three loops – completely regardless of the number of images.

Adding up about timing improvements, before implementing the system, a total of 40–60 geometrics was studied each working day on ideal conditions, where only perimetric and angle measures were taken into account. With the implementation of the system, up to 110–130 geometrics can be processed each day on ideal conditions, adding that the measures taken are not only angles and perimetric but also include L-morphology measures, accurate and mathematic symmetry, area, and the possibility of re-processing.

Another important element provided by the system is accuracy. Given the nature of our dataset, where the length of most of its items lies between 1 and 2.5 cm, the width only rarely exceeds 1 cm; when we are working with a precision of 0.1 mm, we need a very

high resolution, and therefore very high accuracy. When the measures are taken manually, inaccuracies may appear at this level of resolution. Since the system is computerized, and automatically selects the most suitable points for initializing the measurement, once the arguments have been properly tested and approved, the amount of error is insignificant, and both the consistency and coherence of the methodological procedure and its reproducibility are guaranteed. Also, the fact that a great quantity of the process has been automatized and mathematized reduces very significantly the possible bias that, as involuntarily as unavoidable, could be introduced by the researcher.

Finally, one last advantage brought about by the system is the possibility of re-processing. It can happen that, as the investigation evolves, the researcher realizes that some value should have been measured but taking it would imply going all over the sample again. Sometimes the researcher will have the time to do so, and sometimes she/he will not. Since, as has been said, all

Table 3. L-morphology recorded lines. Each line is measured on 0.00 cm.

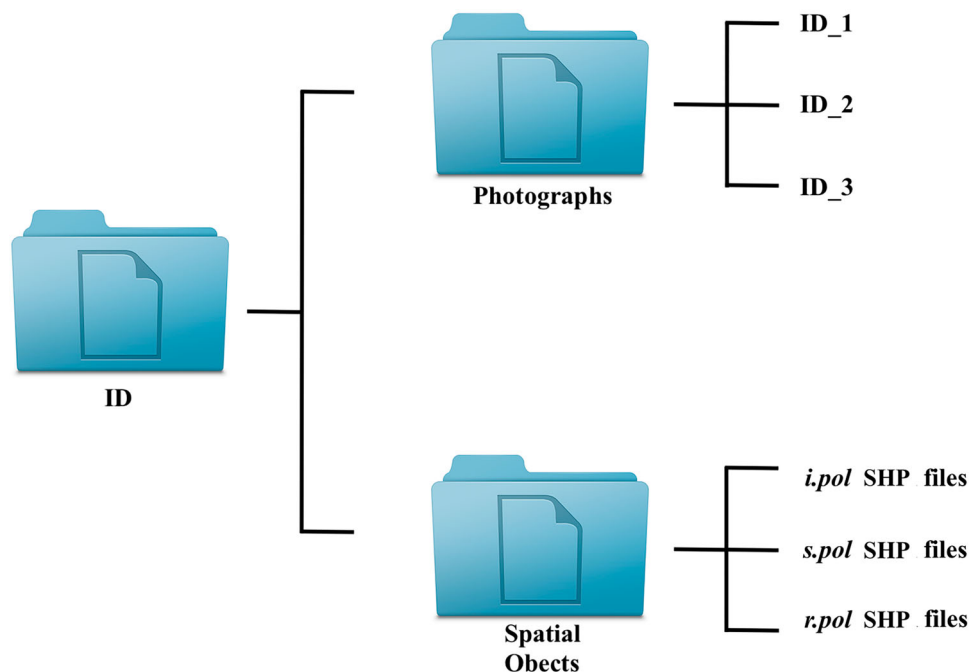
N_lines	S_lines	E_lines	W_lines
N_1	S_1	E_1	W_1
N_2	S_2	E_2	W_2
N_3	S_3	E_3	W_3
N_4	S_4	E_4	W_4
N_5	S_5	E_5	W_5
N_6	S_6	E_6	W_6
N_7	S_7	E_7	W_7
N_8	S_8	E_8	W_8
N_9	S_9	E_9	W_9
N_10	S_10	E_10	W_10
N_11	S_11	E_11	W_11
N_12	S_12	E_12	W_12
N_13	S_13	E_13	W_13
N_14	S_14	E_14	W_14
N_15	S_15	E_15	W_15
N_16	S_16	E_16	W_16
N_17	S_17	E_17	W_17
N_18	S_18	E_18	W_18
N_19	S_19	E_19	W_19
N_20	S_20	E_20	W_20
N_21	S_21	E_21	W_21
N_22	S_22	E_22	W_22
N_23	S_23	E_23	W_23
N_24	S_24	E_24	W_24
N_25	S_25	E_25	W_25
N_26	S_26		
N_27	S_27		
N_28	S_28		
N_29	S_29		
N_30	S_30		

direct contact with the piece is reduced to the explanation provided above, all kinds of re-measurements can be undertaken just by modifying the script. Re-measuring the whole dataset, and including the values into our database, was performed in 1 h 11 m 45 s for

2,301 items, which was work that could have taken weeks to carry out. Likewise, during that time the researcher is able to work on something else, as the process does not require monitorization.

Discussion: measuring morphometric variability in archaeological assemblages

Understanding how the shapes of objects change through time, and how and if we can use them as reliable proxies of culture change is one of the major concerns of archeology. In this sense, during the last years, there have been some developments which, aided by the increasing capacity of computational methods and features, are attempting to offer the possibility of studying such variation under new, more effective methodological approaches. One of the methods that have witnessed a notable growth during the last decade is the application of 3D techniques to archaeology. Aside from its undeniable utility for both heritage preservation and recreation (Pavlidis, Koutsoudis, Arnaoutoglou, Tsioukas, & Chamzas, 2007; Remondino, 2011) or a better comprehension of archaeological interventions (Diez Castillo, Cortell-Nicolau, García Puchol, & Escribá Ruiz, 2017; Forte, 2014; Losier, Pouliot, & Fortin, 2007), 3D techniques are now being widely used when trying to measure the shape and better understand the archaeological lithic record (Delpiano, Peresani, & Pastoors, 2017; Grosman, Smikt, & Smilansky, 2008; Morales, Lorenzo, & Vergès, 2015; Olson, Gordon, Runnels, & Chomyszak, 2014).

**Figure 6.** Folder-file nested structure.

These techniques provide a vast array of options regarding which measures to take, and when to take them, thus making reproducibility easier. However, building the 3D models can be complicated for flint assemblages. Because of the reflectivity of the material, laser scans often do not achieve a completely successful representation of the piece. Although one of the solutions involves using a specific talc spray which deals with the problem of reflectivity (Porter, Roussel, & Soressi, 2016), to our experience, some research centers will not allow its use on their collections. There still exists the option of three-dimensional photogrammetry, where the use of the spray may be frequently avoided, but the time required to produce each piece following this approach (see Sapirstein, 2018) make its use inadvisable for large assemblages.

Another approach specifically designed for capturing geographical and chronological shape variability is Geometric Morphometrics (GM). We could define GM as a set of techniques which combines the process of gathering data and statistical analysis, which is aimed at understanding the patterns of change in shape of specific assemblages. This technique has been used in biological sciences for some time now (Claude, 2008; MacLeod, 2002; Mitteroecker & Gunz, 2009; Piras et al., 2010; Rohlf & Archie, 1984), although its archaeological applications have experienced a significant growth during the last years (Buchanan & Collard, 2010; Buchanan, O'Brien, & Collard, 2014; MacLeod, 2018; Okumura & Araujo, 2019; Ragan & Buchanan, 2018; Thulman, 2012). The basic idea of GM consists of identifying common features for the different pieces under study, and analyzing the variability of the disposition of these features in the pieces. Although in biological applications, these features, the so-called landmarks, can be viewed from different perspectives, the specific constraints of the archaeological record usually force archaeologists to focus on type III landmarks, or pseudolandmarks (see Claude, 2008 for a more extended discussion on landmark types), which is some recognizable point in the shape of the piece, common to every item in the assemblage under study – e.g. the tips of arrowpoints –, that can be used to account for morphometric variability (Figure 7). However, the use of landmarks is not the only available approach to assess changes in geometric morphometry. In the last years, a system based on the analysis of outlines has been developed (Bonhomme, Picq, Gaucherel, & Claude, 2014). This system offers the advantage of avoiding the time-consuming process of setting the landmarks for each piece under study. Nevertheless, it requires the pieces to be complete, a situation which is often not the case in archaeology. One of the most important procedures in the application of GM is the

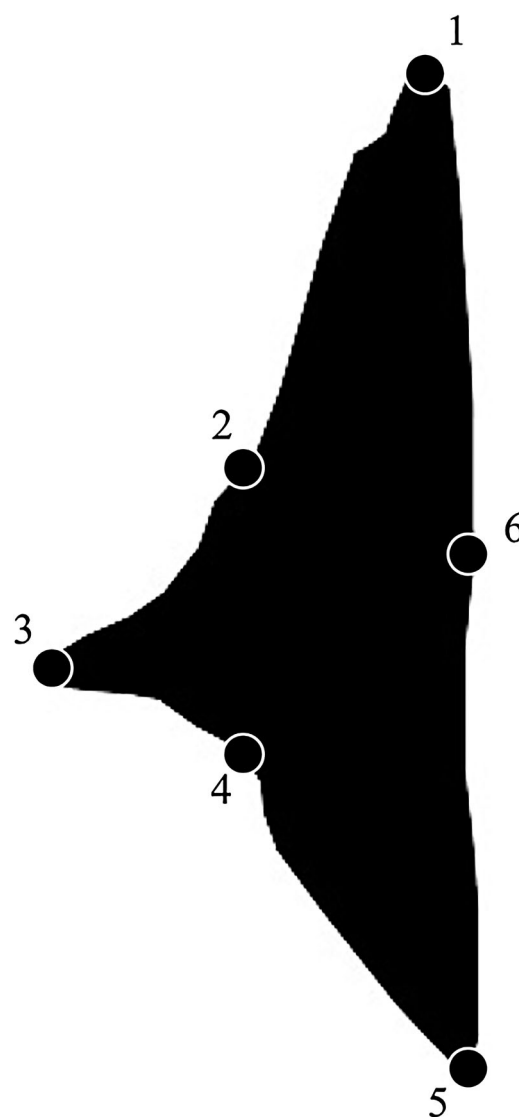


Figure 7. Example of possible landmarks located on a “Cocina type” triangle.

Procrustes analysis (Adams & Otárola-Castillo, 2013), which normalizes the size of all of the items under study. This procedure is useful for comparing the shape of the items under *normalized* terms, but it can include negative effects when the size of the piece must be included as a variable as well. While allometry – which can impact size, but does not necessarily account for all size variability – can be addressed with GM (Klingenberg, 2016), size itself can become an issue, and some authors have proposed to address it separately (Okumura & Araujo, 2019). Finally, the goal of GM is to produce a set of morphometric continuous multivariate data, which is usually analyzed using multivariate statistical techniques such as Principal Component Analysis or multivariate regression analysis (but see MacLeod, 2018).

The initial approach of Geomeasure is similar to that of Geometric Morphometrics, as it too aims at capturing

shape variability by measuring how it is reflected on specific points. However, there exist some differences that must be noted. First, because the images used for Geomeasure have been scaled at their real size prior to their measurement, size can be easily accounted for. This also implies that, while GM analyzes the disposition of landmarks, Geomeasure extracts the actual measures of the piece, regardless of common landmarks in the items. Second, GM offer the possibility of conducting a full analysis within the same methodological ground. Geomeasure does not. The scope of Geomeasure is only to recover large amounts of data in a fast and accurate way, leaving to the researcher the option of how to analyze that data, or even how much of that data should be taken into account. Whilst GM relies on different analyses – Fourier analysis being the most common one (Bonhomme et al., 2014) – and offer outputs to be interpreted by the aforementioned statistic techniques (Claude, 2008), Geomeasure offers a raw output of the measurements taken. At its simplest, Geomeasure involves only offering the lengths of the lines measured, this is to say, univariate outputs of continuous data that can be discretized or combined to form multivariate datasets according to the needs of the researcher. This might be useful when the researcher requires discrete data of specific variables for further analysis. Such is the case, just to name a few examples, of some cultural transmission models (Crema, Edinborough, Kerig, & Shennan, 2014; Edinborough, Crema, Kerig, & Shennan, 2015; Kandler, Wilder, & Fortunato, 2017) or phylogenetic analyses where, although continuous data can be used, discrete data is usually preferred for phenotypic analyses (Adams, Rohlf, & Slice, 2013), which is usually the approach used in archeology (O'Brien & Lyman, 2003), and where different ways of discretizing continuous data have been proposed (Forey & Kitching, 2000; Reid & Sidwell, 2002; Thiele, 1993). Although the best performance of Geomeasure is achieved when it is used in full, and all of its measures are gathered, it can also be the case that a researcher only wants to know the differences in, say, the length of one side or two sides, for instance. Even in that case, the use of Geomeasure would imply a time investment reduction for the researcher who, on the other hand, would not require the statistical background required to deal confidently with GM outputs. Besides, the possibility of remeasuring the piece without direct contact would still be open. Again, Geomeasure concerns only the process of collecting data, not the analytical procedures that each researcher will choose to interpret his/her data with, which can vary from sophisticated statistical techniques, as the ones used in the GM methodological frame, to simple differences in specific variables, such as height and width.

This does not mean that one system is more or less profitable than the other; it is, in fact, quite the contrary. The use of one or the other tool will ultimately depend on the researcher's needs and objectives. Furthermore, in a work currently under preparation, we have seen how the PCAs outputs of GM and Geomeasure are, as expected, very similar. This opens a way of collaboration between the two systems, where Geomeasure could help clarifying what measures are exactly responsible for change, while it could also add information regarding the importance of size for defining specific groups of assemblages. Furthermore, if the images have been vectorized for Geomeasure, its conversion to *.jpg* files for use on GM outline analysis can be carried out in a matter of seconds with very short straightforward scripts.

Conclusions

This article has presented a methodology that has been developed with specific needs and objectives in mind. As said before, and briefly summarizing its features, Geomeasure is a system that combines GIS with scripting techniques in order to extract large quantities of typometric information, only from a photograph, in a fast and accurate way. With respect to speed, we have now reduced the processing time of the piece from 5:00–7:00 min manually to 3:00–4:30 min, where only 1:00–1:30 min of direct interaction with the piece are required, although 113 new measures – which could have not been taken manually – have been included within the current digitalized protocol. As far as accuracy is concerned, not only have we achieved a computerized mathematical resolution able to measure as many millimetric decimals as the researcher might require – we thought two, with 0.00 cm format, was adequate – but also a reliability where, because these measures are taken automatically from specifically designed points, we can be sure that our resulting output is consistent and not biased by human error. Besides, Geomeasure adds the possibility of rethinking, and reprocessing any measure, at any time, during the ongoing research without significant time investment.

So far Geomeasure is only being used on the aforementioned dataset, but its application can be extended to very different types of datasets, where typometric evolution is significant. Reduced to the simplest, Geomeasure is only about automatically measuring a vectorized polygon over a grid, regardless of the scale to which we want to understand the grid, or the kind of unit that we are working with. Therefore, it makes no difference if we are measuring variability of the bones of nightingales, site layouts, or supply areas for complete regions. Any

type of archeological item, as long as we can extract its scaled vectorized polygon, can be measured.

Finally, its combination with other methodological tools currently under use for measuring shape variability can help enhance each other by complementing the specific aspects of each approach.

Acknowledgments

This research has been funded by the Spanish Ministry of Economy, Industry and Competitiveness grant HAR2015-68962-P “Dinámicas evolutivas y patrones de variabilidad cultural de los últimos caza-recolectores y el primer Neolítico en el este peninsular (7000-4500 cal. BC)”, under the MINECO pre-doctoral grant BES-2016-076578, within the aforementioned project, and by the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities grant PGC2018-096943-B-C21 “CHRONOEVOL: Cronología de alta resolución y evolución cultural en el este de la Península Ibérica (circa 7000–4000 cal BC): Una perspectiva multiescalar”. The author would like to thank the advice and comments of Oreto García-Puchol, Joaquim Juan-Cabanilles, Agustín Díez-Castillo and Salvador Pardo-Gordó, the help with the photographs of Martina Basile, and the anonymous reviewers, whose comments greatly improved the quality of this paper.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the author.

Funding

This work was supported by MINECO: [grant number BES-2016-076578].

Notes on contributor

Alfredo Cortell-Nicolau started participating in archaeological excavations from 2014. He obtained Master’s Degree from the University of València. Alfredo is pursuing PhD studies from 2016. He has attended several archaeological meetings, both national and international, including EAA and UISPP meetings. He has published some individual papers, and contributed in several national and international papers.

ORCID

Alfredo Cortell-Nicolau  <http://orcid.org/0000-0003-1982-6403>
ScopusID: 57202197489

References

Adams, D. C., & Otárola-Castillo, E. (2013). Geomorph: An R package for the collection and data analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 393–399. doi:10.1111/2041-210X.12035

- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2013). A field comes of age: Geometric Morphometrics in the 21st century. *Hystrix, The Italian Journal of Mammalogy*, 24(1), 7–14. doi:10.4404/hystrix-24.1-6283
- Barton, C. M. (1990). Beyond style and function: A view from the Middle Paleolithic. *American Anthropologist*, 92(1), 57–72. doi:10.1525/aa.1990.92.1.02a00040
- Barton, C. M. (1991). Retouched tools, fact of fiction? Paradigms for interpreting Paleolithic chipped stone. In G. A. Clark (Ed.), *Perspectives on the past. Theoretical biases in mediterranean hunter-gatherer research* (pp. 143–163). Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Bivand, R., Keitt, T., & Rowlingson, B. (2017). rgdal: Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. R package version 1.2-7. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>
- Bivand, Roger, Pebesma, Edzer, & Gómez-Rubio, Virgilio. (2013). *Applied spatial data analysis with R* (2). New York: Springer. Retrieved from <http://www.asdar-book.org/>
- Blades, B. S. (2003). End scraper reduction and hunter-gatherer mobility. *American Antiquity*, 68(1), 141–156. doi:10.2307/3557037
- Bonhomme, V., Picq, S., Gaucherel, C., & Claude, J. (2014). Momocs: Outline analysis using R. *Journal of Statistical Software*, 56(13), 1–24.
- Buchanan, B., & Collard, M. (2010). A Geometric Morphometrics-based assessment of blade shape differences among Paleoindian projectile point types from western North America. *Journal of Archaeological Science*, 37(2), 350–359. doi:10.1016/j.jas.2009.09.047
- Buchanan, B., O’Brien, M. J., & Collard, M. (2014). Continent-wide or region-specific? A Geometric Morphometrics-based assessment of variation in Clovis point shape. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6(2), 145–162. doi:10.1007/s12520-013-0168-x
- Clark, G. A., Barton, C. M., & Straus, L. G. (2018). Landscapes, climate change & forager mobility in the Upper Paleolithic of northern Spain. *Quaternary International*. doi:10.1016/j.quaint.2018.04.037
- Claude, J. (2008). *Morphometrics with R*. New York: Springer-Verlag.
- Crema, E. R., Edinborough, K., Kerig, T., & Shennan, S. J. (2014). An approximate bayesian computation approach for inferring patterns of cultural evolutionary change. *Journal of Archaeological Science*, 50, 160–170. doi:10.1016/j.jas.2014.07.014
- Delpiano, D., Peresani, M., & Pastoors, A. (2017). The contribution of 3D visual technology to the study of Palaeolithic knapped stones based on refitting. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 4, 28–38. doi:10.1016/j.daach.2017.02.002
- Dibble, H. L. (1984). Interpreting typological variation of middle paleolithic scrapers: Function, style of sequence of reduction. *Journal of Field Archaeology*, 11, 431–436.
- Dibble, H. L. (1987). The interpretation of Middle Paleolithic scraper morphology. *American Antiquity*, 52(1), 109–117. doi:10.2307/281062
- Dibble, H. L., & Bernard, M. C. (1980). A comparative study of basic edge angle measurement techniques. *American Antiquity*, 45(4), 857–865. doi:10.2307/280156
- Díez Castillo, A., Cortell-Nicolau, A., García Puchol, O., & Escribá Ruiz, P. (2017). Entorno 3D para el análisis y la recreación

- virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España). *Virtual Archaeology Review*, 8(17), 75–83. doi:10.4995/var.2017.7028
- Domingo Martínez, R. (2004). La funcionalidad de los microlitos geométricos en yacimientos del Bajo Aragón: los casos de Botiquería dels Moros y Secans (Mazaleón, Teruel) y Costalena (Maella, Zaragoza). *Saldvie*, 4, 41–83.
- Domingo Martínez, R. (2009). Caracterización funcional de los microlitos geométricos. El caso del valle del Ebro. In P. Utrilla Miranda, & L. Montes Ramírez (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 357–389). Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Domingo Martínez, R. (2012). Usos de los geométricos en el Neolítico del Valle del Ebro. *Rubricatum: Revista Del Museu de Gavà*, 5, 137–143.
- Edinburgh, K., Crema, E. R., Kerig, T., & Shennan, S. (2015). An ABC of lithic arrowheads: A case study from southeastern France. In K. Brink, S. Hydén, K. Jennbert, L. Larsson, & D. Olausson (Eds.), *Neolithic diversities: Perspectives from a conference in Lund, Sweden* (Vol. 65, pp. 213–224). Lund: Acta Archaeologica Ludensia.
- Esquembre Bebia, M. A., Boronat Soler, J. de D., Jover Maestre, F. J. J., Molina Hernández, F. J., Luján Navas, A., Fernández López de Pablo, J., ... Ortega Pérez, J. R. (2008). El yacimiento neolítico del Barranquet de Oliva (Valencia). In M. S. Hernández Pérez, J. A. Soler Díaz, & J. A. López Padilla (Eds.), *IV Congreso del Neolítico Peninsular. 27–30 de Noviembre de 2006* (Vol. I, pp. 183–190). Alicante: Museo Arqueológico de Alicante – MARQ. Retrieved from https://www.academia.edu/1799951/El_yacimiento_neol%C3%ADtico_del_Barranquet_de_Oliva_Valencia_
- Forey, P. L., & Kitching, I. J. (2000). Experiments in coding multi-state characters. In R. Scotland, & R. T. Pennington (Eds.), *Homology and Systematics. Coding characters for phylogenetic analysis* (pp. 54–80). London-New York: Taylor & Francis.
- Fortea, J. (1973). *Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterráneo español*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Forte, M. (2014). 3D archaeology: New perspectives and challenges – the example of Çatalhöyük. *Journal of Eastern Mediterranean Archaeology & Heritage Studies*, 2(1), 1–29. doi:10.5325/jeasmedarcherstu.2.1.0001
- Fortea Pérez, J. (1971). *La Cueva de la Cocina. Ensayo de cronología del Epipaleolítico (Facies Geométricas)*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- García Puchol, O. (2005). *El proceso de neolitización en la fachada mediterránea de la península Ibérica. Tecnología y tipología de la piedra tallada* (Vol. 1430). Oxford: BAR International Series.
- García Puchol, O., & Jardón Giner, P. (1999). La utilización de los elementos geométricos de la Covacha de Llatas (Andilla, Valencia). *Recerques del Museu d'Alcoi*, 8, 75–87.
- García Puchol, O., Mazzucco, N., Gibaja Bao, J. F., & Juan Cabanilles, J. (2014). Use-wear analysis of a set of geometric projectiles from the Mesolithic context of Cocina cave (Eastern Spain). In J. Marreiros, N. Bicho, & J. Gibaja Bao (Eds.), *International conference of use-wear* (pp. 213–224). Cambridge: Cambridge Scholar Publishing.
- GEEM. (1969). Epipaléolithique-Mésolithique. Les microlithes géométriques. *Bulletin de La Société Préhistorique Française*, 66, 355–366.
- Gibaja, J. F., & Palomo, A. (2004). Geométricos usados como proyectiles. Implicaciones económicas, sociales e ideológicas en sociedades neolíticas del VI-IV milenio CAL BC en el Noroeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 61(1), 81–97.
- Gibaja Bao, 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. doi:10.1016/j.crpv.2012.05.002
- Grosman, L., Smikt, O., & Smilansky, U. (2008). On the application of 3-D scanning technology for the documentation and typology of lithic artifacts. *Journal of Archaeological Science*, 35(12), 3101–3110. doi:10.1016/j.jas.2008.06.011
- Hijmans, R. J. (2017). Raster: Geographic data analysis and modeling. R package version 2.6-7. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=raster>.
- Hodgson, D. (2015). The symmetry of Acheulean handaxes and cognitive evolution. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2, 204–208. doi:10.1016/j.jasrep.2015.02.002
- Hutchings, W. K. (2011). Measuring use-related fracture velocity in lithic armatures to identify spears, javelins, darts, and arrows. *Journal of Archaeological Science*, 38(7), 1737–1746. doi:10.1016/j.jas.2011.03.005
- Jelinek, A. J. (1976). Form, function and style in lithic analysis. In C. E. Cleland (Ed.), *Cultural change and continuity* (pp. 19–34). New York: Academic Press.
- Juan Cabanilles, J. (2008). *El utillaje de piedra tallada en la Prehistoria reciente valenciana: Aspectos tipológicos, estilísticos y evolutivos*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica.
- Kandler, A., Wilder, B., & Fortunato, L. (2017). Inferring individual-level processes from population-level patterns in cultural evolution. *BioRxiv*, 111575, 1–17. doi:10.1101/111575
- Klingenberg, C. P. (2016). Size, shape, and form: Concepts of allometry in Geometric Morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226(3), 113–137. doi:10.1007/s00427-016-0539-2
- Losier, L. M., Pouliot, J., & Fortin, M. (2007). 3D geometrical modeling of excavation units at the archaeological site of Tell 'Acharneh (Syria). *Journal of Archaeological Science*, 34(2), 272–288. doi:10.1016/j.jas.2006.05.008
- Lycett, S. J., Schillinger, K., Eren, M. I., von Cramon-Taubadel, N., & Mesoudi, A. (2016). Factors affecting Acheulean handaxe variation: Experimental insights, microevolutionary processes, and macroevolutionary outcomes. *Quaternary International*, 411, 386–401. doi:10.1016/j.quaint.2015.08.021
- Lyman, R. L., & VanPool, T. L. (2009). Metric data in archaeology: A study of intra-analyst and inter-analyst variation. *American Antiquity*, 74(3), 485–504. doi:10.1017/S0002731600048721
- MacLeod, N. (2002). Phylogenetic signals in morphometric data. In N. MacLeod, P. L. Forey, & A. Warren (Eds.), *Morphology, shape and phylogeny* (pp. 100–137). London-New York: Taylor & Francis.
- MacLeod, N. (2018). The quantitative assessment of archaeological artifact groups: Beyond Geometric Morphometrics. *Quaternary Science Reviews*, 201, 319–348. doi:10.1016/j.quascirev.2018.08.024
- Martí Oliver, B., Pardo Ballester, R., & Segura Martí, J. M. (1977). *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante)* (Vol. 1). Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.

- Martí Oliver, B., Pascual Pérez, V., Gallart Martí, M. D., López García, P., Pérez Ripoll, M., Acuña Hernández, J. D., & Robles Cuenca, F. (1980). *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante)* (Vol. II). Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Mitteroecker, P., & Gunz, P. (2009). Advances in Geometric Morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36(2), 235–247. doi:10.1007/s11692-009-9055-x
- Morales, J. I., Lorenzo, C., & Vergès, J. M. (2015). Measuring retouch intensity in lithic tools: A new proposal using 3D scan data. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22(2), 543–558. doi:10.1007/s10816-013-9189-0
- O'Brien, M. J., Boulanger, M. T., Buchanan, B., Collard, M., Lyman, R. L., & Darwent, J. (2014). Innovation and cultural transmission in the American Paleolithic: Phylogenetic analysis of eastern Paleoindian projectile-point classes. *Journal of Anthropological Archaeology*, 34, 100–119. doi:10.1016/j.jaa.2014.03.001
- O'Brien, M. J., & Lyman, R. L. (2003). *Cladistics and archaeology*. Salt Lake City: University of Utah Press.
- O'Brien, M. J., Lyman, R. L., Mesoudi, A., & VanPool, T. L. (2010). Cultural traits as units of analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1559), 3797–3806. doi:10.1098/rstb.2010.0012
- Okumura, M., & Araujo, A. G. M. (2019). Archaeology, biology, and borrowing: A critical examination of Geometric Morphometrics in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 101, 149–158. doi:10.1016/j.jas.2017.09.015
- Olson, B. R., Gordon, J. M., Runnels, C., & Chomyszak, S. (2014). Experimental three-dimensional printing of a lower palaeolithic handaxe: An assessment of the technology and analytical value. *Lithic Technology*, 39(3), 162–172. doi:10.1179/2051618514Y.0000000004
- Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., & Chamzas, C. (2007). Methods for 3D digitization of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(1), 93–98. doi:10.1016/j.culher.2006.10.007
- Pericot, L. (1945). *La Cueva de la Cocina (Dos Aguas)*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia.
- Piras, P., Colangelo, P., Adams, D. C., Buscalioni, A., Cubo, J., Kotsakis, T., ... Raia, P. (2010). The Gavialis–Tomistoma debate: The contribution of skull ontogenetic allometry and growth trajectories to the study of crocodylian relationships. *Evolution & Development*, 12(6), 568–579. doi:10.1111/j.1525-142X.2010.00442.x
- Porter, S. T., Roussel, M., & Soressi, M. (2016). A simple photogrammetry rig for the reliable creation of 3D artifact models in the field: Lithic examples from the early Upper Paleolithic sequence of Les Cottés (France). *Advances in Archaeological Practice*, 4(1), 71–86. doi:10.7183/2326-3768.4.1.71
- QGIS Development Team. (2017). QGIS Geographic Information System (Version 2.18 Las Palmas). Open Source Geospatial Foundation Project.
- Ragan, K., & Buchanan, B. (2018). Assessing collector bias: A Geometric Morphometric analysis of a collection of isolated Clovis points from the midcontinent. *Midcontinental Journal of Archaeology*, 43(2), 91–111. doi:10.1080/01461109.2018.1426430
- Ramenofsky, A. E., & Steffen, A. (Eds.). (1998). *Unit issues in archaeology: Measuring time, space and material foundations of archaeological inquiry*. Salt Lake City: The University of Utah Press.
- R Core Team. (2017). *R: A language and environment for statistical computing (version 3.3.3)*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Reid, G., & Sidwell, K. (2002). Overlapping variables in botanic systematics. In N. MacLeod, P. L. Forey, & A. Warren (Eds.), *Morphology, shape and phylogeny* (pp. 53–66). London-New York: Taylor & Francis.
- Remondino, F. (2011). Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. *Remote Sensing*, 3(6), 1104–1138. doi:10.3390/rs3061104
- Rohlf, F. J., & Archie, J. W. (1984). A comparison of fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Systematic Zoology*, 33(3), 302–317. doi:10.2307/2413076
- Sapirstein, P. (2018). A high-precision photogrammetric recording system for small artifacts. *Journal of Cultural Heritage*, 31, 33–45. doi:10.1016/j.culher.2017.10.011
- Schnute, J. T., Boers, N., & Haigh, R. (2018). PBSmapping: Mapping Fisheries Data and Spatial Analysis Tools. R package version 2.70.5. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=PBSmapping>
- Silva-Gago, M., Fedato, A., Rios-Garaizar, J., & Bruner, E. (2019). A preliminary survey on hand grip and hand-tool morphometrics in three different stone tools. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 567–573. doi:10.1016/j.jasrep.2018.11.012
- Spiess, A.N. (2014). qpcR: Modelling and analysis of real-time PCR data. R package version 1.4-0. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=qpcR>.
- Stahl, J. (2008). Who were the Flintknappers? A study of individual characteristics. *Lithic Technology*, 33(2), 161–172. doi:10.1080/01977261.2008.11721066
- Thiele, K. (1993). The Holy Grail of the perfect character: The cladistic treatment of morphometric data. *Cladistics*, 9(3), 275–304. doi:10.1006/clad.1993.1020
- Thulman, D. K. (2012). Discriminating Paleoindian point types from Florida using landmark Geometric Morphometrics. *Journal of Archaeological Science*, 39(5), 1599–1607. doi:10.1016/j.jas.2012.01.004

***APÉNDICE 2. ARTÍCULO
ADICIONAL EN
REVISIÓN***

LITHIC MORPHOMETRY AND TAPHONOMY: A CASE STUDY FOR THE LATE MESOLITHIC
IN THE EASTERN IBERIAN PENINSULA

Alfredo Cortell-Nicolau^a, Oreto García-Puchol^a, Stephen Shennan^b

^a PREMEDOC Research Group. Departament de Prehistòria, Arqueologia i Història Antiga. Universitat de València. Av. Blasco Ibáñez, 28. 46010 València. Spain.

e-mail acn (corresponding author): alfredo.cortell-nicolau@uv.es

telephone acn (corresponding author): 0034 963983894

^b UCL Institute of Archaeology, 31-34 Gordon Square, London WC1H 0PY, UK

ORCID:

Alfredo Cortell-Nicolau: 0000-0003-1982-6403

Oreto García-Puchol: 0000-0001-9716-6039

Stephen Shennan: 0000-0001-6605-064X

ABSTRACT

The transition to farming has been an object of intense archaeological study during the past years. Although research advancements have contributed to a better comprehension of this process, there still are some doubts and unanswered questions, primarily when the study is approached from a regional perspective. Such is the case for the Neolithisation of the Eastern Iberian Peninsula, and the way in which previous Mesolithic population interacted—if they interacted at all—with the first farmers. In this sense, some sites present different archaeological contexts that have been catalogued as *acculturation contexts*. Such has traditionally been the case of the phase C of Cueva de la Cocina (Spain). However, recent research points to the possibility that the conformation of this specific deposit would be due to post-depositional processes. This paper uses geometric microliths, a specific type of arrowhead shared both by the last hunter-gatherers and the first farmers, whose evolutionary patterns can help observe possible cultural continuities and discontinuities to address this issue. Particularly, a twofold methodology is used, consisting of Geometric Morphometrics, and on the use of the self-developed Geomeasure system to, first, understand the cultural evolutionary patterns and relations between these different technocomplexes and, second, to address specific problems such as the interpretation of taphonomic disturbances in the archaeological record. We use the sites of Cueva de la Cocina and Cova de l'Or for comparison, and our conclusions raise serious doubts about the existence of an acculturation phase for this specific context.

Keywords

Mesolithic. Neolithic. Geometric Microliths. Geometric Morphometrics. Geomeasure

LITHIC MORPHOMETRY AND TAPHONOMY: A CASE STUDY FOR THE LATE MESOLITHIC
IN THE EASTERN IBERIAN PENINSULA

1. INTRODUCTION

Despite, or maybe because of, the great quantity of literature and effort produced on the subject, the process of Neolithisation through the Mediterranean still raises substantial debate within the archaeological research community (Guilaine 2013; García-Puchol and Salazar-García 2017). Even though the general patterns are generally understood and accepted, following the master lines expressed by Ammermann and Cavalli-Sforza (1984), in their nowadays classic work, it was noted from the very first moment that the Wave of Advance could be masking specific processes, mainly at the regional level (Zvelebil 1986). Of course, at this regional/local level debates had been raging on for long and have their own historiographic traditions. In this paper we will focus on the Eastern part of the Iberian Peninsula, where the role that Mesolithic communities developed during the process of Neolithisation remains unclear. Explicitly, we will concentrate on the sites of Cueva de la Cocina and Cova de l'Or to approach how geometric microliths can be used

as proxies for understanding cultural change and affiliation, and on how the information that they generate can be later employed to assess varied problems, ranging from chronology to taphonomy. Geometric microliths are a specific type of lithic tool considered, for our chronological and geographical frame, as composed arrowheads (García-Puchol et al. 2014). They can be found, loosely speaking, in three main forms: trapezoid, triangles and segments -or crescents-, where a fourth rectangular shape can be included from epicardial chronologies (Fig. 1).

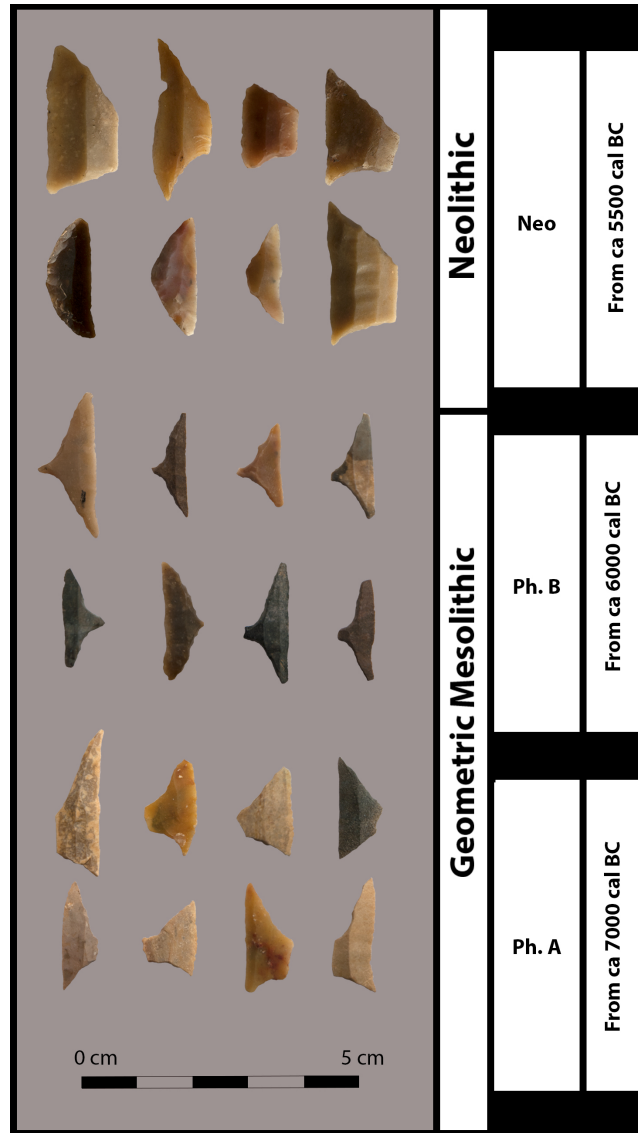


Fig. 1 Synthesized representation of the geometric microliths of the archaeological phases treated in the article, extracted from Cueva de la Cocina and Cova de l'Or. Chronological references are approximate

Although their main function as arrowheads remained unaltered in the Western Mediterranean both for the Late Mesolithic and the Early Neolithic (Domingo 2009; 2012; García-Puchol and Jardón 1999; Gibaja and Palomo 2004), the phenomenon is very complex. Geographically, we can find microlithic geometrism from Northern Europe to Africa and Australia (Brown et al. 2012; Finlayson and Mithen 1997; Hiscock 2002), and chronologically, we can place its end around the Middle Neolithic confidently enough, although its beginning is unclear, with some authors proposing very old dates, well into the Palaeolithic (Wurz and Lombard 2007), and whose acceptance might require discussion. For the Iberian Peninsula, some authors have referred to the existence of geometric microliths from Solutrean and Magdalenian times (Aura 1995; González Sainz 1989; Straus 2002). In any case, we could talk of a *golden age* of geometrism in the Western Mediterranean, starting with the Mesolithic. For this period, geometrism in Europe has been traditionally divided in two main phases, the First Mesolithic, or Sauveterrian, and the Second Mesolithic or Castelnovian, where there would be a clear difference in the shape and retouch from the Sauveterroidean types (Fontana et al. 2016; Plisson et al. 2008) to the Tardenoisean-Castelnovian types of the Second or Late Mesolithic (Blade and Trapezes tradition), starting around 6.600 cal BC, also known in the Iberian Peninsula as Geometric Mesolithic. Generally, the start of the Second Mesolithic is accepted around 6600 cal BC, but some dates might reach the beginning of the 7th millennium cal BC (Binder 1987; Marchand and Perrin 2017; Perrin 2001; Perrin and Binder 2014).

In this sense, the Iberian Peninsula constitutes a good example of the entanglement and regionalisation of such evolutionary processes. We can observe this with the Notches and Denticulates technocomplexes emerging between the regional Sauveterrian and the Late Mesolithic (Aura et al. 2006; Soto et al. 2016). Also, we can observe how the trends affecting the Eastern part of the Iberian Peninsula, highly synthesised at fig. 1, do not follow some of the conventions for the Final Mesolithic in the Western Mediterranean. As we will see later, subphases A and B can be distinguished within the regional Late Mesolithic mainly, but not only, by the increasing presence of triangles, and the emergence of the Cocina type triangle, defined by the concavity of its two sides (Fortea 1973) which is exclusive to the Iberian Peninsula and North of Africa (see also Tixier 1963). The advent of the Neolithic disrupted such evolutionary patterns, and new geometric types settled, characterised by their higher retouch variability and their tendency towards straighter sides. Unfortunately, the complexity of geometrism prevents us from treating it in further detail here, thus we recommend the interested reader to explore the much better approaches offered at Marchand (1999), Marchand and Perrin (2017), Perrin (2001) or Rozoy (1978). For a comprehensive study of the Geometric Mesolithic in the Iberian Peninsula, the reader is referred to Utrilla and Montes (2009). In this article we will only concentrate on the specific features/regions concerning our study.

Conversely, the geometric microliths are a unique piece in understanding how cultural transmission processes evolve and/or relate to population flows not only because these lithic pieces share common traits and functional backgrounds but also because in this case archaeology recovers finished so-conceptualised tools and not only worn-out discards. Furthermore, because, unlike domestication or polished stone, geometric microliths were used both by the last hunter-gatherers and the first farmers, they can be considered as a reliable proxy when trying to understand the process of Neolithisation, and how it reflects on material culture. Therefore, their archaeological significance to studying the cultural evolutionary patterns and changes from the Late Mesolithic to the Early Neolithic can be summarised in the following

points: (1) they are present both in the Late Mesolithic and the Early Neolithic records, (2) their function is considered to be the same in the two cases, and (3) they present chronological and geographical variability as far as their retouch, general shape, and linearity of their sides.

Regarding the transition to farming and husbandry, there have been many debate options in the Iberian Peninsula. Without intending to perform a complete historiographic review, we would acknowledge the main theories—once the autochthonist options were discarded—mainly present in the capillary models of Rodríguez et al. (1995) and Vicent (1997), following Lewthwaite's (1986) proposals and the mosaic models, initially developed by Barandiarán and Cava (2000). As for the theoretical proposals giving especial importance to the demic factor in the Neolithisation of the Iberian Peninsula, one of the most accepted theories is the so-called Dual Model (DM), initially formulated by Fortea, Martí and colleagues (Fortea and Martí 1984; Fortea et al. 1987), and later refined by Bernabeu and colleagues (Bernabeu 1996; Bernabeu et al. 1993). In its most basic form, the model combines the Neolithic spread, as defined by the Wave of Advance Model (Ammerman and Cavalli-Sforza 1984), including the use of sea routes (Bernabeu and Martí 2014; Zilhão 1993; 2014), with the Iberian archaeological record. The DM considers three possible ways of Neolithic diffusion: (1) colonisation, where only the demic expansion takes place, (2) direct acculturation, where agriculturalists directly interact with hunter-gatherers, thereby providing technology and promoting cultural modification, and (3) indirect acculturation, where transmission of agriculture is developed through the pre-existing Mesolithic networks. In the lack of archaeological support for indirect acculturation in the Eastern Iberian Peninsula (region for which the model was originally formulated), the DM concentrates on the two first options. In this sense, the model compares colonisation with the situation seen in caves such as Cova de l'Or, or Cova de la Sarsa, where we find, what the regional literature, has called *pure Neolithic* groups i.e., *ex novo* Neolithic sequences, without any trace of previous



Fig. 2 Location of Cueva de la Cocina, and Cova de l'Or

Mesolithic occupation. The second option, direct acculturation, is compared to frontier situations—where we can find possible acculturation—such as they present at Cueva de la Cocina, mainly a Mesolithic sequence, but also with Neolithic elements on top and, as we will see, possible acculturation phases. It is important to note that the chronological gap affecting the Neolithic transition in the Eastern Iberian Peninsula (García-Puchol and Aura 2006; Torregrossa et al. 2011), and all of Western Europe, for that matter (Cristiani et al. 2009; Marchand and Perrin 2017; Perrin 2005; 2010), is reduced to its minimum expression if we compare the oldest Neolithic dating of Or with the most recent Mesolithic dating of Cocina. Therefore, Cocina and Or (Fig. 2) are crucial to understand the Neolithisation process in the Eastern Iberian Peninsula. Moreover, they both contain some of the largest archaeological collections for this zone and timeframe. They are also especially significant for understanding the archaeological processes underpinning Neolithisation. In the case of Cova de l'Or, the absence of a Mesolithic sequence in the cave (Martí et al. 1977; 1980) makes the site a clear example of the *ex novo* Neolithic. Cocina, on its part, shows a large and significant sequence, primarily of the Geometric Mesolithic of Castelnovian tradition, including levels with pottery on top. Javier Fortea (1973) established four phases characterised by different types of arrowheads, where (broadly) Cocina I would belong to a blades and trapezes-based Mesolithic, Cocina II would stand for a Mesolithic marked by Cocina type triangles, Cocina III would represent a process of Mesolithic-Neolithic contact, showing crescents and double bevel retouch, and Cocina IV would stand for more advanced chronologies, including bifacial arrowheads. Later, these phases would be recognised at different peninsular sites, and their names would be adapted to A, B, C and D (Juan-Cabanilles 1985), as they are known today.

The original distinction of four clear phases within the cave presented some problems from the beginning. The possibility of taphonomic disturbances has always been considered (Fortea 1971), although it would not be until 2005 when García-Puchol's dissertation specifically acknowledged stratigraphic problems affecting the upper layers of Cueva de la Cocina, after which the phase D fell into disuse. Subsequently, deeper reviews on phase C started to take place during the first decade of this century (Juan-Cabanilles and Martí 2007-2008). Following this line of work, recent studies have found how the interior parts of the cave might be affected by severe post-depositional processes (García-Puchol et al. 2018; Pardo-Gordó et al. 2018), whilst undergoing work points to the fact that the upper layers of the entrance of the cave (where the bulk of the archaeological record is) might have been affected by historic anthropic factors (extraction of manure), but also by the water entrances that occur periodically at the site (Fumanal 1978).

This paper tries to address the same problem from a different perspective. We believe that, because the geometric microliths are able to reflect culturally significant morphometric variation, they can be used in and of themselves in order to understand continuity, discontinuity and patterns of evolutionary change. In developing this understanding, we would expect faster evolutionary rates in contexts of traumatic or demic culture substitution, whereas lower evolutionary rates would result from a process of indigenous acculturation (Edinburgh et al. 2015).

Nevertheless, this theoretical position can be challenged by stratigraphic disturbances, which can lead to a misperception of the evolutionary rates when affecting different archaeological assemblages. This is why the existence of the so-called phase C, at Cueva de la Cocina, is important in understanding the sequence of the site. The aforementioned taphonomic studies challenging the archaeological assumption of such

phase has led to us examining the differences in cultural attributions and stylistic trends of the geometric microliths to see if we can find factors that strengthen or weaken the arguments about the existence of phase C, or transitional phase. In this sense, we would expect to find consistent evolutionary trends and stylistic grouping within the geometric microliths under study in the different Late Mesolithic and Early Neolithic phases being studied, whereas inconsistency could be produced by different types of archaeological palimpsests, or other vertical explanatory patterns.

In order to do so, we have applied different morphometric and statistic techniques, such as the self-developed Geomeasure system (GS) (see Methods sub-section) or the now well-established Geometric Morphometrics (GM) approach (Corti 1993; Rohlf and Marcus 1993) for further testing of grouping and variability. We also offer a brief comparison of the two systems to assess their strengths and possible complementarity. The following section analyses the materials used and the filtering criteria, and then presents how exactly the methodology has been developed, both employing GS and GM. The third section presents the results of both analyses. The fifth section analyses their archaeological implications. Finally, some short conclusions are offered.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Materials

Cueva de la Cocina, and Cova de l'Or are the main sites being considered in this study. We have already seen the archaeological significance of both for the Neolithic transition in Eastern Iberia. The former was first excavated by Lluís Pericot, in the early 1940s (Pericot 1945) and later by Javier Fortea in late 1970s—no monograph published. Currently, it has been through four campaigns (2015-2018) directed by Oreto García-Puchol, Joaquim Juan-Cabanilles and Sarah B. McClure (García-Puchol et al. 2015; 2017; 2018). As for Cova de l'Or, the first excavation deployed at the site was directed by Vicent Pascual during the 1950s, while Bernat Martí directed a new intervention during the 1970s and 1980s (Martí et al. 1980). For this preliminary work, we have added all of the geometric microliths recovered at Cueva de la Cocina so far—except the ones found at the EII sector of Pericot's 1945 campaign, due to the severe stratigraphic problems affecting them (Fortea 1971)—which add up to 2.124 pieces, and all of the ones recovered by Pascual at Cova de l'Or, which represent the bulk of the collection, summing for a total of 146 geometrics. However, before beginning the actual morphometric study, several methodological and theoretical issues need to be addressed. Starting with the methodological, the first problem would be that the bulk of the two collections belongs to old excavations, where the resolution, both chronological and stratigraphic, was not as high as desired. To address this problem, we relied on the work done during the past years at Cueva de la Cocina, aided by three-dimensional reconstruction (Diez-Castillo et al. 2017), and which has allowed us to form high resolution phases on the basis of Bayesian inference (García-Puchol, et al. 2018). Because this work has only been deployed so far over Cocina's 1941, and 1945 EI excavations, we have only used the material of these two surveys. As for Cova de l'Or, the sample is affected by problems similar to Cocina, but we used Juan-Cabanilles' (2008) comparative study on Pascual's materials regarding the ones found in Martí's excavations—much lesser in number, but referenced with high resolution stratigraphy, and xyz coordinates. There he established the four Neolithic phases—Or Ia, Or Ib, Or II and Or III—that form the basis of our study.

The second problem would be related to the possibility that factors not responding to stylistic decision, such as available raw material, could be affecting the morphometrical trends. This requires deliberation in two ways. First, we must consider what style is and what can be considered as stylistic. The definition of style has always been one of the bones of contention for researchers, in part due to the lack of a complete record that characterises archaeology. Deciding if morphometry, technology or retouch type, for instance, can be considered stylistic would seem of little use to us if we do not have access to the culture producing the artefacts, and the reasons for why they produced each artefact, since changes in the aforementioned features can mean or can be conditioned by collateral, not necessarily wanted, functional advances. If we consider the social function of style *sensu* Sackett (1982), the discussion would not turn to *if* one feature is functional or stylistic, but rather *to what extent* is that feature functional *and/or* stylistic. By this we mean that function or style can obviously not be considered from our point of view since we would be applying a flawed value system, but neither can them be seen from *their* point of view since we simply ignore their value system.

Therefore, some authors have based their rationale in defining style on the fact that if function as we understand it—that is, a trait is functionally superior if it brings significant competitive advantage—is the predominant aspect of defining a trait, we should expect the total substitution of the obsolete trait by the more competitive, or better functional, new trait. Conversely, if a trait does not substantially improve the effectiveness of the artefact, then we should consider it to be stylistic and thereby find a stochastic evolutionary trend where the substitution of one trait over the other would not necessarily be complete (O'Brien and Leonard 2001). We believe that style, from this point of view, is applicable to the morphometry of the geometric microliths. In any case, since the style-function debate and how it relates to morphometry is a long-standing and lengthy one, which clearly exceeds the scope of this work, we refer the reader to some significant literature on the matter (Barton 1990; Bettinger et al. 1996; Dunnell 1978; Eerkens and Lipo 2007; García-Rivero 2013; Jelinek 1976; Hurt and Rakita 2001; Kohler et al. 2004; Neiman 1995; O'Brien and Lyman 2003; Sackett 1982; Shennan and Wilkinson 2001; Steele et al. 2010). As the second aspect, we consider size as a potential element in the distinction of geometric microliths. However, we must consider the possibility that size is not an election, but a constraint, imposed by the available raw material. We understand that raw material can condition the sizes of some lithic industries, but we believe that this could be less applicable for the case of the geometric microliths. Their reduced size, with a mean length of 1.87 cm and a mean width of 0.93 cm for the geometric microliths under this study, lead us to consider that big nodules are not needed for their production. This minimises one of the problems affecting the Iberian Mediterranean façade, where large good quality nodules are hard to find. The strong reduction applied to each blade to configure the sides of the geometric microliths, either using microburin or flexion technique would also indicate that the length of the blade would not be as determinant. However, there are other features implied, such as the width of the blades and how the crystallinity of the rock can affect it. In this sense, because conchoidal fractures are less manageable under low quality cherts, the assumption would be that good quality chert could lead to wider blades, and therefore wider geometrics (this would be valid for trapezes, which still hold their minor base, whilst it would be less applicable for triangles and crescents, where the minor base has been reduced). If this was the case—that raw material was heavily conditioning the width of the geometric—we should expect some irregular blade production,

since the low quality of the raw material would not allow the knapper to completely control the conchoidal fracture. The archaeological record shows a distinct situation, where the Mesolithic blade production is highly standardised (García-Puchol and Juan-Cabanilles 2012). Probably the implementation of new knapping techniques, such as indirect percussion and pressure (Binder et al. 2012) has reduced the impact that raw material could have on the final output.

We performed some basic statistical analysis to explore this possibility just to be on the safe side. Although one type of raw material is usually predominant for each phase, the presence of different types of raw material is common in each phases' archaeological assemblage. We have used this to perform an ANOVA analysis, consisting on a by-phase comparison of the widths of the geometric microliths regarding their raw material, based on macroscopic observation. The results listed at table 1, indicate that we cannot reject the null hypothesis that there are not differences in the width of the two populations, based on raw material, when they are divided by phases.

Phase	Df	F value	Pr(>F)
A1	9	0.716	0.691
A2	13	0.438	0.946
B1	14	1.372	0.243
B2	16	0.812	0.669
B3	5	1.859	0.256
C	3	0.601	0.63
Or Ia	8	0.527	0.829
Or Ib	5	0.378	0.861

Table 1. ANOVA by-phase comparison of the widths of the geometrics, regarding the raw material.

Nevertheless, we would like to clarify that, first, even though we are aware that we would need further raw material study in order to unambiguously assess if the raw material is not conditioning the final geometric output, we believe that we have sufficient substantiation to consider size as potential indicative of cultural change. Second, our argument is only to be applied to the geometric microliths used under this study. Its extrapolation should be carefully considered before being applied.

Another problem to be considered would be the functionality of the microliths strictly speaking, that is the functionality of the microlith as a piece, not the functional/stylistic character of its traits. This is so because, if the geometric microliths had changed their function, for instance, from arrowheads to sickles, then stylistic comparison would be more problematic for obvious reasons. Although there is significant bibliography referring to the main use of the geometrics as knives or sickles, these cases mostly refer to the Middle East (Lechevalier 1978; 1980; Richter 2007) or, in the case of Western Europe, to advanced chronologies (Criado Boado 1981). Although there are some exceptions, pointing to multivariate use (Finlayson and Mithen 1997), most of the experimental and use-wear studies developed over the past years, conclude a mainly predominant use for the geometric microliths in the Western European Late Mesolithic

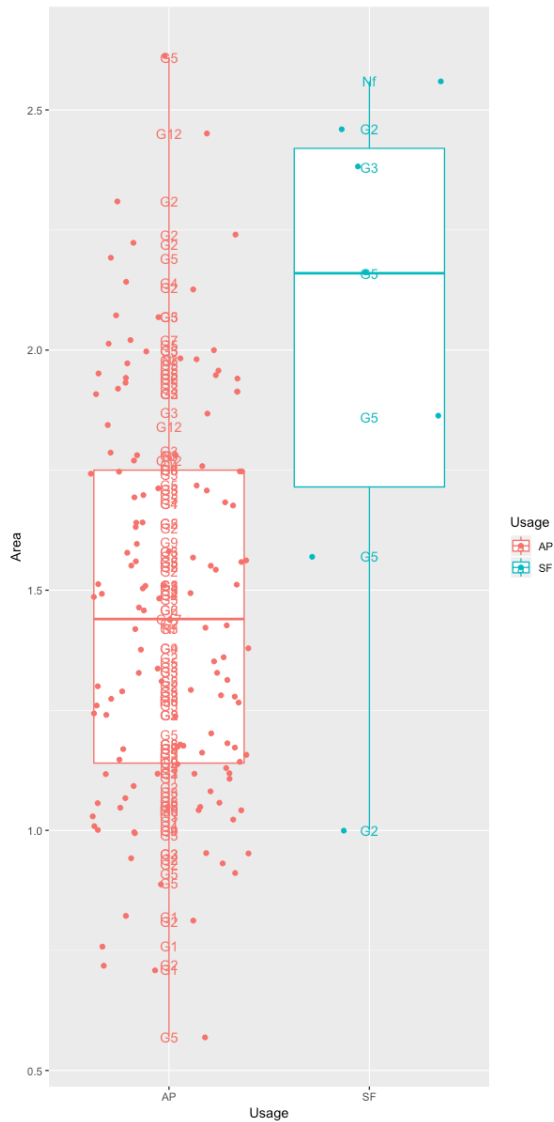


Fig. 3 Boxplot showing the morphometric differences of geometric microliths when used as arrowheads (AP) or sickles (SF). GX expresses the type of geometric, as defined by Javier Fortea

and Early Neolithic as composed arrowheads (Cristiani et al. 2009; Domingo 2004; 2005; 2009; 2012; Fischer et al. 1984; García-Puchol and Jardón 1999; García-Puchol et al. 2014; Gibaja and Palomo 2004; Gibaja and Terradas 2012; Goldstein and Shaffer 2017; Longo and Isotta 2007; Plisson et al. 2008). However, some authors point out that, even if the use of the geometric microliths as arrowheads was highly prevalent, it can be combined with different uses such as cutting green wood, either in a multifunctional way or not. Domingo, for instance, states that the percentages use for working hides or green wood was never higher than 4%, even for Early Neolithic periods (Domingo 2009; 2012). Another problem is that typometry does not help much in the distinction (Finlayson and Mithen 1997; Richter 2007). Sickles may indeed fall within specific morphometric ranges, but arrowheads, even though they can be more varied, can also occupy those ranges (Fig. 3).

In any case, most of the characteristic marks of the use of microliths for working hides or green wood, such as gloss or abrasive fractures, can be observed by the naked eye or with magnifying glasses. Therefore, to stay on the safe ground, we eliminated from our sample everything that either could be clearly identified

as a sickle, presented gloss, had abrasive fractures, or had any kind of fracture in the middle part—not the edges—of its longer base. This has meant a reduction of the 8% of our sample, which is more than the maximum percentages of non-arrowhead use offered by other authors.

After performing all of these filtering operations and accepting a reliability index (see next sub-section) of 95%, we were left with a total of 336 geometrics (Table 2), of which we could use 204 for the GM analysis.

Finally, focusing on the theoretical perspective, the informed reader has probably noticed how we have not used the classical types for defining the geometric microliths under study. We have done this for two main reasons. In the first place, classification by types, although useful for communication among archaeologists, creates a sort of self-contained compartmentalizations of material where (1) not all typologists would agree on how that compartmentalisation has been made, (2) some pieces are simply left out without a category

for not finding a place for their classification and, mainly, (3) once a piece has been assigned to a particular type, that piece passes to thicken that type, adding one individual to it, regardless of whether such piece could belong clearly to that type or could be on the edge of that type and another. This variability would not be accounted for.

Phase	Geometrics
A1	44
A2	53
B1	35
B2	96
B3	11
C	12
Or Ia	42
Or Ib	43
TOTAL	336

Table 2. Number of geometric microliths used per phase.

The second reason is that working with types can also lead to another kind of misunderstanding especially relevant here. The presence/absence of a type has usually been considered as crucial, since it could be hinting to the possible presence/absence of the technocomplex that produced that type. However, from our point of view, this assertion could be misleading, particularly in difficult stratigraphic contexts like those of this study. We know that stratigraphic layers are not closed boxes, and that percolations occur all through each archaeological sequence to varying degrees. Therefore, the presence of one only type cannot be taken as the presence of one technocomplex and must be compared to the overall dynamics of the site and its full assemblage. We have tried to somehow circumvent this problem by not considering types by themselves but their measures and their averages. If we consider the average measures in a way that morphometric variability can be accounted for, we believe that we can minimise the effect of percolations and achieve a less rigid tool for analysing lithic assemblages, thereby representing the archaeological reality of each phase with more accuracy.

2.2 Methods

The first part of our approach has been based on the Geomeasure System (GS), whilst we have based the second part of our analysis upon the use of Geometric Morphometrics (GM) (Adams et al. 2013; Adams and Otárola-Castillo 2013; Bonhomme et al. 2014; Buchanan and Collard 2010; Claude 2008; Corti 1993; MacLeod 2018; Mitteroecker and Gunz 2009; Okumura and Araujo 2019; Rohlf and Marcus 1993; Shott 2015; Silva-Gago et al. 2019).

Even though the initial rationale of the two systems is similar and is based on gathering different measures of each sample so that they can be compared, they differ in their purpose and their outputs. While GM can perform variability analyses *per se*, offering continuous multivariate outputs, and can, on a standalone mode, assess morphometric similarities between different groups of populations (Mitteroecker and Gunz

2009), their complete integration within different methods related to Evolutionary Biology—thus, Evolutionary Archaeology—is not straightforward, and usually depends on statistic workarounds (Adams et al. 2013). Conversely, GS is not aimed to develop an analysis on its own, but to speed up the data gathering process, and to provide different kinds of measures and offer diverse univariate outputs both in continuous and discrete forms. These can, then, be combined and used in different later analyses to be determined by the researcher—although they can be combined with continuous measures in some cases, discrete values are usually advised for most of phylogenetic and similarity analyses (Crema et al. 2014; Felsenstein 2004; Kitching et al. 1998; O’Brien and Lyman 2003; Wiley et al. 1991). The main difference with GM does not reside in the discretisation procedure, which ultimately depends on the data available, and for which different proposals have been made, primarily, in the biological field (Forey and Kitching 2000; Reid and Sidwell 2002; Thiele 1993; Wiens 2001). The main difference relies in the fact, unlike GM, GS offers actual univariate values, not computed but taken directly from the piece, which, as such, can be discretised. We have used continuous measures for this work in keeping with our requirements. It must be noted that the full strength of GS is achieved when it is used as an input for different types of ecological analysis. Although some preliminary analysis can be made, this system lacks, contrary to GM, the statistical development to become a standalone tool for morphometric analysis.

Although GS is explained at length elsewhere (Cortell-Nicolau 2019), some notes might be due. GS has been developed using R Programming Language 3.3.3 (R Core Team 2017) and will be compiled into an R package once the final features under development are concluded. At this point, the system relies on a vectorised image of the sample being studied to calculate different typometric variables. The sample is deposited over a grid where 260 measures per piece are automatically taken. Besides, each measure is offered both in continuous form and in discrete form—the parameters to discretize each output can be controlled by the researcher. Because a great quantity of our sample presents fractures, each measure is accompanied by a reliability index indicating whether it has been extracted from a broken part of the piece, or not. This is useful since it maximises the use of our sample, using all complete measures, not just all complete samples. The most important measures taken include the classic measures, such as sides, angles, maximum length and width, etc. However, the strength of the system relies on the calculation of the L-measures. L-lines/measures are a series of lines displayed on a grid crossing the geometric from distal side to proximal side, and from vertex to base—or from shorter base to longer base, for that matter. We divide those lines in the horizontal N-lines and S-lines and the vertical E-lines and W-lines, as shown in figure 4 (the lines Max_Width and Max_Length divide the dominions of N-lines/S-lines and E-lines/W-lines respectively). The programme automatically captures *how much* of each line is crossing the geometric, offering its length as an output. Although different grids with different resolutions have been prepared, in this case we use a resolution of 1 mm. This is, the distance between each L-line is 1 mm. Because for the proximal-distal lines (E-W Lines) measuring the total length could mask differences on sides and laterality, currently the measurement process is able to treat each side separately. (Fig. 4).

The system can also capture the perimetric measures, and the vertex of the piece, and offer them as discrete values, as well as it offers a reliability index of the overall completeness of the piece, where the value 100% would mean that the piece is complete. Only pieces with a reliability index higher than 95% were accepted for this study.

Conversely, the past decade has seen a notable increase on the use of GM for measuring cultural and biological variability, not only in the field of Evolutionary Biology but also, and to a great extent, in Evolutionary Archaeology (Buchanan and Collard 2010; Buchanan et al. 2014; Ragan and Buchanan 2018; Thulman 2012). This increase has also served for a refinement of its methods, and a development of affordable tools and packages (Adams and Otárola-Castillo 2013). GM can be approached in two different ways, not necessarily exclusive, and often complementary; based on different types of landmarks, or on the actual outline of the shape (Claude 2008). In our case, we have done preliminary analysis both with landmarks, using the geomorph R Package (Adams and Otárola-Castillo 2013) and outlines, using the momocs R package (Bonhomme et al. 2014). In this work, we will follow an outline analysis, which can bring different insights and high accuracy referring to the data extracted from GS.

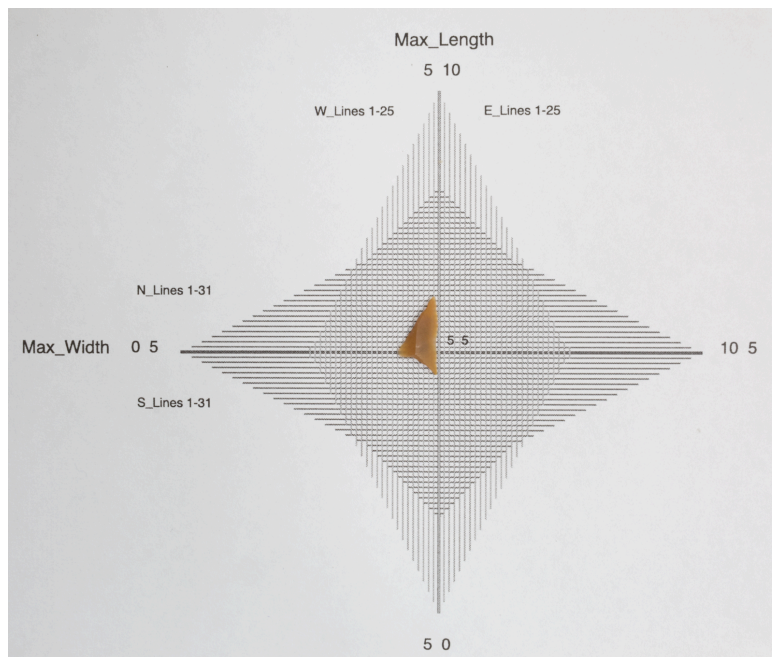


Fig. 4 Geometric over printed grid within the Geomeasure system. W_Lines, E_Lines, N_Lines and S_Lines refer to the domain and number of each group of lines. The program captures the amount of each line crossing the geometric and offers its length as an output. The numbers [0,5;5,10;10,5;5,0;5,5] are UTM coordinates, used as standard points for faster georeferencing and scaling

For GM outline analysis to work properly there are some conditions applicable to the sample under study. Pieces need to be complete—this is not necessary using landmarks, where missing landmarks can be inferred—and also be scaled and centred following a General Procrustes Alignment (GPA) which fits the units to the same centre and spatial dimensions (Claude 2008). This is another difference from GS, where all of the information is gathered based on a 1:1 scale, not following GPA.

While it is necessary for the piece to be compared under GM techniques, this scalation of the sample may not be necessarily wanted by the researcher if size, regardless of shape, does matter to infer cultural differences. Although it is true that some solutions for estimating size have been provided, they are often comprised of complementing GM methods, not on GM themselves (Okumura and Araujo 2019; Piras et al. 2010). Methods to estimate allometry have indeed been effectively developed (Adams et al. 2013). However, it seems necessary to clarify that allometry does not only refer to the variation in size, but to the effects that growth—reduction, in the case of lithics—has in size variation, and how shape and size covariate through time (Claude 2008; Klingenberg 2016). The implications and differences of each idea, via lithic reduction/lithic conception can be significant (Barton 1990; 1991; Blades 2003; Clark and Barton 2017; Dibble 1984; 1987).

Because the outline design relies on the pixel contrast, methods exist to treat images extracting that contrast (Claude 2008). In our case, and because our images were already vectorised, that task has been a relatively fast process, since we have included a function within the GS environment to produce .jpg outputs, suited for GM analysis (Fig. 5).

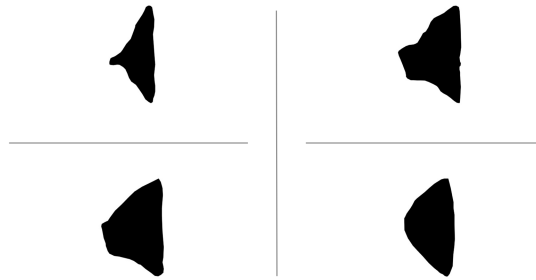


Fig. 5 Outline for some of the geometric microliths used under a Geometric Morphometrics approach

Once the outlines are correctly

introduced into the software, a Fourier analysis is performed. Fourier analysis is based on Fourier transformation series and captures the sine wave produced by the shape of the piece, at n harmonics, to be specified by the researcher. In our case, we used an elliptical Fourier analysis, at 20 harmonics, to pass the data on further statistical analyses, which has been advised for, over different Fourier methods, for complex outlines (Rohlf and Archie 1984).

Once each sample was processed, we applied different statistical procedures for each method, often common, but sometimes slightly adapted. For GS, we developed Principal Component Analyses (PCA) on different groups of measures. This not only gave us an idea of variation, but it also offered new variables accounting for significant amounts of variance, thus reducing the number of dimensions in our data frame and preparing all of the information for further analysis. The next step was to create a data frame, where means of different measures, grouped by phases, were paired to the mean results of principal components one and two of N-Lines, S-Lines, E-Lines and W-Lines. Out of these data, the Jaccard distance by phases was calculated and clustered.

As for GM, we have also applied PCA. However, it has been argued that PCAs can obscure the meaning of between group separations regarding within group separations (MacLeod 2018). In this sense, MacLeod recommends the use of Linear Discriminant Analysis (LDA), which we also applied. Indeed, on comparing, we observed that LDA offers a neater separation between groups, and that it does not always coincide with PCA results. PCA, although it can be helpful, is not designed only for clustering and capture variation between groups, but rather to find out which are the elements, or eigenvectors, accounting for the major amount of variance, thus offering a way to reduce the dimensionality of the data. This makes PCA useful for GS ($d = 260$), but advises complementarity for GM. The produced LDAs on GM analysis were also cross-validated to obtain the mispredictions of the analysis, therefore gaining new knowledge on where the potential *conflicts* exist. Furthermore, we used K-means clustering ($c = 5$) to obtain morphometric clusters, regardless of the phase, so that we can assess the main vectors defining the morphometry of the sample. Finally, and in order to test between group similarity, we ran a pairwise MANOVA analysis, aimed at obtaining some information about the unexpected clusters.

3. RESULTS

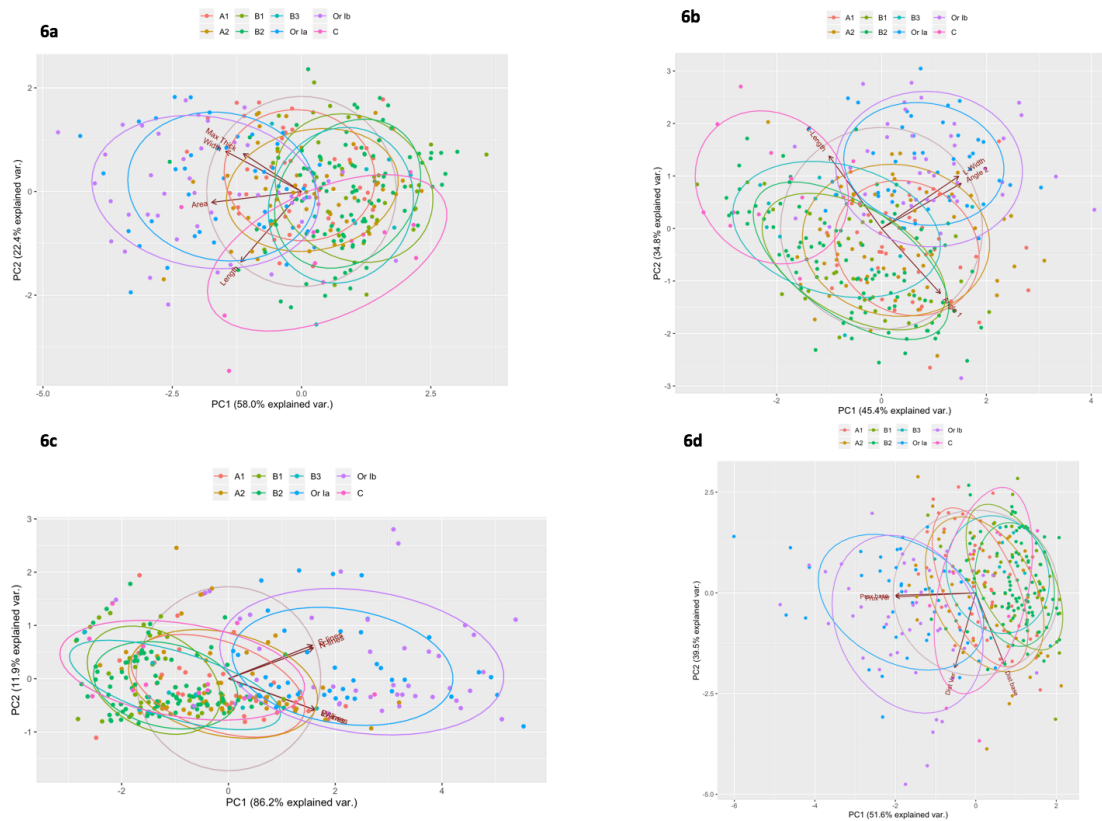


Fig. 6 Different PCAs developed within the Geomeasure system. Fig. 6a shows comparison between length, area, width and maximum thickness, fig. 6b refers to L-length and L-width lines and proximal and distal angles (Angle 1 and Angle 2), fig 6c analyses N, S, E and W lines—as they are shown in the text and in fig. 4—and fig. 6d proximal and distal vertexes and bases

The first PCAs developed over the GS data have been divided into four groups as expressed in fig. 6 for visualisation. They are divided based on related variables to observe how do these groups relate between themselves, which eigenvectors are accounting for maximum variance, what are the features responsible for such variance and to what extent (Fig. 6).

Fig. 6a shows that PC1 and PC2 account for 80.4% of the variance, with the variables Width and Length pulling significantly in different directions, thus showing independence between width and length. However, the variable Area falling in the middle of both, hints at correlation among them—on the other hand, expected. We have decided to put them together in the similarity analysis as Ratio 1 (R1), defined by Length/Width, as R1 could be indicative of the relationship between Length, Width and Area. On the other hand, Length seems to affect specially the distribution of phase C, while Width seems to be especially relevant for Neolithic phases. In Fig. 6b, PC1 and PC2 account for 80.2% of the variance, where again we can see that width (L-Width) affects more significantly the Neolithic phases, while Length (L-Length) seems to be a stronger determinant for Mesolithic phases. This seems somehow symmetrical to how the proximal angle (Angle 1) and the distal angle (Angle 2) affect the different phases, perhaps hinting to some changes in laterality, to be further studied. 98.2% of the variance is explained by PCs 1 and 2 in Fig. 6c, thereby achieving a significant dimensionality reduction of L-Lines, NS-Lines, and WE-Lines pulling that close together could be indicating a high degree of overall symmetry on the component measurement of

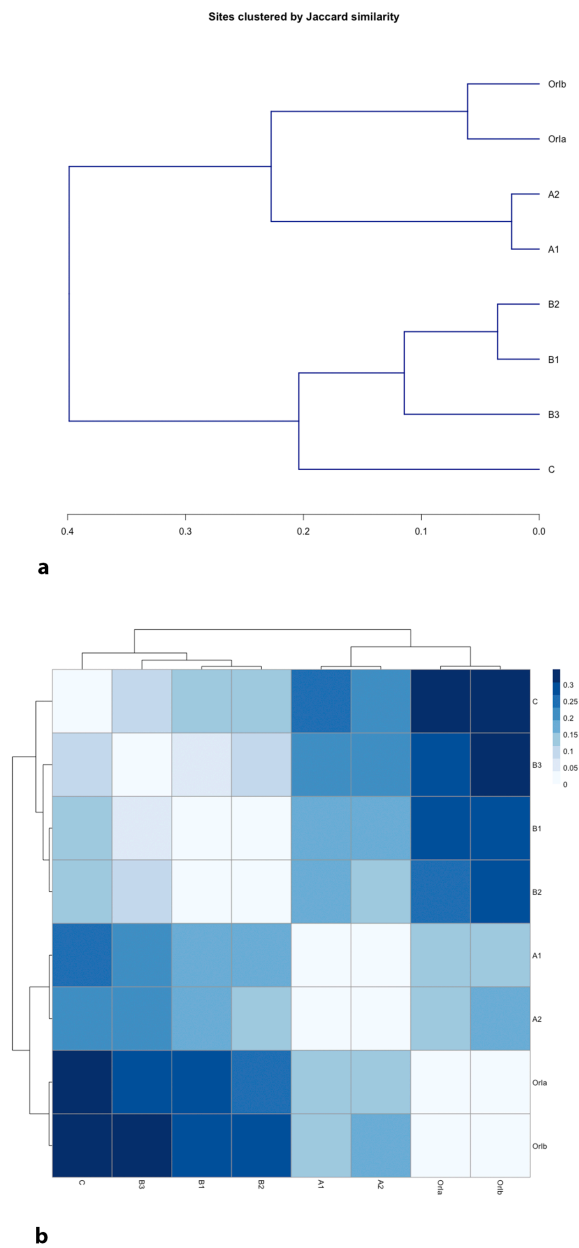


Fig. 7 Results of the Jaccard analysis. Fig. 7a shows an initial dendrogram. Fig. 7b includes a heatmap of the values between phases

We did this by applying a Jaccard similarity analysis, based on the data mentioned at the previous section. Fig. 7 (Fig. 7) shows that such relationships are confirmed by the Jaccard similarity analysis. Clusters are divided between the phase A and the Neolithic, and the phases B and C (7a). The dissimilarity values reach their maximum when phases B and C (mainly C) are compared to the Neolithic. This situation is to be explored in further research.

the geometrics, although we can see a stronger distinction between the Neolithic's eigenvalues, regarding the phase B Mesolithic values. This does not contradict the possible changes of laterality from one phase to another. In the last PCA, PC1 and PC2 account for 91.1% of the variance. We separately analysed the L-lines for each side on the basal part and the vertex of each geometric. The results observed in the first analysis (6a) reappear, when we see how proximal measures cluster together, pulling from the Neolithic sample, while distal measures seem to have more incidence on the results of the Mesolithic. Again, possibly pointing to changes in the laterality. An overview of these four analyses combined hints at a relationship between the different groups. We can, indeed, see how sub-phases are clustered together within their major phase, and Neolithic geometrics tend to group further away from the Mesolithic samples, which was expected. However, what was not expected was Mesolithic phase A clusters being closer to the Neolithic sample than to the Mesolithic phase B. Finally, Mesolithic phase B and Mesolithic phase C seem to group together, which relates the phase C (supposedly transitional) to the Late Mesolithic.

In view of these results, we decided to perform a preliminary exploration of the *anomaly* where the Mesolithic phase A is closer to the Neolithic than it is to its next chronological

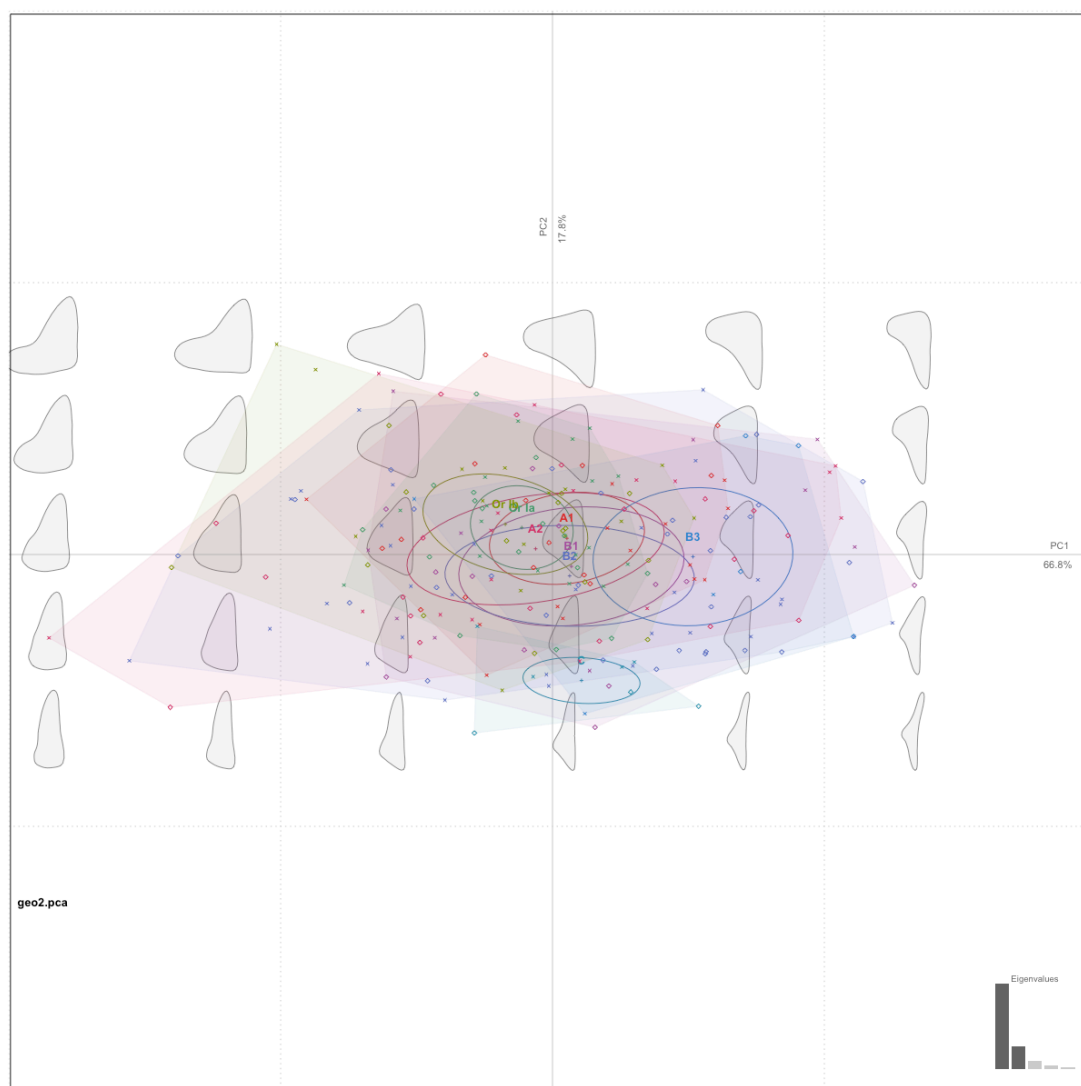


Fig. 8 PCA under a Geometric Morphometrics approach

As for the GM analysis, the results of the PCA, where PC1 and PC2 account for an 84.6% of the variance are, as expected, similar to the ones obtained with GS regarding the grouping of the different phases. Phase C does not show relationship with the Neolithic sample (Fig. 8).

However, when performing the LDA we can observe significant changes, where phase C has dramatically changed its position, and relocated entirely within the Neolithic phases. Interestingly, no matter the analysis, phase A remains more correlated to the Early Neolithic sample than phase B, which, if we were to expect a somehow linear drift, is diachronically inconsistent (Fig. 9).

Nevertheless, this LDA analysis must be considered with care for two main reasons. First, the LD1 and LD2 only account for a 52.3% of the variance, while the cross-validation test only reaches an average of 28.4% correctly classified samples. As a matter of fact, after $n = 25$ iterations of CV tests on LDA inputs, we can observe in Fig. 10 how the geometrics of phase C have been mispredicted a 100% of the times, of which 71.43% have been classified as Neolithic samples (Fig. 10).

As for the K-means, adjusted at 5 classes, the value of the sum of squared distances of each class' mean to the global mean, regards the sum of squared distances of each point to the global mean, offers an output of 75.6%. This shows that there are discernible patterns of clustering based on the morphometry of the pieces,

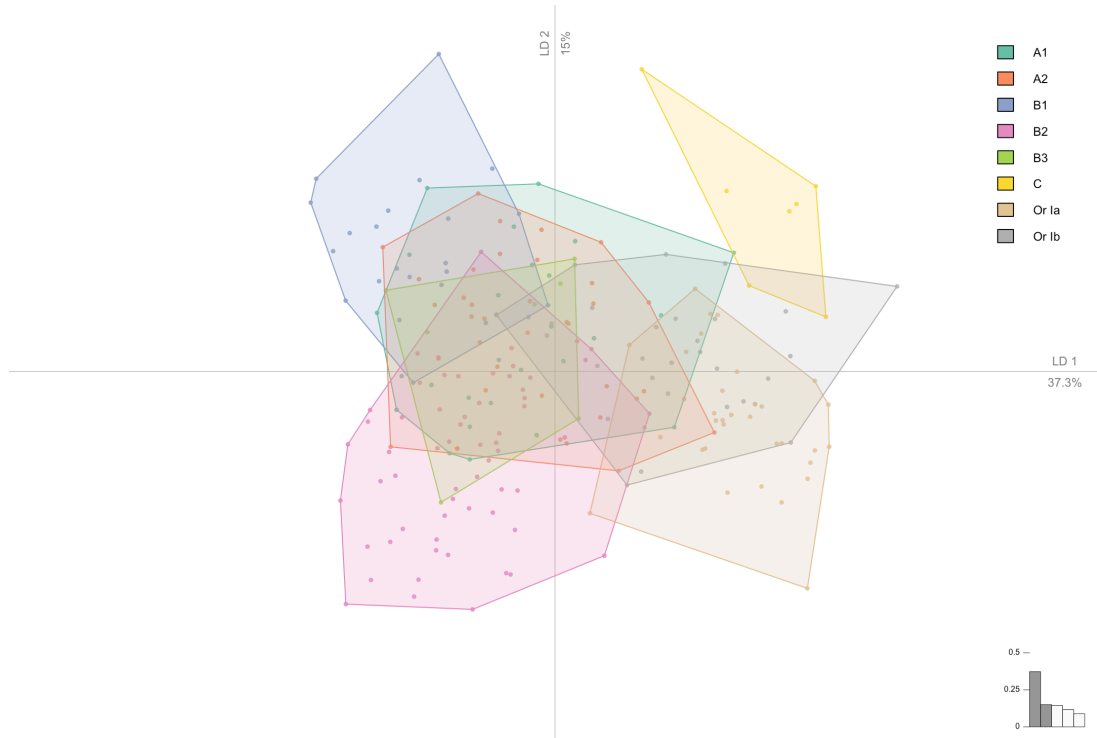


Fig. 9 LDA under a Geometric Morphometrics approach

	predicted as							
	A1	A2	B1	B2	B3	C	Or Ia	Or Ib
A1	150	100	75	180	25	0	25	100
A2	160	160	82	180	53	8	83	130
B1	100	50	75	150	50	0	25	25
B2	180	200	82	730	130	4	12	100
B3	0	25	25	50	0	50	0	25
C	25	0	0	0	25	0	50	75
Or Ia	50	75	0	50	25	75	300	100
Or Ib	50	150	0	75	25	25	250	50

Fig. 10 Results of cross validation tests over LDA inputs show how many times the phase of the geometric has been correctly predicted according to its real phase and attending to the LDA analysis. The rows show the phase and the columns show the prediction. Darker colours show the highest number of correct predictions, whereas lighter colours show majority of mispredictions. As it can be seen, phase B2 is the most correctly predicted, thus offering a clear entity, whereas phase C has been erroneously predicted every iteration

where concavities, laterality and width of the geometrics seem to be especially relevant for grouping (Fig. 11).

Finally, the results of the pairwise MANOVA analysis (Table 3) do bring new information on the trends previously hinted at. On the one hand, and as expected, we can accept H_0 —there is no difference between populations—when subphases are paired (A1 ~ A2: $V = 0.19$, p -value = 0.11 / B1 ~ B2: $V = 0.03$, p -value = 0.92 / B1 ~ B3: $V = 0.41$, p -value = 0.14/ B2 ~ B3: $V = 0.18$, p -value = 0.11 / Or Ia ~ Or Ib: $V = 0.14$, p -value = 0.4). On the other hand, some correlation between phase A2 and phase B could be accepted, even though the values are at the limit of acceptance (A2 ~ B1: $V = 0.25$, p -value = 0.06 / A2 ~ B3: $V = 0.27$, p -value = 0.13). Paradoxically, phase

B3, which already showed some problems on the previous LDA analysis, is the only one correlated in this case to phase C ($B3 \sim C$: $V = 0.58$, $p\text{-value} = 0.21$), again contradicting the results of LDAs, where phase C seemed to be more correlated to Neolithic phases.

Phases	Df	Pillai	approx F	num Df	den Df	Pr(>F)
A1 - A2	1	0.19644424	1.7811292	7	51	0.11146706
A1 - B1	1	0.33089653	2.61398217	7	37	0.02682149
A1 - B2	1	0.25305787	3.62991209	7	75	0.00201078
A1 - B3	1	0.55130148	4.38809972	7	25	0.00269494
A1 - C	1	0.71119465	9.85015886	7	28	3.79E-06
A1 - Or Ia	1	0.62746098	10.8275308	7	45	6.50E-08
A1 - Or Ib	1	0.43968761	4.82041482	7	43	0.00045199
A2 - B1	1	0.25371316	2.13693765	7	44	0.05920908
A2 - B2	1	0.15879035	2.211239	7	82	0.0414651
A2 - B3	1	0.27755687	1.75630628	7	32	0.1310892
A2 - C	1	0.70265966	11.815747	7	35	1.30E-07
A2 - Or Ia	1	0.62962254	12.6281877	7	52	2.47E-09
A2 - Or Ib	1	0.4492877	5.82735812	7	50	5.65E-05
B1 - B2	1	0.03613707	0.36420723	7	68	0.91988754
B1 - B3	1	0.41338027	1.81203903	7	18	0.14637948
B1 - C	1	0.71067494	7.36896005	7	21	0.00016199
B1 - Or Ia	1	0.81231778	23.4956997	7	38	5.65E-12
B1 - Or Ib	1	0.76244367	16.5061437	7	36	1.60E-09
B2 - B3	1	0.18049261	1.76196203	7	56	0.11340564
B2 - C	1	0.55646334	10.5745283	7	59	1.56E-08
B2 - Or Ia	1	0.77075226	36.5027263	7	76	7.83E-22
B2 - Or Ib	1	0.6220162	17.3965121	7	74	2.08E-13
B3 - C	1	0.57781304	1.75965283	7	9	0.21109806
B3 - Or Ia	1	0.70424268	8.84427316	7	26	1.49E-05
B3 - Or Ib	1	0.61734423	5.53136506	7	24	0.00069979
C - Or Ia	1	0.59449527	6.07368731	7	29	0.00020138
C - Or Ib	1	0.56018659	4.91280992	7	27	0.00112118
Or Ia - Or Ib	1	0.1460467	1.07500943	7	44	0.39536739

Table 3. Results of the MANOVA analysis for population similarities between each phase.

4. DISCUSSION

Since the definition of Cocina III/Phase C (Fortea 1973; Juan-Cabanilles 1985), the hypothesis of a *contact* period has been pivotal for the understanding of the Neolithic transition in the Eastern Iberian Peninsula. The main objective of this article was to clarify the archaeological meaning of such hypothesis in Cueva de la Cocina introducing new statistical procedures applied to geometric microliths. This responds to the fact that our latest studies at the site point to some taphonomic problems affecting the reliability of the stratigraphy of the cave (García-Puchol et al. 2018; Pardo-Gordó et al. 2018). With the present work we

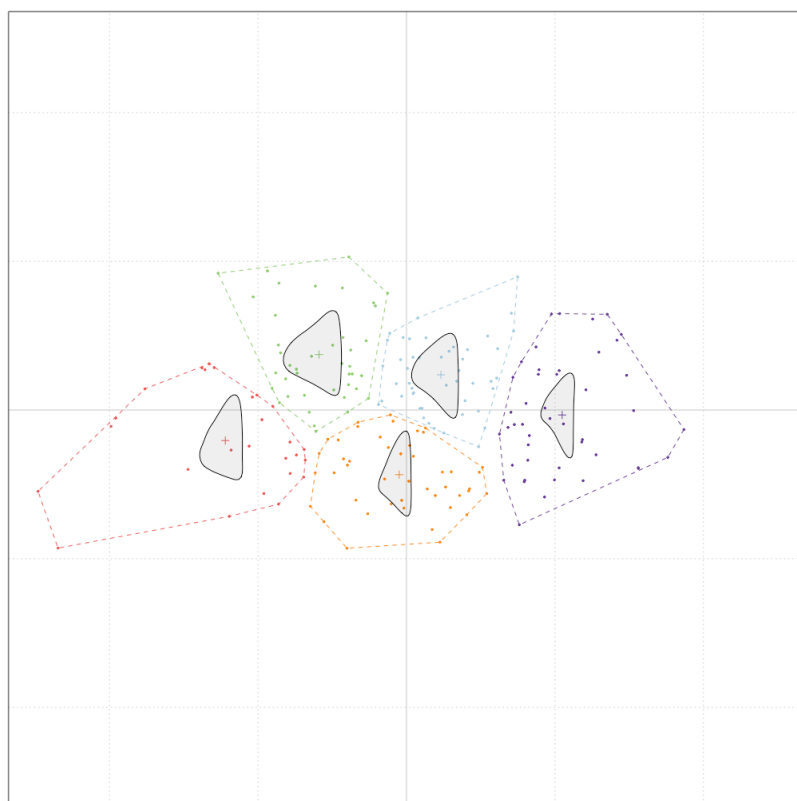


Fig. 11 K-means values, showing that there are morphometrical patterns of clustering

have tried to see if this transitional phase has an actual archaeological meaning, or if it responds only to an interpretation of the palimpsest created by the post-depositional processes affecting the cave. In order to support the archaeological significance of phase C, it would be expected for it to show consistent correlations with the other phases (A and B at the site), or at least a somehow equivalent position between phases during the different

analysis performed. However, this is not the case. Contrary to the other phases, which, as expected, show similar results throughout the different tests, phase C does not show a consistent position through the different tests performed, grouping to different phases depending on the factors analysed. This leads us to think that the way in which phase C was formed could be due not only to archaeological reasons, and therefore it may have its origin in the disturbances that have affected the upper layers of the cave. If this was so, as our results seem to substantiate, then we could not speak of the phase C of Cueva de la Cocina as an acculturation phase, but rather as an unidentified palimpsest.

We would also like to briefly refer to the relationship between the phase A and the Early Neolithic. When taken separately, the behaviour of phase A could be accepted as drifting towards phase B, which seems to be interrupted in the Early Neolithic (Fig. 12). Nevertheless, the different analysis performed show a higher A ~ Or I correlation than A ~ B correlation, even though there is a significant chronological gap between them. This relationship, although unexpected, is consistent through all of the analysis.

Because this was not the initial objective of this article, the reason for this is still to be explored. However, we believe that some short comments are due. Recent increase in DNA analysis and paleogenomics allows us to better understand processes of genetic resilience, spreading and introgression (Edwards et al. 2011; Haile et al. 2009; Hernández 2015; Irving-Pease et al. 2018; Ollivier et al. 2018; Vidal Encinas et al. 2008). As a matter of fact, genomic studies on European Mesolithic and Neolithic populations, particularly at the site of La Mina (Cataluña, Spain), show an increase of up to the 20% of the total admixture on the Mesolithic 'Western Hunter Gatherer' (WHG) genome no less than 1500 years after the Neolithic spread in the Peninsula (Shennan 2018: 107). They also confirm the survival of hunter-gatherer ancestry well into

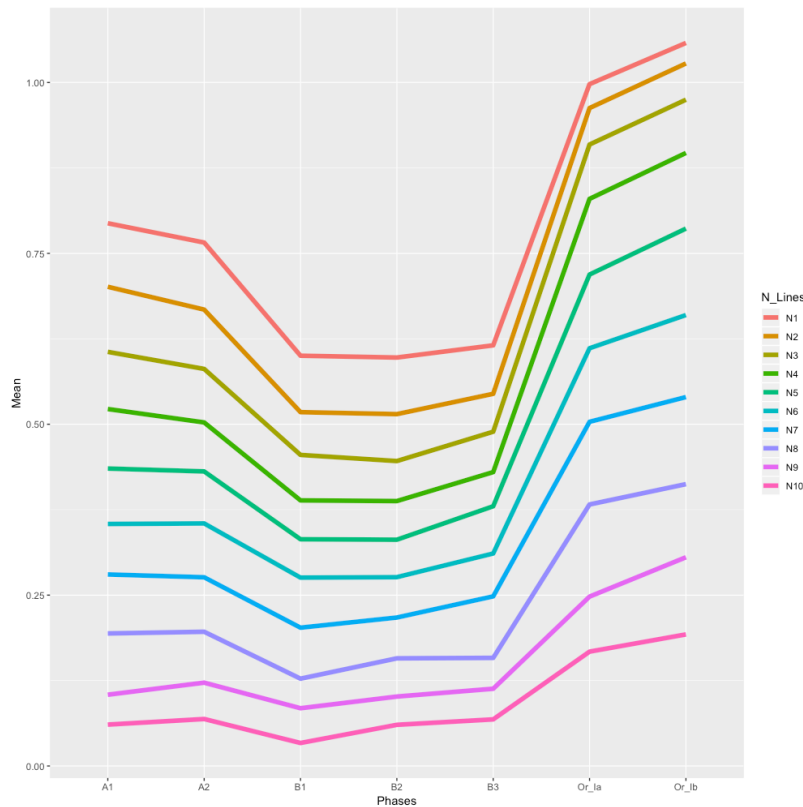


Fig. 12 Diachronic tendencies of the means of each N-Line (only the first 10 N-Lines are shown). The mean length of each line seems to decrease from the phase A to the phase B, whereas it stays steady during the phase B, and raises abruptly with the first Neolithic phase

the Middle Neolithic (Olalde et al. 2019). This shows that phylogenetic traces might continue at different scales long after their prevalence, regardless of the moment when the ancient traits were adopted. If this is applicable to cultural transmission and evolution is a path worth exploring. On the other hand, homoplasies are well known in ecological and archaeological literature (O'Brien & Lyman, 2003; O'Brien et al. 2014; Wiley et al. 1991). This could also be the case, showing convergence situations. However, S-curves proposed for the adoption

of innovation by cultural transmission, under homogeneous conditions (Steele 2009) are less applicable to stylistic traits, since their normal spread does not necessarily tend to its complete establishment on a population (1) or its complete disappearance (0) (O'Brien and Leonard 2001), partly because the forces operating on their evolutionary trends tend to be less steady than the ecological factors modelling functional traits. Hence, even though processes of convergence or homoplasy are not to be dismissed, they must be treated carefully. Lastly, we can consider the option of an initial common drift for the A Mesolithic Iberian groups and the Neolithic newcomers, that would be two groups of population coming from the same origin but evolving differently.

One last thing to be noted is that the results offered here apply only to the morphometric aspects of the pieces. Retouch, for example, has not been considered at this point in the study, yet we are aware of its importance for understanding cultural trends. More analyses are currently being developed. However, we believe that the results obtained so far have laid out an interesting path to follow, in order to understand the diachronic evolution of the geometric microliths, and how it can be used in different contexts and situations.

5. CONCLUSION

At this present paper we have focused on the study of temporal morphological variability of geometric microliths, and how we can apply that to different research questions, such as taphonomic problems. In doing so we have compared two main sites, one of which (Cueva de la Cocina) has been argued to represent

the development of a possible acculturation process (represented by Cocina C from Fortea's interpretation) of the last hunter-gatherers, and the other (Cova de l'Or) showing a *pure* Neolithic context, without Mesolithic sequence. Our results, showing an erratic behaviour of the morphometric variance of Cocina's phase C sample would reinforce the idea of percolations and taphonomic problems indicated in previous works in order to consider the hypothesis of a Mesolithic acculturation at the site (García-Puchol et al. 2018; Pardo-Gordó et al. 2018). Although more variables could be added to this study, we believe that the morphometric evolutionary patterns of the geometric microliths are explicit enough to take under consideration the possibility that Cocina's phase C would not respond to an actual archaeological phase, but to an archaeological context affected by severe post-depositional problems.

As for the other output received, the relationship between the Mesolithic phase A and the Neolithic, more research is needed in order to clarify its meaning. Three options have been offered -cultural resilience, convergence, or common origin-, but we are aware that they need further study in order to test its actual significance.

We have also seen two different approaches to the morphometric study of cultural variation, and how it can be applied to different research questions. One (GS) aimed to obtain specific univariate continuous/discrete measures in order to perform further studies. The other (GM) as a comprehensive method, based on continuous multivariate measures, with a well-developed and increasing theoretical and methodological framework, able to obtain specific results on a standalone basis. As is usually the case with theoretical and methodological tools, the use of one, the other, or both will depend mainly on the fundamental questions to be answered by the researcher.

Finally, this present paper provides an approach to the typometric evolution of the geometric microliths of the Late Mesolithic and the Early Neolithic in the Eastern Iberian Peninsula. Morphometry is not the only factor to be accounted for when studying stylistic trends (Shott 2015), but it is obviously an important one (Buchanan and Collard 2010). More work is on the way in order to refine present parameters, assumptions and methodology, and also to include new variables and sources of information. In any case, we believe to have introduced -or elongated- some questions, whose significance is worth exploring.

Acknowledgements:

We would like to thank the anonymous reviewers; whose comments greatly improved the quality of this work.

This research was financed by the Spanish Ministry of Economy, Industry and Competitiveness, grant HAR2015-68962-P (EVOLPAST): "*Evolutionary dynamics and patterns of cultural change among the last hunter-gatherers and the early Neolithic in the Eastern Peninsula (circa 7000-4500 cal BC)*", the Ministry of Science, Innovation and Universities, grant PGC2018-096943-B-C21: "*CHRONOEVOL: High resolution chronology and cultural evolution in the east of the Iberian Peninsula (circa 7000-4000 cal BC): a multiscalar approach*", and the Conselleria d'Educació, Cultura, Investigació i Esport de la Generalitat Valenciana, grant AICO2018-005: "*Globalización vs. Fragmentación cultural. Una evaluación del papel de la demografía durante la transición neolítica (c. 6500-200 a.C.)*" ACN is supported by MINECO pre-doctoral grant BES-2016-076578.

References:

- Adams, D. C., & Otárola-Castillo, E. (2013). Geomorph: An R package for the collection and data analysis of geometric morphometric shape data. *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 393–399.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J., & Slice, D. E. (2013). A field comes of age: geometric morphometrics in the 21st century. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*, 24(1), 7–14.
- Ammerman, A. J., & Cavalli-Sforza, L. L. (1984). *The Neolithic Transition and the Genetics of Populations in Europe*. New Jersey: Princeton University Press.
- Aura, J. E. (1995). *El Magdalenense Mediterráneo: La Cova del Parpalló*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica. Diputación Provincial de Valencia.
- Aura, J. E., Carrión Marco, Y., García-Puchol, O., Jardón, P., Jordá Pardo, J. F., Molina Balaguer, L., et al. (2006). Epipaleolítico-Mesolítico en las comarcas centrales valencianas. In A. Alday Ruiz (Ed.), *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular* (pp. 65–120). Vitoria-Gasteiz.
- Barandiarán, I., & Cava, A. (2000). A propósito de unas fechas del Bajo Aragón: Reflexiones sobre el Mesolítico y el Neolítico en la Cuenca del Ebro. *Spal. Revista de Prehistoria y Arqueología de la Universidad de Sevilla*, 9, 293–326.
- Barton, C. M. (1990). Beyond Style and Function: A View from the Middle Paleolithic. *American Anthropologist*, 92(1), 57–72.
- Barton, C. M. (1991). Retouched Tools, Fact of Fiction? Paradigms for Interpreting Paleolithic Chipped Stone. In Geoffrey A. Clark (Ed.), *Perspectives on the Past. Theoretical Biases in Mediterranean Hunter-Gatherer Research* (pp. 143–163). Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Bernabeu, J. (1996). Indigenismo y migracionismo. Aspectos de la neolitización en la fachada oriental de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 53(2), 37–54.
- Bernabeu, J., Aura, J. E., & Badal García, E. (1993). *Al Oeste del Edén: Las primeras sociedades agrícolas en la Europa mediterránea*. Madrid: Síntesis.
- Bernabeu, J., & Martí, B. (2014). The first agricultural groups in the Iberian Peninsula. In C. Manen, T. Perrin, & J. Guilaine (Eds.), *La transition néolithique en Méditerranée. Actes du colloque Transitions en Méditerranée, ou comment des chasseurs devinrent agriculteurs, Muséum de Toulouse, 14-15 avril 2011* (pp. 419–438). Presented at the La transition néolithique en Méditerranée, Paris: Éditions Errance / Archives d'Écologie Préhistorique.

- Bettinger, R. L., Boyd, R., & Richerson, P. J. (1996). Style, Function, and Cultural Evolutionary Processes. In H. D. G. Maschner (Ed.), *Darwinian Archaeologies* (pp. 133–164). Boston, MA: Springer US.
- Binder, D. (1987). *Le Néolithique ancien provençal Typologie et technologie des outillages lithiques*. Paris: Éditions du CNRS.
- Binder, D., Collina, C., Guilbert, R., Perrin, T., & García-Puchol, O. (2012). Pressure-Knapping Blade Production in the North-Western Mediterranean Region During the Seventh Millennium cal B.C. In M. Desrosiers (Ed.), *The Emergence of Pressure Blade Making: From Origin to Modern Experimentation* (pp. 199–217). Boston, MA: Springer US.
- Blades, B. S. (2003). End Scraper Reduction and Hunter-Gatherer Mobility. *American Antiquity*, 68(1), 141–156.
- Bonhomme, V., Picq, S., Gaucherel, C., & Claude, J. (2014). Momocs: Outline Analysis Using R. *Journal of Statistical Software*, 56(13), 1–24.
- Brown, K. S., Marean, C. W., Jacobs, Z., Schoville, B. J., Oestmo, S., Fisher, E. C., et al. (2012). An early and enduring advanced technology originating 71,000 years ago in South Africa. *Nature*, 491(7425), 590–593.
- Buchanan, B., & Collard, M. (2010). A geometric morphometrics-based assessment of blade shape differences among Paleoindian projectile point types from western North America. *Journal of Archaeological Science*, 37(2), 350–359.
- Buchanan, B., O'Brien, M. J., & Collard, M. (2014). Continent-wide or region-specific? A geometric morphometrics-based assessment of variation in Clovis point shape. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 6(2), 145–162.
- Clark, G. A., & Barton, C. M. (2017). Lithics, landscapes & la Longue-durée – Curation & expediency as expressions of forager mobility. *Quaternary International*, 450, 137–149.
- Claude, J. (2008). *Morphometrics with R*. New York: Springer-Verlag.
- Cortell-Nicolau, A. (2019). Geomeasure: GIS and Scripting for Measuring Morphometric Variability. *Lithic Technology*, 44(3), 153–165.
- Corti, M. (1993). Geometric morphometrics: An extension of the revolution. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(8), 302–303.

- Crema, E. R., Kerig, T., & Shennan, S. (2014). Culture, space, and metapopulation: a simulation-based study for evaluating signals of blending and branching. *Journal of Archaeological Science*, 43, 289–298.
- Criado Boado, F. (1981). Aportaciones al estudio de la economía megalítica: análisis de microdesgaste en instrumentos líticos. *Gallaecia*, 6, 197–295.
- Cristiani, E., Pedrotti, A., & Gialanella, S. (2009). Tradition and innovation between the Mesolithic and early Neolithic in the Adige Valley (northeast Italy). New data from a functional analysis of trapezes from the Gaban rock-shelter. *Documenta Praehistorica*, 36(0), 191–205.
- Dibble, H. L. (1984). Interpreting typological variation of middle paleolithic scrapers: function, style of sequence of reduction. *Journal of Field Archaeology*, 11, 431–436.
- Dibble, H. L. (1987). The Interpretation of Middle Paleolithic Scraper Morphology. *American Antiquity*, 52(1), 109–117.
- Diez-Castillo, A., Cortell-Nicolau, A., García-Puchol, O., & Escribá Ruiz, P. (2017). Entorno 3D para el análisis y la recreación virtual de las actuaciones arqueológicas en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia, España). *Virtual Archaeology Review*, 8(17), 75–83.
- Domingo, R. (2004). La funcionalidad de los microlitos geométricos en yacimientos del Bajo Aragón: los casos de Botiqueria dels Moros y Secans (Mazaleón, Teruel) y Costalena (Maella, Zaragoza). *Saldvie*, 4, 41–83.
- Domingo, R. (2005). *La funcionalidad de los microlitos geométricos: bases experimentales para su estudio*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Departamento de Ciencias de la Antigüedad.
- Domingo, R. (2009). Caracterización funcional de los microlitos geométricos. El caso del valle del Ebro. In P. Utrilla Miranda & L. Montes Ramírez (Eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica* (pp. 357–389). Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Domingo, R. (2012). Usos de los geométricos en el Neolítico del Valle del Ebro. *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5, 137–143.
- Dunnell, R. C. (1978). Style and Function: A Fundamental Dichotomy. *American Antiquity*, 43(2), 192–202.
- Edinborough, K., Crema, E. R., Kerig, T., & Shennan, S. (2015). An ABC of lithic arrowheads: A case study from southeastern France. In K. Brink, S. Hydén, K. Jennbert, L. Larsson, & D. Olausson

- (Eds.), *Neolithic diversities: Perspectives from a conference in Lund, Sweden* (Vol. 65, pp. 213–224). Lund: Acta Archaeologica Ludensia.
- Edwards, C. J., Suchard, M. A., Lemey, P., Welch, J. J., Barnes, I., Fulton, T. L., et al. (2011). Ancient Hybridization and an Irish Origin for the Modern Polar Bear Matriline. *Current biology*, 21(15), 1251–1258.
- Eerkens, J. W., & Lipo, C. P. (2007). Cultural Transmission Theory and the Archaeological Record: Providing Context to Understanding Variation and Temporal Changes in Material Culture. *Journal of Archaeological Research*, 15(3), 239–274.
- Felsenstein, J. (2004). *Inferring Phylogenies*. Sunderland (MA): Sinauer Associates, Inc.
- Finlayson, B., & Mithen, S. (1997). The Microwear and Morphology of Microliths from Gleann Mor. In H. Knecht (Ed.), *Projectile Technology* (pp. 107–131). New York: Springer Science-Business Media, LLC.
- Fischer, A., Hansen, P. V., & Rasmussen, P. (1984). Macro and Micro Wear Traces on Lithic Projectile Points. Experimental Results and Prehistoric Examples. *Journal of Danish Archaeology*, 3, 19–46.
- Fontana, F., Flor, E., & Duches, R. (2016). Technological continuity and discontinuity in the Romagnano Loc III rock shelter (NE Italy) Mesolithic series. *Quaternary International*, 423, 252–265.
- Forey, P. L., & Kitching, I. J. (2000). Experiments in coding multistate characters. In R. Scotland & R. T. Pennington (Eds.), *Homology and Systematics. Coding characters for phylogenetic analysis* (pp. 54–80). London-New York: Taylor & Francis.
- Fortea, J. (1973). *Los complejos microlaminares y geométricos del Epipaleolítico mediterráneo español*. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Fortea, J., & Martí, B. (1984). Consideraciones sobre los inicios del Neolítico en el Mediterráneo español. *Zephyrus*. <http://revistas.usal.es/index.php/0514-7336/article/view/4921>. Accessed 5 July 2017
- Fortea, J. (1971). *La Cueva de la Cocina. Ensayo de cronología del Epipaleolítico (Facies Geométricas)*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Fortea, J., Martí, B., Fumanal, P., Dupre Ollivier, M., & Pérez Ripoll, M. (1987). Epipaleolítico y neolitización en la zona oriental de la Península Ibérica. In J. Courtin, J. Guilaine, J.-L. Roudil, & J.-L. Vernet (Eds.), *Premières communautés paysannes en Méditerranée occidentale : Actes du*

- Colloque International du CNRS (Montpellier, 26-29 avril 1983)* (pp. 581–591). Paris: CNRS Éditions.
- Fumanal, P. (1978). Estudio sedimentológico de la Cueva de la Cocina, Dos Aguas (Valencia). *Saitabi: revista de la Facultat de Geografia i Història*, 28, 161–180.
- García-Puchol, O. (2005). *El proceso de neolitización en la fachada mediterránea de la península Ibérica. Tecnología y tipología de la piedra tallada* (Vol. 1430). Oxford: BAR International Series.
- García-Puchol, O., & Aura, J. E. (2006). *El Abric de La Falguera (Alcoi, Alacant). 8.000 años de ocupación humana en la cabecera del río Alcoi*. Alcoy: Diputación de Alicante-Ayuntamiento de Alcoy-Caja de Ahorros del Mediterráneo.
- García-Puchol, O., Diez-Castillo, A., McClure, S. B., Juan-Cabanilles, J., Pardo-Gordó, S., Cortell-Nicolau, A., & Escribá Ruiz, P. (2017). Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia) 2016: Intervención, metodología, resultados. *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 48, 191–195.
- García-Puchol, O., & Jardón, P. (1999). La utilización de los elementos geométricos de la Covacha de Llatas (Andilla, Valencia). *Recerques del Museu d'Alcoi*, 8, 75–87.
- García-Puchol, O., & Juan-Cabanilles, J. (2012). Redes tecnológicas en la neolitización de la vertiente mediterránea de la Península Ibérica: La producción laminar mesolítica y neolítica según los ejemplos de la cueva de la cocina (Dos Aguas, Valencia) y la Cova de l'Or (Beniarrés, Alicante). *Rubricatum: revista del Museu de Gavà*, 5, 145–154.
- García-Puchol, O., Mazzucco, N., Gibaja, J. F., & Juan-Cabanilles, J. (2014). Use-Wear Analysis of a Set of Geometric Projectils from the Mesolithic Context of Cocina Cave (Eastern Spain). In J. Marreiros, N. Bicho, & J. Gibaja (Eds.), *International Conference of Use-Wear* (pp. 213–224). Cambridge: Cambridge Scholar Publishing.
- García-Puchol, O., McClure, S. B., Juan-Cabanilles, J., Diez-Castillo, A., Bernabeu, J., Martí, B., et al. (2018). Cocina Cave revisited: Bayesian radiocarbon chronology for the last hunter-gatherers and first farmers in Eastern Iberia. *Quaternary International*, 472, 259–271.
- García-Puchol, O., McClure, S. B., Juan-Cabanilles, J., Diez-Castillo, A., & Pardo Gordó, S. (2015). Avance de resultados de los nuevos trabajos arqueológicos en Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia). Campaña de 2015. *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 47, 251–255.

- García-Puchol, O., Pardo-Gordó, S., Diez-Castillo, A., Cortell-Nicolau, A., Juan-Cabanilles, J., McClure, S. B., & Ramacciotti, M. (2018). Actuación arqueológica en los depósitos mesolíticos de Cueva de la Cocina (Dos Aguas, Valencia): valoración preliminar. *SAGVNTVM. Papeles del Laboratorio de Arqueología de Valencia*, 50, 249–254.
- García-Puchol, O., & Salazar-García, D. C. (Eds.). (2017). *Times of Neolithic Transition along the Western Mediterranean*. Springer International Publishing. //www.springer.com/gb/book/9783319529370. Accessed 7 December 2018
- García-Rivero, D. (2013). *Arqueología y Evolución. A la búsqueda de filogenias culturales*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones.
- 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., & Palomo, A. (2004). Geométricos usados como proyectiles. Implicaciones económicas, sociales e ideológicas en sociedades neolíticas del VI-IV milenio CAL BC en el Noroeste de la Península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 61(1), 81–97.
- Goldstein, S. T., & Shaffer, C. M. (2017). Experimental and archaeological investigations of backed microlith function among Mid-to-Late Holocene herders in southwestern Kenya. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9, 1767–1788.
- González Sainz, C. (1989). *El Magdaleniense Superior-Final de la región cantábrica*. Santander: Ed. Universidad de Cantabria.
- Guilaine, J. (2013). The Neolithic transition in Europe: Some comments on gaps, contacts, arrhythmic model, genetics. In E. Starnini (Ed.), *Unconformist Archaeology, Papers in honour of Paolo Biagi*. Oxford: Archaeopress.
- Haile, J., Froese, D. G., MacPhee, R. D. E., Roberts, R. G., Arnold, L. J., Reyes, A. V., et al. (2009). Ancient DNA reveals late survival of mammoth and horse in interior Alaska. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(52), 22352–22357.
- Hernández, H. H. (2015). ¿Reemplazo demográfico en el Neolítico europeo? El punto de vista de la Genética. *Estudios de Cuaternario*, 5, 111–140.

- Hiscock, P. (2002). Pattern and Context in the Holocene Proliferation of Backed Artifacts in Australia. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 163–177). Arlington (Vi): American Anthropological Association.
- Hurt, T. D., & Rakita, G. F. M. (2001). *Style and Function: Conceptual Issues in Evolutionary Archaeology*. Westport, Connecticut-London: Bergin & Garvey.
- Irving-Pease, E. K., Ryan, H., Jamieson, A., Dimopoulos, E. A., Larson, G., & Frantz, L. A. F. (2018). Paleogenomics of Animal Domestication. In C. Lindqvist & O. P. Rajora (Eds.), *Paleogenomics: Genome-Scale Analysis of Ancient DNA* (pp. 225-272). Basel: Springer.
- Jelinek, A. J. (1976). Form, function and style in lithic analysis. In C. E. Cleland (Ed.), *Cultural Change and Continuity* (pp. 19–34). New York: Academic Press.
- Juan-Cabanilles, J. (1985). El complejo epipaleolítico geométrico (Facies cocina) y sus relaciones con el Neolítico antiguo. *Sagvntvm*, 19, 9–30.
- Juan-Cabanilles, J. (2008). *El utillaje de piedra tallada en la Prehistoria reciente valenciana: Aspectos tipológicos, estilísticos y evolutivos*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica.
- Juan-Cabanilles, J., & Martí, B. (2007). La fase C del Epipaleolítico reciente: Lugar de encuentro o línea divisoria. Reflexiones en torno a la neolitización en la fachada mediterránea peninsular. *Veleia*, (24–25), 611–628.
- Kitching, I. J., Forey, P. L., Humphries, C. J., & Williams, D. M. (1998). *Cladistics. The theory and practice of parsimony analysis*. New York: Oxford University Press.
- Klingenberg, C. P. (2016). Size, shape, and form: concepts of allometry in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226(3), 113–137.
- Kohler, T. A., VanBuskirk, S., & Ruscavage-Barz, S. (2004). Vessels and villages: evidence for conformist transmission in early village aggregations on the Pajarito Plateau, New Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology*, 23(1), 100–118.
- Lechevalier, M. (1978). L'industrie lithique de Mehrgarh (Pakistan). *Paléorient*, 4, 307–318.
- Lechevalier, M. (1980). Les armatures de faucilles de Mehrgarh, Pakistan. Un exemple d'évolution d'un outillage spécialisé du VIe millénaire au milieu du IIIe millénaire av. J.C. *Paléorient*, 6, 259–267.
- Lewthwaite, J. (1986). The transition to food production: a Mediterranean perspective. In M. Zvevibel (Ed.), *Hunters in Transition. Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition to farming* (pp. 53–67). Melbourne: Cambridge University Press.

- Lo Vetro, D., & Martini, F. (2016). Mesolithic in Central–Southern Italy: Overview of lithic productions. *Quaternary International*, 423, 279–302.
- Longo, L., & Isotta, C. L. (2007). Trapezi simmetrici concavi: ricostruzione tecnologica e ipotesi di utilizzo dei complessi del Neolitico antico. *Rivista di Scienze Preistoriche*, LVII, 103–112.
- MacLeod, N. (2018). The quantitative assessment of archaeological artifact groups: Beyond geometric morphometrics. *Quaternary Science Reviews*, 201, 319–348.
- Marchand, G. (1999). *La Néolithisation de l'ouest de la France. Caractérisation des industries lithiques*. Oxford: Archaeopress.
- Marchand, G., & Perrin, T. (2017). Why this revolution? Explaining the major technical shift in Southwestern Europe during the 7th millenium cal. BC. *Quaternary International*, 428, 73–85.
- Martí, B., Pardo Ballester, R., & Segura Martí, J. M. (1977). *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante)* (Vol. 1). Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Martí, B., Pascual Pérez, V., Gallart Martí, M. D., López García, P., Pérez Ripoll, M., Acuña Hernández, J. D., & Robles Cuenca, F. (1980). *Cova de l'Or (Beniarrés-Alicante)* (Vol. II). Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.
- Mitteroecker, P., & Gunz, P. (2009). Advances in Geometric Morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36(2), 235–247.
- Neiman, F. D. (1995). Stylistic Variation in Evolutionary Perspective: Inferences from Decorative Diversity and Interassemblage Distance in Illinois Woodland Ceramic Assemblages. *American Antiquity*, 60(1), 7–36.
- O'Brien, M. J., Boulanger, M. T., Buchanan, B., Collard, M., Lyman, R. L., & Darwent, J. (2014). Innovation and cultural transmission in the American Paleolithic: Phylogenetic analysis of eastern Paleoindian projectile-point classes. *Journal of Anthropological Archaeology*, 34, 100–119.
- O'Brien, M. J., & Lyman, R. L. (2003). *Cladistics and Archaeology*. Salt Lake City: University of Utah Press.
- O'Brien, M. J., & Leonard, R. D. (2001). Style and Function: An Introduction. In T. D. Hurt & G. F. M. Rakita (Eds.), *Style and Function: Conceptual Issues in Evolutionary Archaeology* (pp. 1–24). Westport, Connecticut-London: Bergin & Garvey.

- Okumura, M., & Araujo, A. G. M. (2019). Archaeology, biology, and borrowing: A critical examination of Geometric Morphometrics in Archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 101, 149–158.
- Olalde, I., Mallick, S., Patterson, N., Rohland, N., Villalba-Mouco, V., Silva, M., et al. (2019). The genomic history of the Iberian Peninsula over the past 8000 years. *Science*, 363(6432), 1230–1234.
- Ollivier, M., Tresset, A., Frantz, L. A. F., Bréhard, S., Bălăşescu, A., Mashkour, M., et al. (2018). Dogs accompanied humans during the Neolithic expansion into Europe. *Biology Letters*, 14(10), 1–4.
- Pardo-Gordó, S., García-Puchol, O., Diez-Castillo, A., McClure, S. B., Juan-Cabanilles, J., Pérez Ripoll, M., et al. (2018). Taphonomic processes inconsistent with indigenous Mesolithic acculturation during the transition to the Neolithic in the Western Mediterranean. *Quaternary International*, 483, 136–147.
- Pericot, L. (1945). *La Cueva de la Cocina (Dos Aguas)*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia.
- Perrin, T. (2001). *Évolution du silex taillé dans le Néolithique haut-rhodanien autour de la stratigraphie du Gardon (Ambérieu-en-Bugey, Ain)*. Sciences de l'Homme et Société - Université de la Sorbonne, Paris.
- Perrin, T. (2005). Nouvelles réflexions sur la transition Mésolithique récent - Néolithique ancien à l'abri Gaban (Trento, Italie). *Preistoria Alpina*, 41, 89–146.
- Perrin, T. (2010). Potentialités de contacts entre mésolithiques et néolithiques dans le sud de la France. In T. Perrin, C. Manen, G. Marchand, P. Allard, D. Binder, & M. Ilett (Eds.), *Autour du Néolithique ancien - Les outils du changement : critique des méthodes (session H) Transitions, ruptures et continuité durant la Préhistoire, actes du XXVIIe Congrès préhistorique de France* (pp. 357–372). Les Eyzies: Société Préhistorique Française. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00927419>. Accessed 29 June 2019
- Perrin, T., & Binder, D. (2014). Le Mésolithique à trapèzes et la néolithisation de l'Europe sud-occidentale. In C. Manen, T. Perrin, & J. Guilaine (Eds.), *La transition néolithique en Méditerranée. Actes du colloque Transitions en Méditerranée, ou comment des chasseurs devinrent agriculteurs, Muséum de Toulouse, 14-15 avril 2011* (pp. 271–281). Presented at the La transition néolithique en Méditerranée, Paris: Errance et Archives d'Ecologie Préhistorique.

- Perrin, T., Marchand, G., Allard, P., Binder, D., Collina, C., García-Puchol, O., & Valdeyron, N. (2009). The late Mesolithic of Western Europe: origins and chronological stages. *Annales de la Fondation Fyssen*, 24, 160–176.
- Piras, P., Colangelo, P., Adams, D. C., Buscalioni, A., Cubo, J., Kotsakis, T., et al. (2010). The Gavialis–Tomistoma debate: the contribution of skull ontogenetic allometry and growth trajectories to the study of crocodylian relationships. *Evolution & Development*, 12(6), 568–579.
- Plisson, H., Dubreuil, L., & Guilbert, R. (2008). The functional significance of Sauveterrian microlithic assemblages: broadening the focus of investigation. In L. Longo & N. Skakun (Eds.), *Prehistoric Technology' 40 years later: Functional Studies and the Russian Legacy: Proceedings of the International Congress Verona (Italy), 20-23 April 2005* (pp. 147–156). Oxford: BAR International Series.
- R Core Team. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. www.rproject.org
- Ragan, K., & Buchanan, B. (2018). Assessing Collector Bias: A Geometric Morphometric Analysis of a Collection of Isolated Clovis Points from the Midcontinent. *Midcontinental Journal of Archaeology*, 43(2), 91–111.
- Reid, G., & Sidwell, K. (2002). Overlapping variables in botanic systematics. In N. MacLeod, P. L. Forey, & A. Warren (Eds.), *Morphology, shape and phylogeny* (pp. 53–66). London-New York: Taylor & Francis.
- Richter, T. (2007). A Comparative Use-Wear Analysis of late Epipalaeolithic (Natufian) chipped stone artefacts from the southern Levant. *Levant*, 39, 97–122.
- Rodríguez Alcalde, Á., Alonso, C., & Velázquez, J. (1995). Fractales para la Arqueología: Un nuevo lenguaje. *Trabajos de Prehistoria*, 52(1), 13–24.
- Rohlf, F. J., & Archie, J. W. (1984). A Comparison of Fourier Methods for the Description of Wing Shape in Mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Systematic Zoology*, 33(3), 302–317.
- Rohlf, J. F., & Marcus, L. F. (1993). A revolution morphometrics. *Trends in Ecology & Evolution*, 8(4), 129–132.
- Rozoy, J.-G. (1978). *Les derniers chasseurs. L'Épipaléolithique en France et en Belgique. Essai de synthèse*. Reims: Bulletin de la société archéologique champenoise.

- Sackett, J. R. (1982). Approaches to style in lithic archaeology. *Journal of Anthropological Archaeology*, 1(1), 59–112.
- Shennan, S. (2018). *The First Farmers of Europe: An Evolutionary Perspective*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shennan, S. J., & Wilkinson, J. R. (2001). Ceramic Style Change and Neutral Evolution: A Case Study from Neolithic Europe. *American Antiquity*, 66(4), 577–593.
- Shott, M. (2015). Theory in Archaeology: Morphometric approaches to the study of fluted points. In N. Goodale & W. Andrefsky Jr. (Eds.), *Lithic Technological Systems and Evolutionary Theory* (pp. 48–60). New York: Cambridge University Press.
- Silva-Gago, M., Fedato, A., Rios-Garaizar, J., & Bruner, E. (2019). A preliminary survey on hand grip and hand-tool morphometrics in three different stone tools. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 23, 567–573.
- Soto, A., Alday, A., Mangado, X., & Montes, L. (2016). Epipaleolítico y Mesolítico en la vertiente sur de los Pirineos desde la perspectiva de la industria lítica. *Munibe*, 67, 295–312.
- Steele, J. (2009). Innovation diffusion and travelling waves. In S. Shennan (Ed.), *Pattern and process in cultural evolution* (pp. 163–175). Berkeley-Los Angeles-Boston: University of California Press.
- Steele, J., Glatz, C., & Kandler, A. (2010). Ceramic diversity, random copying, and tests for selectivity in ceramic production. *Journal of Archaeological Science*, 37(6), 1348–1358.
- Straus, L. G. (2002). Selecting Small: Microlithic Musings for the Upper Paleolithic and Mesolithic Western Europe. In R. G. Elston & S. L. Kuhn (Eds.), *Thinking Small: Global Perspectives on Microlithization* (pp. 69–81). Arlington (Vi): American Anthropological Association.
- Thiele, K. (1993). The Holy Grail of the Perfect Character: the Cladistic Treatment of Morphometric Data. *Cladistics*, 9(3), 275–304.
- Thulman, D. K. (2012). Discriminating Paleoindian point types from Florida using landmark geometric morphometrics. *Journal of Archaeological Science*, 39(5), 1599–1607.
- Tixier, J. (1963). *Typologie de l'Épipaléolithique du Maghreb*. Paris: Centre du Recherches Anthropologiques, Préhistoriques et Ethnographiques.
- Torregrossa, P., Jover Maestre, F. J., & López Seguí, E. (2011). *Benàmer (Muro d'Alcoi, Alicante). Mesolíticos y neolíticos en las tierras meridionales valencianas*. Valencia: Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia. Diputación de Valencia.

- Utrilla, P., & Montes, L. (2009). *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica*. Zaragoza: Departamento de Ciencias de la Antigüedad-Universidad de Zaragoza.
- Vicent, J. M. (1997). The Island Filter Model Revisited. In M. S. Balmuth, A. Gilman, & L. Prados-Torreira (Eds.), *Encounters and Transformations. The Archaeology of Iberia in Transition* (pp. 1–14). Sheffield: Sheffield Academic Press.
- Vidal Encinas, J. M., Fernández Rodríguez, C., Prada Marcos, M. E., & Fuertes Prieto, M. N. (2008). Los hombres mesolíticos de La Braña-Arintero (Valdelugeros, León): Un hallazgo funerario excepcional en la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica. *Férvedes*, 5, 153–164.
- Wiens, J. J. (2001). Character Analysis in Morphological Phylogenetics: Problems and Solutions. *Systematic Biology*, 50(5), 689–699.
- Wiley, E. O., Siegel-Causey, D., Brooks, D. R., & Funk, V. A. (1991). *The compleat cladist. A primer of phylogenetic procedures*. New York: University of Kansas Museum of Natural History.
- Wurz, S., & Lombard, M. (2007). 70 000-year-old geometric backed tools from the Howiesons Poort at Klasies River, South Africa: were they used for hunting? *Southern African Humanities*, 19(1), 1–16.
- Zilhão, Joao. (1993). The Spread of Agro-Pastoral Economies across the Mediterranean Europe: A View from the Far West. *Journal of Mediterranean Archaeology*, 6(1), 5–63.
- Zilhão, João. (2014). Early prehistoric navigation in the Western Mediterranean: Implications for the Neolithic transition in Iberia and the Maghreb. *Eurasian Prehistory. Island Archaeology and the Origins of Seafaring in the Eastern Mediterranean*, 11(1–2), 185–200.
- Zvelebil, M. (Ed.). (1986). *Hunters in Transition: Mesolithic societies of temperate Eurasia and their transition into farming*. Melbourne: Cambridge University Press.