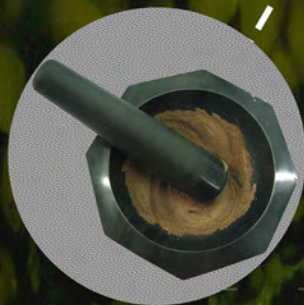
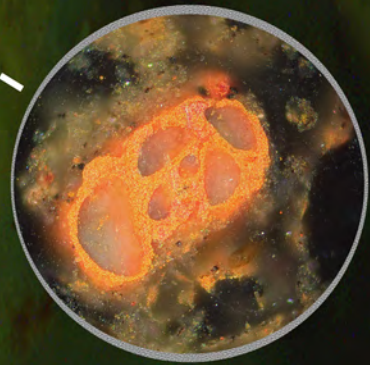
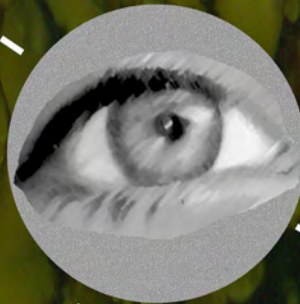
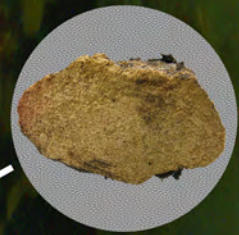


LAS COMUNIDADES HUMANAS EN LA TRANSICIÓN PLEISTOCENO-HOLOCENO EN EL ALTO VALLE DEL EBRO: UN ENFOQUE GEOARQUEOLÓGICO

HUMAN COMMUNITIES DURING THE PLEISTOCENE-HOLOCENE
TRANSITION IN THE UPPER EBRO VALLEY:
A GEOARCHAEOLOGICAL APPROACH



Tesis Doctoral
Arantzazu Jindriska Pérez Fernández

Director: Dr. Alfonso Alday Ruiz

Vitoria-Gasteiz 2017

Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología-Facultad de Letras
Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea

eman ta zabal zazu



**LAS COMUNIDADES HUMANAS EN LA TRANSICIÓN
PLEISTOCENO-HOLOCENO EN EL ALTO VALLE DEL EBRO:
UN ENFOQUE GEOARQUEOLÓGICO**

**HUMAN COMMUNITIES DURING THE PLEISTOCENE-HOLOCENE
TRANSITION IN THE UPPER EBRO VALLEY:
A GEOARCHAEOLOGICAL APPROACH**

TESIS DOCTORAL

Tesis para optar al grado de doctor internacional

Presentada por

Arantzazu Jindriska Pérez Fernández

Director:

Dr. Alfonso Alday Ruiz

Vitoria-Gasteiz, 2017

Departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología

Facultad de Letras



ÍNDICE

RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	15
AGRADECIMIENTOS.....	17
DEDICATORIA.....	21
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	23
1.1 Estado de la cuestión y Objetivos del Proyecto de Investigación.....	25
1.2 El enfoque geoarqueológico.....	29
1.3 Contexto del estudio: Micromorfología de suelos.....	32
1.4 Alto Valle del Ebro: Contextualizando los abrigos de Socuevas (Pobes, Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) y Atxoste (Vérgala, Álava).....	34
1.4.1 Localización geográfica.....	34
1.4.2 Geología.....	36
1.4.3 Paleoclimatología y paleovegetación.....	36
1.4.3.1 Paleoclimatología.....	38
1.4.3.2 Paleovegetación.....	40
1.4.4 Arqueología.....	44
1.5 Antecedentes sobre el estudio geoarqueológico en el Alto Valle del Ebro: Estado de la cuestión.....	46
CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA	49
2.1 Trabajo de campo.....	51
2.1.1 Selección y recogida de muestras.....	53

2.2 Trabajo de laboratorio.....	55
2.2.1 Preparación y pretratamiento de las muestras.....	56
2.2.2 Granulometrías.....	56
2.2.3 Difracción de Rayos X.....	57
2.2.4 Fluorescencia de Rayos X.....	59
2.2.5 Determinación de Carbono Orgánico (L.O.I.).....	59
2.2.6 Determinación de Nitrógeno y Carbono.....	60
2.2.7 Elaboración de láminas delgadas.....	60
2.2.8 Análisis Petrológico y Micromorfológico.....	62
2.2.8.1 Análisis Petrológico.....	62
2.2.8.2 Análisis Micromorfológico.....	63
2.2.9 Análisis y tratamiento de datos.....	70
CHAPTER 3: SOCUEVAS ROCK SHELTER (POBES, ÁLAVA).....	73
3.1 Introduction.....	75
3.2 Description and formation of the rock shelter.....	77
3.3 Geological context.....	81
3.4 Archaeological and chronological context.....	81
3.4.1 Archaeological context.....	81
3.4.2 Chronological context.....	88
3.5 Stratigraphic sequence.....	91
3.6 Geoarchaeological analysis: Results.....	96
3.6.1 Samples studied.....	96
3.6.2 Granulometries.....	99
3.6.3 X-Ray Diffraction.....	102

3.6.4 X-Ray Fluorescence.....	105
3.6.5 Determination of Organic Carbon and Nitrogen.....	106
3.6.6 Data Statistics: Principal Component Analysis.....	108
3.7 Micromorphological analysis: Results.....	112
3.7.1 Unit VII.....	116
3.7.2 Unit VI.....	119
3.7.3 Unit Vc.....	124
3.7.4 Unit Vb and Va.....	129
3.7.5 Unit III and II.....	133
3.8 Discussion.....	138
3.8.1 Characterization of the stratigraphic units of the site.....	138
3.8.2 Sedimentary formation processes of the site.....	145
3.8.2.1 Natural formation processes.....	145
3.8.2.2 Anthropogenic formation processes.....	147
3.8.2.3 Post-depositional processes.....	148
3.8.3 Controls and environmental changes in the archaeosedimentary record.....	150
3.9 Conclusions.....	152
CHAPTER 4: MARTINARRI ROCK SHELTER (OBÉCURI, TREVIÑO).....	155
4.1 Introduction.....	157
4.2 Description and formation of the rock shelter.....	159
4.3 Geological context.....	161
4.4 Archaeological and chronological context.....	163
4.4.1 Archaeological context.....	163

4.4.2 Chronological context.....	169
4.5 Stratigraphic sequence.....	174
4.6 Geoarchaeological analysis: Results.....	182
4.6.1 Samples studied.....	182
4.6.2 Granulometries.....	184
4.6.3 X-Ray Diffraction.....	189
4.6.4 X-Ray Fluorescence.....	197
4.6.5 Determination of Organic Carbon and Nitrogen.....	202
4.6.6 Data Statistics: Principal Component Analysis.....	206
4.7 Micromorphological and petrological analysis: Results.....	212
4.7.1 Unit 103.....	215
4.7.2 Unit 102.....	219
4.7.3 Unit 101 and 100.....	223
4.7.4 Unit B1.....	227
4.7.5 Unit B1 (MH-5).....	233
4.7.6 Petrological analysis.....	236
4.8 Discussion.....	241
4.8.1 Characterization of the stratigraphic units of the site.....	241
4.8.2 Sedimentary formation processes of the site.....	251
4.8.2.1 Natural formation processes.....	251
4.8.2.2 Anthropogenic formation processes.....	255
4.8.2.3 Post-depositional processes.....	256
4.8.3 Controls and environmental changes in the archaeosedimentary record.....	257
4.9 Conclusions.....	258

CAPÍTULO 5: EL ABRIGO DE ATXOSTE (VÍRGALA, ÁLAVA)	261
5.1 Introducción.....	263
5.2 Descripción y formación del abrigo.....	267
5.3 Contexto geológico.....	269
5.4 Contexto arqueológico y cronológico.....	269
5.4.1 Contexto arqueológico.....	271
5.4.2 Contexto cronológico.....	279
5.5 Secuencia estratigráfica.....	281
5.6 Análisis geoarqueológico: Resultados.....	286
5.6.1 Muestras estudiadas.....	286
5.6.2 Granulometrías.....	289
5.6.3 Difracción de Rayos X.....	291
5.6.4 Fluorescencia de Rayos X.....	294
5.6.5 Determinación de Carbono Orgánico y Nitrógeno.....	296
5.6.6 Datos estadísticos: Análisis de Componentes Principales.....	299
5.7 Análisis micromorfológico: Resultados.....	302
5.7.1 Nivel VIII.....	304
5.7.2 Nivel VIII y VIIc.....	308
5.7.3 Nivel VIIc.....	314
5.7.4 Nivel VII.....	320
5.7.5 Nivel VIIb2 y VIIb.....	325
5.7.6 Nivel VIIb y VIb2.....	330
5.7.7 Nivel VIb2 y VIb.....	334
5.7.8 Nivel VI y V.....	340
5.7.9 Nivel V y IV.....	345

5.7.10 Nivel IV y IIIb2.....	351
5.8 Discusión.....	358
5.8.1 Caracterización de los niveles estratigráficos del yacimiento.....	358
5.8.2 Procesos de formación sedimentarios del yacimiento.....	366
5.8.2.1 Procesos de formación naturales.....	366
5.8.2.2 Procesos de formación antropogénicos.....	368
5.8.2.3 Procesos post-deposicionales.....	370
5.8.3 Controles y cambios ambientales en el registro arqueosedimentario.....	372
5.9 Conclusiones.....	374
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....	377
6.1 Conclusiones.....	379
6.2 Consideraciones finales y perspectivas de futuro.....	387
6.2.1 Consideraciones finales.....	387
6.2.2 Perspectivas de futuro.....	388
APPENDIX.....	391
APPENDIX: CHAPTER 3.....	393
APPENDIX: CHAPTER 4.....	397
APPENDIX: CHAPTER 5.....	403
BIBLIOGRAFÍA.....	409-441

RESUMEN

El tránsito del Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro viene siendo durante las últimas décadas un periodo cuyo estudio está en auge, para su mejor comprensión. Además los continuos descubrimientos de asentamientos han sacado a la luz la importancia de este periodo aún muy desconocido. Entender mejor este periodo ha sido el objetivo primordial de esta Tesis Doctoral a través del análisis geoarqueológico en los yacimientos de Socuevas (Pobes, Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) y Atxoste (Vírgala, Álava). Conocer además la relación ser humano-medio ambiente es fundamental para el buen conocimiento de las sociedades pasadas. Comprender la evolución de esta relación puede aportar claves críticas para el futuro, por ejemplo a la hora de definir y caracterizar áreas y tipos de uso sostenible del terreno y/o materias primas. Del mismo modo, para la interpretación de la información paleoecológica, al igual que para la información arqueológica, también es de gran importancia un detallado conocimiento del contexto pedosedimentario y geomorfológico derivado de estudios geológicos. La Geoarqueología se erige por tanto, como una importante disciplina que contribuye al mejor conocimiento del impacto humano en el paisaje mediante el estudio de antiguos suelos y depósitos de sus áreas de ocupación.

Esta Tesis Doctoral parte de una perspectiva geoarqueológica, en la que se estudian los procesos de formación de sedimentos arqueológicos y su evolución en el tiempo de los yacimientos de Socuevas, Martinarri y Atxoste. En estos yacimientos arqueológicos además de los procesos de formación naturales, los grupos humanos que habitaron estos abrigo son fundamentales en su papel de agentes de sedimentación y de modificación de los sedimentos arqueológicos. De este estudio estratigráfico, sedimentológico y geoarqueológico se han extraído nuevos datos y todo ello ha permitido definir y distinguir información interesante sobre las condiciones y procesos arqueológicos y ambientales naturales.

Se presentan los resultados de la caracterización estratigráfica, sedimentológica y geoarqueológica realizada en los tres abrigo, mencionados anteriormente, a través de diferentes análisis: granulometrías, difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, determinación de Carbono Orgánico, determinación de Carbono y Nitrógeno y la lectura de láminas delgadas a través de la Micromorfología. La intensa secuencia estratigráfica de los refugio rocosos de Socuevas, Atxoste y Martinarri cubren el final del Pleistoceno y el Holoceno temprano y comprende el registro de las últimas sociedades magdalenienses y mesolíticas.

Este estudio tiene como objetivo establecer una arquitectura estratigráfica e identificar el tipo y las diferentes fuentes de estos sedimentos arqueológicos, lo que conduce a la mejor comprensión de la relación entre los seres humanos y su paleoambiente circundante.

ABSTRACT

The Pleistocene-Holocene transition in the Upper Valley of the Ebro has been during the last decades the focus of intensive research. The continuous discoveries of settlements have brought to light the importance of this still unknown period. The better understanding of this period has been the primary objective of this PhD through geoarchaeological analysis in the Socuevas (Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) and Atxoste (Vír gala, Álava) archaeological sites. Knowing also the human-environment relationship is fundamental for the good knowledge of past societies. Understanding the evolution of this relationship can provide critical keys for the future, for example, when defining and characterizing areas and types of sustainable land use and / or raw materials. In the same way, for the interpretation of paleoecological information, as well as for archaeological information, a detailed knowledge of the pedosedimentary and geomorphological context derived from geological studies is also of great importance. Geoarchaeology therefore stands as an important discipline that contributes to the better knowledge of the human impact on the landscape by studying ancient soils and deposits of their areas of occupation.

This PhD has a geoarchaeological perspective, in which the processes of formation of archaeological sediments and their evolution in the time of the deposits of Socuevas, Martinarri and Atxoste are studied. In these archaeological sites besides the natural formation processes, the human groups that inhabited these rock shelters are fundamental as agents of sedimentation and modification of the archaeological sediments. New data have been extracted from this stratigraphic, sedimentological and geoarchaeological study and all this has allowed to define and distinguish interesting information on natural archeological and environmental conditions and processes.

The results of the stratigraphic, sedimentological and geoarchaeological characterization carried out in the three rock shelters are presented through different analyses: granulometry, X-ray diffraction, X-ray fluorescence, determination of Organic Carbon, determination of Carbon and Nitrogen and the interpretation of the thin section through Micromorphology. An intense stratigraphic sequence constitutes the rocky refuges of Socuevas, Atxoste and Martinarri that cover the end of the Pleistocene and the early Holocene, which includes the record of the last Magdalenian and Mesolithic societies.

This study aims to establish a stratigraphic architecture, and to identify the type and the different sources of these archaeological sediments, which leads to a better understanding of the relationship between humans and their surrounding paleoenvironment.

AGRADECIMIENTOS

Tras un largo camino para sacar esta tesis adelante, lleno de sudor y de lágrimas pero también de aventuras, de alegrías y de sonrisas y de risas eternas...me enfrento al final, a este apartado en el que no me quiero olvidar de nadie y que me ha acompañado a lo largo de la tesis y de la vida. Todos vosotros habéis sido parte especial en mi vida y por eso os dedico estos años plasmados en este trabajo.

En primer lugar quiero agradecer a mi director de tesis Alfonso Alday por su apoyo incondicional en este proyecto, sus correcciones y sus aportaciones a lo largo de este recorrido. Por escogerme y confiar en mi a pesar de que no nos conocíamos casi. Por brindarme la oportunidad de vivir esta experiencia y crecer como investigadora así como de dejar que recogiera muestras de los yacimientos. Sin esa ayuda esta tesis no se podría haber realizado. Además de darme ánimos y consejos muy valiosos.

Al Dr. Eneko Iriarte Avilés especialmente le quiero agradecer toda la ayuda ofrecida estos años, en ser mi maestro en este campo.

Quiero agradecer a todos los laboratorios a los que he acudido y me han abierto las puertas a la hora de realizar todos los análisis: a la Universidad de Reading en Reino Unido (Departamento de Arqueología de la Escuela de Arqueología, Geografía y Medio Ambiente), a la Universidad de Tübingen en Alemania (Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie), a la Universidad de Burgos (Parque Científico Tecnológico), a la Universidad de Lleida (Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl) por la realización de las láminas delgadas (especialmente a Asier y a Judit) y a la Universidad del País Vasco (Laboratorio del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Facultad de Ciencias y Tecnología en Leioa y a la Facultad de Letras del Campus de Álava).

La realización de esta Tesis Doctoral ha sido gracias al apoyo económico recibido del Ministerio de Economía y Competitividad (HAR2011-26364) y a la Universidad del País Vasco, que además me han solventado todas mis dudas y problemas en todo momento.

Y en el terreno más personal...quiero agradecer:

A ti Lydia Zapata Peña, a mi "Mari Lydi". Todavía recuerdo aquel día que me recogiste en el *Patrol* cuando tenía 18 años e iba a excavar contigo en Baltzola. Los seis años siguientes seguimos excavando juntas ahí. Aún recuerdo las risas eternas contigo, tu bondad y tu alegría. Me diste todo en este camino y me viste crecer en el. De hecho me avisaste que Alfonso buscaba a alguien para hacer la tesis doctoral. Así que esta tesis es tan tuya como mía. Lo más bonito es que una persona te siga recordando a pesar de haberte ido y yo me acuerdo de ti siempre.

A ti Encar, mi segunda mitad. No sé ni por donde empezar para agradecerte todo. Hace diez años de nuestra amistad y ahí seguimos. Gracias por todo, por ser como eres.

A mis chicos de Cantabria (Aixa, Alex, Araceli y Zaira) por el apoyo que me habéis ofrecido y las risas constantes han hecho más llevadero este camino. Y a mis chicas de Baltzola. Los momentos que hemos vivido ahí y vuestra amistad no tienen precio.

A todos mis “Compis” que he conocido en el laboratorio del 1.18 A y a Maite Iris y a Marta Fernández. Día tras día ahí hemos estado, dándolo todo “como si no hubiera un mañana”. Las paredes de ese laboratorio y del comedor...han vivido mucho...risas, llantos, confidencias...os quiero agradecer muchísimo el estar ahí siempre y que habéis sido una parte fundamental en mi vida y en mi estancia en Vitoria. Dentro de esta parte fundamental estas tú Cristina. Nos conocemos desde hace diez años, en la carrera. Quién nos iba a decir que íbamos a acabar trabajando juntas estos años. Me has ayudado en todo, me has animado y siempre he tenido tu apoyo y amistad, gracias Cris.

A todo el equipo de excavación del yacimiento de Martinarri. Por su ayuda y su ánimo en todo momento.

A mis chicas Naroa y Blanca. Gracias por todo. Por estar ahí en este camino. Por las confidencias, las risas y los llantos. Gracias por hacerme más fácil esta andadura. Sois una parte muy especial en mi vida, este camino no hubiera sido el mismo sin vosotras.

A mis amigos de Olmedo que son mis amigos del “alma”. A mis chicas de Ballet. Hace 25 años que os conocí y con vosotras he conocido la amistad. Y a mis compañeros de Tango, que sin saberlo me han ayudado a despejarme y a evadirme de la tesis cada clase con ellos, gracias. A Elisa, mi “fusiña”. Te conocí en el Erasmus en 2007 y aún te recuerdo como el primer día que te conocí. Y a mis compis del Erasmus Ali, Naroa y Andraitz. A mis amigos de la carrera con los que he disfrutado y he reído tanto. Me habéis dado de los mejores años de mi vida. A mis amigas del Cole que tanto me han hecho reír y me hacen. A mi “Oh” por su amistad, por todos los años que he disfrutado viajando y riendo con ella. Por ser como es y que no cambie nunca. A toda la gente de Aspace que conocí aquella semana tan especial para mi.

A toda la gente que he ido conociendo en los diferentes Congresos que he acudido. Porque también me ha servido mucho a conducir o reconducir esta tesis.

A todos los profesores e investigadores del área de Prehistoria (Álvaro Arrizabalaga, Marcos García, Mari Jose Iriarte, Joxean Mujika y Javier Fernández Eraso) que me han ayudado y me han resuelto mis dudas durante este trayecto.

A las chicas del laboratorio de palinología “Lydia Zapata Peña”. Vuestra alegría contagia todo el pasillo. Las “pequeñas” escapadas que hacía a vuestro laboratorio me han servido de mucho. A Ana Polo, por sus consejos y su amabilidad en todo momento. A Martin Arriolabengoa y Arantxa Aranburu por la amabilidad que siempre me han ofrecido y que me ha servido de gran ayuda durante estos años. A Nuria Castañeira por el trabajo realizado en Atxoste y su ayuda. A Carlos Duarte, Mario Gutiérrez, a mis micromorfólogos y amigos. Gracias por todos estos años, por vuestra amistad y nuestras

risas en Congresos y eventos micromorfológicos. A Patricia Monteiro por su amistad y dulzura y nuestros grandes momentos en el Master.

A mis “jamelgas” de Reading. Que me han hecho pasar de los tres meses mejores de mi vida. Y a mis chicas de Reading micromorfológicas (Aroa, Mia y Georgia) por su ayuda constante cuando llegué a Inglaterra y su amistad. En especial a Aroa por luchadora y por su amabilidad constante. Also to Dr. Wendy Matthews for giving me the opportunity to be at the University of Reading and for helping me in everything.

To my friends in Tübingen (All members of the Thin Section Club) for your help. And especially to Melis and Ozgur for your special friendship, I miss you all the time. To Diogo and Raquel for helping when I arrived to Tübingen, for your friendship. To Dr. Christopher Miller for giving me the opportunity to be at the University of Tübingen and for helping me in everything and also to Dr. Bertrand Ligouis for your help and your advice that have helped me so much. En Tübingen conocí a una persona muy especial, Jadranka. Gracias por hacerme sentir como en casa esos cuatro meses y nuestras eternas charlas en el Neckarmuller, las recuerdo con mucho cariño.

A mi familia por estar siempre ahí apoyándome y especialmente a mi abuela Raquel. Gracias a ella soy parte de la persona que soy hoy en día. Porque me transmitió el disfrutar las pequeñas cosas de la vida y la dulzura de sus palabras.

A ti, que me has acompañado durante estos años. Porque me haces muy feliz y porque la vida ha querido que te encontrara y viviésemos nuestros “cuarteles de invierno”.

A mis padres y hermano. A mi hermano por estar ahí siempre que lo he necesitado, su ilusión, su mirada y sus abrazos siempre me han acompañado desde pequeña. Y por último a mis padres, por darme todo en esta vida, incluso la vida. Por enseñarme a pelear y a seguir mis sueños aunque estos fueran inalcanzables. El camino a vuestro lado es lo mejor que me podía haber pasado en la vida.

A todos vosotros, por ser parte de mi vida y ser mi vida, os quiero.

A vosotros: mamá, papá, hermanillo y Ruffo

A ti

“Ha servido para algo...al menos para mí” (Los Planetas, Segundo Premio)

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Estado de la cuestión y Objetivos del Proyecto de Investigación.....	25
1.2 El enfoque geoarqueológico.....	29
1.3 Contexto del estudio: Micromorfología de suelos.....	32
1.4 Alto Valle del Ebro: Contextualizando los abrigos de Socuevas (Pobes, Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) y Atxoste (Vírgala, Álava).....	34
1.4.1 Localización geográfica.....	34
1.4.2 Geología.....	36
1.4.3 Paleoclimatología y paleovegetación.....	36
1.4.3.1 Paleoclimatología.....	38
1.4.3.2 Paleovegetación.....	40
1.4.4 Arqueología.....	44
1.5 Antecedentes sobre el estudio geoarqueológico en el Alto Valle del Ebro: Estado de la cuestión.....	46

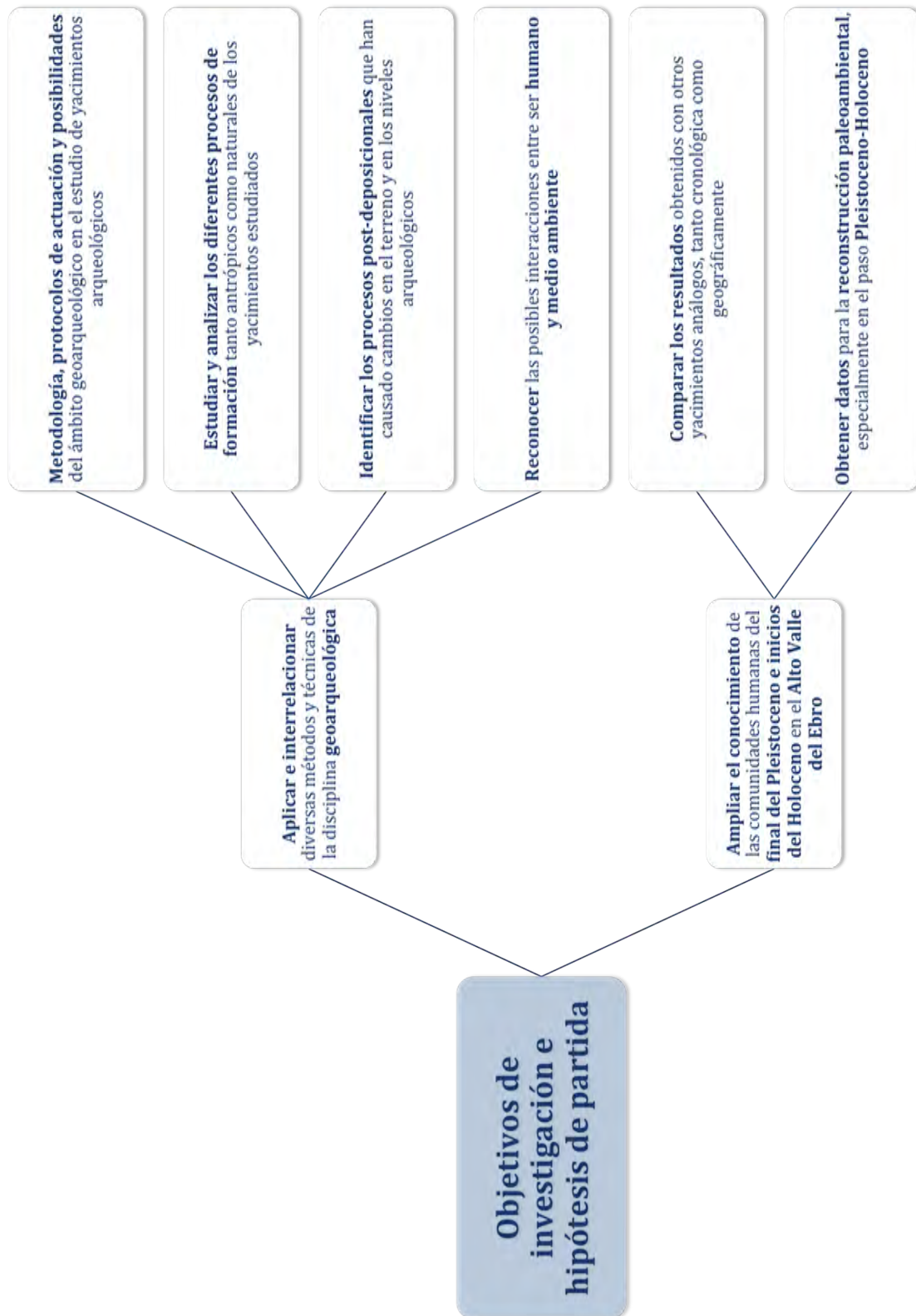


Figura 1 Esquema del planteamiento inicial de los objetivos de investigación e hipótesis de partida

1.1 Estado de la cuestión y Objetivos del Proyecto de Investigación

El final del Paleolítico es un periodo en el que se dan profundas transformaciones en numerosos aspectos, y está caracterizado por el desarrollo de nuevas dinámicas y actividades tanto humanas como ambientales. Los grupos de cazadores-recolectores se encuentran ante unas nuevas condiciones ambientales, progresivamente más cálidas y húmedas pero muy variables a falta de una progresión lineal. Desde el punto de vista arqueológico, en la región cantábrica dichos cambios se documentan, por ejemplo, en el agotamiento del ciclo artístico parietal, la progresiva regionalización de las poblaciones y los profundos cambios en los comportamientos técnicos y económicos: en las formas de caza, pesca y recolección o en los procesos de fabricación, gestión y uso de los utillajes (Alday, 1995). Durante casi todo el Paleolítico superior y debido al relativo rigor climático, se ve dificultado el asentamiento de grupos humanos en tierras altas del País Vasco, no logra una continuidad prefiriendo estos grupos establecerse en zonas más cercanas a la costa que, de hecho, conformará un refugio poblacional (Alday, 1995). Sin embargo la mejoría climática, llegado el Holoceno, contribuye a la exploración y ocupación por los últimos paleolíticos de las tierras más interiores, fenómeno común en diversos espacios europeos (Alday, 1995).

Los contextos y restos arqueológicos del Paleolítico superior estudiados en la zona del Alto Valle del Ebro son, por el momento, limitados y hace que sea difícil hacer una descripción e interpretación generalizada de las características culturales y ambientales para dicho periodo. No obstante, en las últimas décadas se va incrementando el conocimiento del final del Paleolítico gracias a la intervención de un mayor número de proyectos de investigación, así como al incremento de investigaciones multidisciplinarias (arqueología, palinología, carpología, sedimentología, traceología, etc.) (Alday, 1995).

Así, sabemos que desde inicios del Holoceno, entre 11.700 y 8.400 años cal BP (Jordá Pardo, 1995), en el Alto Ebro, se imponen los asentamientos de tipo abrigo bajo roca, asistiéndose a una especie de colonización del territorio por parte de, probablemente, nuevas comunidades humanas (Cortés *et al.*, 2012). Estos abrigos bajo roca están constituidos básicamente por una pared con un resalte rocoso que actúa de techo, generalmente poco desarrollado, y que a veces incluso está ausente debido a su colapso. Orientados al este o al sur y cercanos a ríos, ofrecerían cobijo a grupos humanos de tamaño pequeño-medio y seguramente de manera estacional, aunque algunos casos lleven a pensar que pasaban largas temporadas (Alday, 1995). En todos los casos estos emplazamientos conforman una red de puntos de control del territorio, así como puntos conectores del itinerario entre la vertiente cantábrica y la mediterránea y a lo largo de la Cuenca del Ebro.

Las comunidades que habitaron estos yacimientos, definidas como mesolíticas, cuentan con características propias y/o heredadas del final del Pleistoceno. Decidieron asentarse en estos abrigos bajo roca del Alto Ebro seguramente por el mejoramiento

del clima, lo que les hizo explorar y explotar la zona. La explotación de diversas fuentes de materias primas lleva a pensar que tenían un buen control del territorio y de sus posibilidades (Alday, 1995; Tarriño, 2004 y 2005 y Tarriño *et al.*, 2007). No sabemos si el incremento del número de asentamientos humanos, es debido al incremento también de la población humana, a la mejoría climática, al desarrollo de nuevas actividades económicas y culturales o a un cambio en las estrategias de poblamiento. Serán estos grupos humanos mesolíticos los que desarrollen cambios y estrategias de adaptación a una nueva realidad tanto climatológica como paisajística de inicios del Holoceno.

En los últimos veinte años se ha dado un progresivo aumento del conocimiento sobre los grupos humanos de finales del Magdaleniense y del Mesolítico en el Alto Valle del Ebro. Gracias a los intensos trabajos de campo, diversos estudios interdisciplinarios y avances metodológicos que se han dado en estas últimas décadas. Así se ha avanzado en el establecimiento de una evolución crono-cultural del periodo, así como en la caracterización de los patrones de poblamiento y de su economía (Alday, 2006a; Alday y Cava, 2009a; Cava *et al.* 2009; Soto, 2014 y Perales, 2015).

Por todo ello este proyecto de investigación de naturaleza eminentemente geoarqueológica (Fig. 1), se centra en yacimientos del tránsito Pleistoceno-Holoceno con el fin de complementar el conocimiento arqueológico del Alto Valle del Ebro. Y es que la Geoarqueología se ha convertido en las últimas décadas en una disciplina cuyo valor ha sido ampliamente reconocido por los investigadores que indagan el pasado del ser humano (Goldberg y Mcphail, 2006). Este hecho se ha debido a que los arqueólogos han ido adquiriendo un mejor conocimiento y una mayor concienciación del hecho de que los sedimentos y la estratigrafía aportan información fundamental sobre el contexto en el que se encuentran los artefactos y las estructuras que excavan.

Para la interpretación de la información paleoambiental, al igual que para la interpretación arqueológica, es de gran importancia el detallado conocimiento del contexto pedosedimentario y geomorfológico derivado de los estudios geoarqueológicos. La Geoarqueología se erige, por tanto, en una disciplina que, como viene demostrándose en los últimos años, contribuye al mejor conocimiento del impacto humano en el paisaje mediante el estudio de antiguos suelos (Fig. 2) y depósitos de sus áreas de ocupación.

En palabras de Gardner (1934): *“Prehistoric archaeology is so intimately bound with the physical and climatic conditions of the past that it demands the closest co-operation between the geologist and archaeologist”*.

Siguiendo este razonamiento, en este trabajo de investigación se plantea un estudio geoarqueológico integral de los niveles estratigráficos de tres yacimientos arqueológicos: los abrigo de Socuevas (Pobes, Álava), Martinarri (Obécuri, Álava) y Atxoste (Vírgala, Treviño) (Fig. 3), con el objetivo de aportar información respecto a los procesos de formación de los yacimientos y su contexto paleoambiental. Dicha

información complementa la ya obtenida durante el proceso de excavación, así como la de los diferentes estudios realizados (palinología, zooarqueología, carpología, etc.).

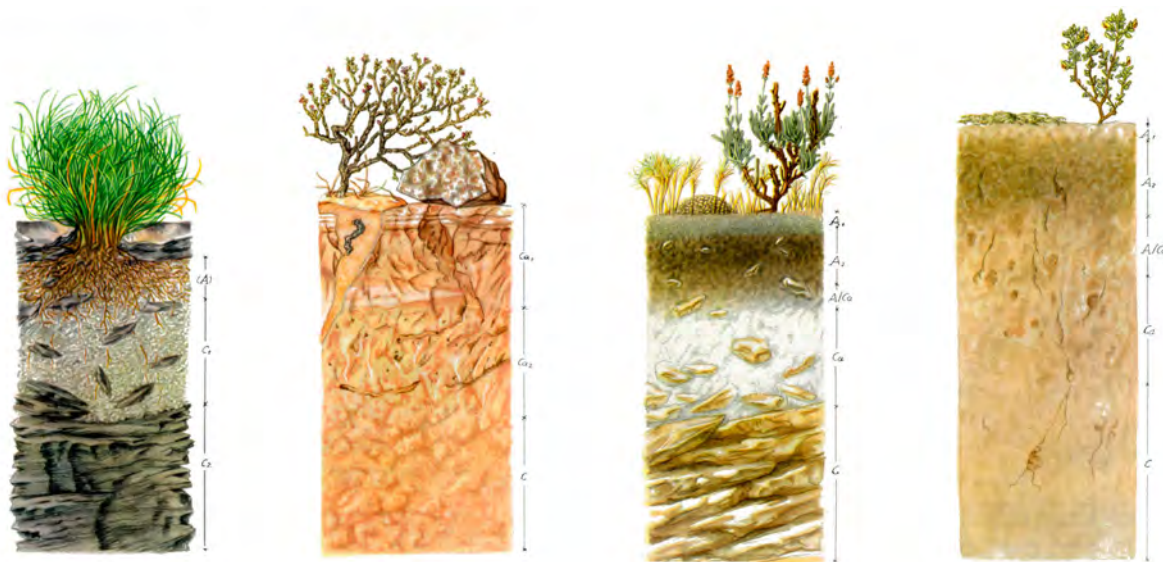


Figura 2 Dibujos de diferentes tipos de suelos realizado por Walter L. Kubiena (tomado de la web del Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC: www.ica.csic.es)

Las hipótesis de partida y los objetivos que han guiado las tareas investigadoras realizadas en este proyecto de investigación serían los siguientes:

- Aplicar e integrar diversos métodos y técnicas de la disciplina geoarqueológica con el resto de informaciones arqueológicas para completar el conocimiento de distintos yacimientos del tránsito Pleistoceno /Holoceno del Alto Valle del Ebro.
- Desarrollar y mostrar cual es la metodología, los protocolos de actuación y las posibilidades del ámbito geoarqueológico en el estudio de yacimientos arqueológicos.
- Estudiar y analizar los diferentes procesos de formación tanto antrópicos como naturales de los yacimientos estudiados.
- Identificar los procesos post-deposicionales que han causado cambios tafonómicos en los niveles arqueológicos y los materiales que contienen, y por tanto reflexionar sobre la integridad de los niveles sedimentarios.
- Reconocer las posibles interacciones entre ser humano y medio ambiente.

- Ampliar el conocimiento de las comunidades humanas del final del Pleistoceno e inicios del Holoceno en el Alto Valle del Ebro.
- Comparar los resultados obtenidos con otros yacimientos análogos, tanto cronológica como geográficamente.
- Obtener datos para la reconstrucción paleoambiental, especialmente en el paso Pleistoceno-Holoceno.
- Observar y definir la implicación de las comunidades humanas en el registro arqueológico.

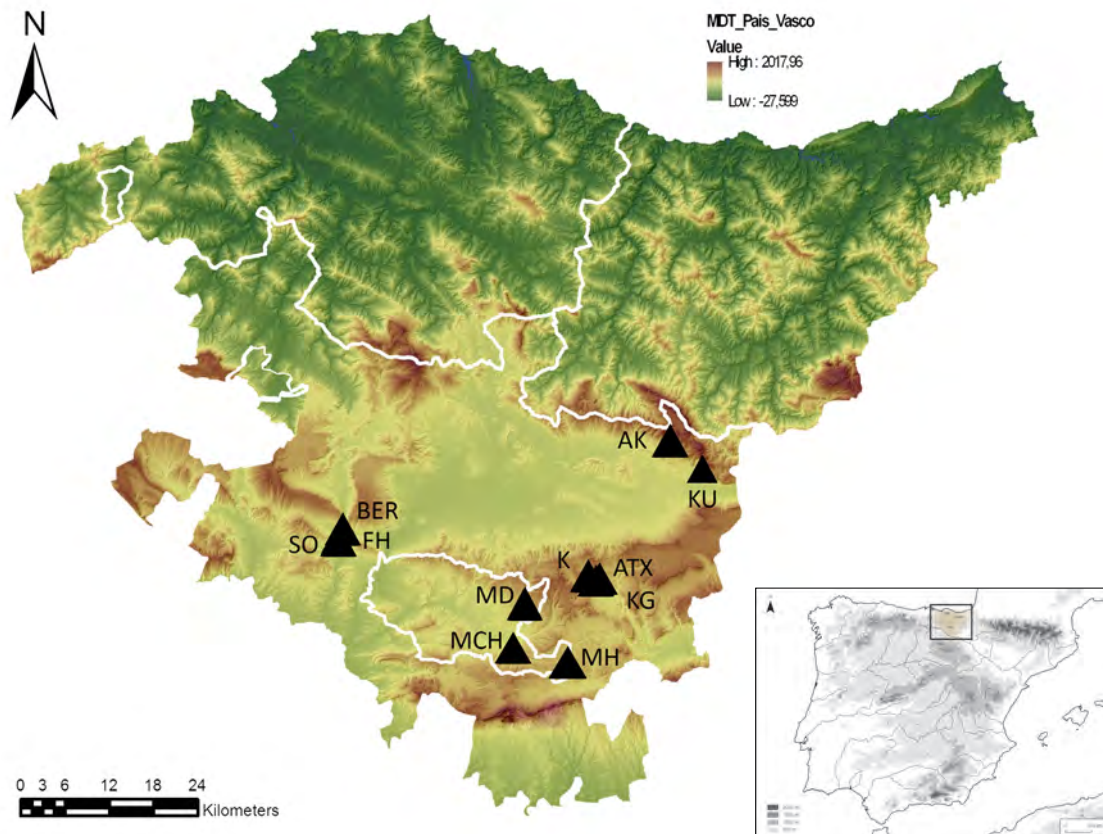


Figura 3 Mapa con la localización de los yacimientos estudiados y otros yacimientos con cronologías similares. SO: Socuevas, MH: Martinarri, ATX: Atxoste, BER: Berniollo, FH: Fuente Hoz, MD: Mendandia, MCH: Montico de Charratu, KG: Kanpanoste Goikoa, K: Kanpanoste, AK: Anton Koba y KU: Kukuma.

1.2 El enfoque geoarqueológico

La excavación arqueológica es la herramienta básica para conocer las sociedades prehistóricas y en las últimas décadas han surgido numerosos métodos de datación y diferentes especialidades que completan dichas excavaciones y rellenan huecos en el conocimiento de los grupos humanos prehistóricos. El registro arqueológico es objeto de análisis interdisciplinar, con temáticas de lo más amplias y de distinta naturaleza, que necesita de una aplicación de métodos y técnicas de diferentes áreas científicas (p.ej. palinología, carpología, geoarqueología, malacofauna, ictiofauna, antropología física, etc. (Polo, 2007)). Los protocolos de actuación en las excavaciones arqueológicas son cada vez más completos y rigurosos, recogiendo todo tipo de muestras e implicando a una larga serie de disciplinas e investigadores. Cada disciplina investigadora implicada no debe funcionar de manera aislada, al contrario, debe desarrollarse de manera conjunta con las demás especialidades y con todo ello buscar una estructura investigadora fuerte y sólida para reflejar la totalidad de la realidad de estas comunidades humanas prehistóricas. Hay que resaltar que los distintos datos analíticos (químicos, mineralógicos, palinológicos, carpológicos, genéticos, etc.) no sirven de mucho si no se implican en el contexto arqueológico de base.

La Geoarqueología tiene como objetivo final el conocimiento de la evolución de la relación ser humano-medio ambiente. Además aporta información fundamental a la hora de definir el impacto humano sobre el paisaje y/o el condicionamiento de las cambiantes condiciones ambientales sobre las poblaciones humanas mediante el estudio de distintos registros arqueosedimentarios y los paisajes o sistemas sedimentarios que los contienen. La Geoarqueología consiste, por tanto, en la aplicación de conceptos, técnicas y conocimientos propios de las Ciencias de la Tierra al estudio de los artefactos y de los procesos involucrados en la creación del registro arqueológico (Rapp & Hill, 1998).

El término “*Geoarqueología*” viene usándose desde 1970 para designar un conjunto de técnicas geológicas utilizadas en el estudio del registro arqueológico. Los orígenes y la etimología de *Geoarqueología*, además del desarrollo de su definición como disciplina *Geoarqueología versus geología arqueológica* pueden seguirse en Rapp, 1975; Butzer, 1982; Courty *et al.*, 1989; Rapp & Hill, 1998 o en Waters, 1992 (Goldberg y Macphail, 2006). Con el tiempo se han unificado los términos *geología arqueológica* o *arqueología geológica* en el de *Geoarqueología*, reconocida ya como una disciplina investigadora.

Uno de los pioneros de la disciplina, Colin Renfrew (1976:2) indicó que la naturaleza de la Geoarqueología es:

“This discipline employs the skills of the geological scientist, using his concern for soils, sediments and landforms to focus these upon the archaeological “site,” and to investigate the circumstances which governed its location, its formation as a deposit and its subsequent preservation and life history. This new discipline of geoarchaeology is primarily concerned with the context in which archaeological remains are found. And since archaeology, or at least prehistoric archaeology, recovers almost all its basic data by excavation, every archaeological problem starts as a problem in Geoarchaeology.”

Por lo que la Geoarqueología es practicada a diferentes escalas de estudio en las que la “función” del geoarqueólogo podría resumirse en la reconstrucción del complejo carácter estratigráfico, sedimentológico, geomorfológico, pedológico, etc. del registro arqueológico y del paisaje que le rodea y cómo ese medio interactúa con las ocupaciones humanas pasadas (Golberg y Macphail, 2006).

Las raíces como disciplina de la Geoarqueología se encuentran en el libro “Geoarchaeology: Earth Science and the Past” editado por Davidson y Shackley en 1976. Al mismo tiempo Renfrew (1976) acuñó el término de Geoarqueología en su prefacio, afirmando que *“cada problema arqueológico empieza como un problema en Geoarqueología”*. A partir de aquí son numerosas las referencias y autores que se refieren al término de Geoarqueología: Rapp y Gifford en 1985 en su libro “Archaeological geology”, Watters en 1992 con “Principles of Geoarchaeology: A North American Perspectives” y por último Rapp y Hill en 1998 con “Geoarchaeology. The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation”.

En realidad esta relación entre la arqueología y las ciencias de la Tierra está presente desde los inicios de la disciplina prehistórica, como lo reflejan distintos puntos de vista de la prehistoria, como cuando Mortimer Wheeler escribió que *“La Arqueología es cada vez más dependiente de una multitud de ciencias y se adapta cada vez más a la metodología de las ciencias naturales. Se apoya hoy sobre la física, química, geología, biología, economía, ciencias políticas, sociología, climatología, botánica...”* (Wheeler, 1954).

Hoy en día es habitual que los temas geoarqueológicos se publiquen en las revistas más especializadas y de mayor impacto, como *Geoarchaeology, Journal of Archaeological Science, Antiquity, Journal of Human Evolution, Journal of Sedimentary Research*, etc.

Han sido y son varias las ramas de enseñanza en torno a la práctica geoarqueológica, incorporándose la temática de las denominadas técnicas y métodos de Geociencias dentro del marco de las enseñanzas de la arqueología (Universidad del País Vasco, Universidad de Cantabria, Universidad de Granada, Universidad de Burgos, etc.). Así, el enfoque geoarqueológico es consustancial a muchos niveles de consulta arqueológica, y se utiliza principalmente para la prospección y la comprensión de

1. Introducción

procesos de formación de yacimiento y la identificación de los cambios en el paisaje a través del tiempo.

En un principio, las prácticas geoarqueológicas fueron desarrolladas por geólogos, geógrafos y edafólogos, pero actualmente es desarrollada también por investigadores provenientes de la historia y la arqueología (Golberg y Macphail, 2006), dividiéndose en tres corrientes fundamentales:

En Norteamérica el desarrollo de esta disciplina se dio de la mano de investigadores como Claude Albritton Jr., Kirk Bryan o Vance Haynes. Fueron de los primeros y más significativos investigadores en incorporar las Geociencias a la arqueología, aportando diferentes metodologías y abriendo un nuevo campo y nuevas perspectivas de estudio que desencadenaron avances significativos.

En Europa suelen señalarse dos corrientes fundamentales, la anglosajona y la francesa (Polo, 2007). Entre los años 30 y los 50 se desarrolló, en el Instituto Arqueológico de la Universidad de Londres, el estudio geológico de numerosos yacimientos arqueológicos del Pleistoceno y del Holoceno. En 1962 Dimbleby trabajó en la unión entre la arqueología y los estudios ambientales y produjo uno de los primeros estudios detallados de paleovegetación y de suelos de la Edad de Bronce en Inglaterra. Destacan también los trabajos realizados por Miskovski definiendo la evolución paleoambiental de diversas cuevas y abrigos prehistóricos a partir del estudio sedimentológico (Miskovski, 1974). Duchaufour estudió en diversas localidades francesas los cambios ambientales y su relación con la pedogénesis (Duchaufour, 1982). Tiempo antes, en los 50, François Bordes estudió el depósito y las características del loess y los paleosuelos en distintos yacimientos arqueológicos (Bordes, 1954). En menor grado, autores italianos también dejaron su impronta en el desarrollo de la Geoarqueología, así por ejemplo Vita-Finzi realizó distintos trabajos identificando factores tanto climáticos como antropogénicos como responsables de los rellenos sedimentarios de distintos valles mediterráneos (Vita-Finzi, 1969). Cremaschi en 1987 investigó la relación entre paleosuelos y la actividad humana (Golberg y Macphail, 2006).

La corriente anglosajona, está más dirigida al estudio geomorfológico y la petrografía sedimentaria, centrándose, por tanto, en el estudio de la evolución paleoambiental entorno a los yacimientos, así como en el establecimiento de patrones de ocupación de las regiones estudiadas, p. ej. Gladfelter (1977) y Davidson (1985) (Polo, 2007).

Actualmente, la Geoarqueología se rige por las pautas de esas corrientes geoarqueológicas, con rápidos avances metodológicos así como la incorporación de gran diversidad de especialistas que van cubriendo los huecos de conocimiento en el estudio del registro geoarqueológico.

1.3 Contexto del estudio: Micromorfología de suelos

Es obvio que los yacimientos arqueológicos son el testimonio básico que debe reconstruirse con diferentes disciplinas de la arqueología para poder reproducir con más o menos exactitud la realidad de los grupos humanos prehistóricos. Hemos señalado la Geoarqueología como una disciplina dentro de las Geociencias para complementar y, en algunos casos, completar los huecos que pueden dejar otras disciplinas científicas. Pero a veces con solo la recogida de muestras de sedimento para la realización de la descripción de color, textura, composición, granulometría, difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, etc. no es suficiente. Estas metodologías tanto de campo, como de laboratorio, solo responden a una serie de preguntas y desvirtúa la fábrica original del suelo y del sedimento, desvinculándose de su origen, alejándose del registro estratigráfico, haciendo que entre los datos que obtenemos tanto en los trabajos de campo como de laboratorio, a veces, no haya una correlación exacta (Solé, 1990).

La labor de mantener la conexión entre lo que vemos en el campo y lo que vemos en el laboratorio la podemos desarrollar a través de la técnica de la Micromorfología de suelos que fue certeramente definida por Stoops *"The study of soil and related materials in their undisturbed state at the microscopic level"* (Stoops, 2003).

Esta técnica analiza, con resolución microscópica, muestras de sedimento compactas, no disgregadas, buscando indicadores de los procesos por los que se formaron y evolucionaron los sedimentos estudiados. Tiene como fin contestar a preguntas específicas sobre procesos de formación tanto naturales como antrópicos. Las muestras micromorfológicas son extraídas del perfil arqueológico con cajas de diferentes tamaños y naturaleza dependiendo de las características del material muestreado. Posteriormente, las muestras son consolidadas con resina sintética, a menudo en condiciones de vacío (Murphy, 1986) como paso previo a la realización de láminas delgadas, que se cortan y pulen hasta dejarlas con un grosor de 30 micras. Para finalizar el proceso se coloca un porta cubriendo la muestra, excepto en el caso de que se quieran hacer otro tipo de análisis *a posteriori* (p. ej. geoquímicos, etc.). Acabada la elaboración de la lámina delgada, ésta se estudia mediante distintos tipos de microscopía, p. ej. óptica y electrónica.

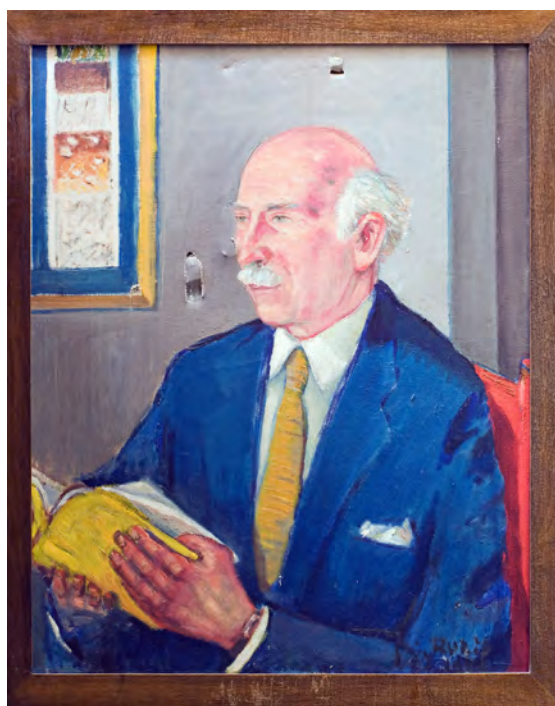
Podríamos decir que la Micromorfología estudia aquello que el "ojo desnudo" no observa, se traslada el estudio de los sedimentos arqueológicos al microscopio, para ver con más detalle la realidad estratigráfica. Permite, por tanto, la identificación e interpretación espacial de los diferentes componentes, y la relación cronológica de diversos procesos.

La Micromorfología es una técnica que nació para su aplicación al campo de la pedología y, en general, ha estado dirigida al estudio genético de los suelos. No obstante, también son numerosos los estudios micromorfológicos orientados a otros

objetivos: análisis de porosidad, de estructura, de evolución de suelos agrarios, etc.

Su vertiente geoarqueológica ha supuesto un importante avance en las investigaciones arqueológicas (p. ej. Courty *et al.*, 1989). La Micromorfología responde a preguntas tales como cuáles son los procesos de formación de las unidades arqueostratigráficas, cuáles son los efectos de las distintas actividades humanas sobre ellas, cuáles son las características de distintos depósitos antropogénicos, como son los efectos del fuego, cuáles son los procesos post-deposicionales que actúan sobre el registro arqueológico, etc. (Macphail *et al.*, 1994; Matthews, 1995; Matthews *et al.*, 1997a y Goldberg *et al.*, 2001).

Si bien las primeras referencias en este campo las podemos encontrar en el libro de Walter L. Kubiena (Fig. 4): “Micropedology”, de 1938, no es hasta 1958 cuando la micromorfología se aplica por primera vez en contextos arqueológicos. Como término lo encontramos en la obra de J. B. Dalrymple “The application of soil



micromorphology to fossil soils and others deposits from archaeological sites” de 1958. También tenemos la aplicación de la técnica de Micromorfología de suelos en el caso de Cornwall en 1958 en el Instituto Arqueológico de Londres (Golberg y Macphail, 2006). Es a partir de entonces cuando se encuentra detallada en la bibliografía la aplicación de la Micromorfología en el campo de la arqueología, suponiendo un notable avance en la Geoarqueología para solventar algunos de sus preguntas más comunes (Courty *et al.*, 1989; French, 2003).

Figura 4 Retrato de Walter L. Kubiena (tomado de la web del Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC: www.ica.csic.es)

Especialmente para responder a preguntas sobre usos y formación de distintos suelos, sedimentos y de paisajes, o la formación de distintos depósitos antropogénicos como los derivados del uso del fuego, etc. (Macphail *et al.*, 1994; Matthews, 1995; Matthews *et al.*, 1997b y Goldberg *et al.*, 2001).

En el contexto de la Península Ibérica existen varias líneas de investigación con cierta continuidad en el campo de la Micromorfología. Como ejemplos más significativos enumeramos algunos de los investigadores y sus principales líneas de investigación.

La Dra. Mercé Bergadá (Universitat de Barcelona) cuya línea de investigación se centra en el estudio de la actividad antrópica reflejada en el registro sedimentario Holoceno (Bergadá, 1997). También en Cataluña, la investigadora Dra. Marta Mateu (Universitat de Barcelona) se centra en el estudio de procesos de elementos constructivos de la Edad del Hierro (Mateu, 2013). Siguiendo en la región catalana la Dra. Rosa María Poch (Universitat de Lleida) desarrolla una importante actividad en el análisis de suelos (Poch, 1998). La Dra. Ana Polo (Euskal Herriko Unibertsitatea/Universidad del País Vasco), desarrolla una línea investigadora centrada en los materiales depositados en abrigos utilizados como rediles prehistóricos (Polo, 2010a). En el sur peninsular hay una gran tradición en estudios edáficos, que incluyen la micromorfología de suelos, llevadas a cabo por investigadores como el Dr. Carlos Dorronsoro (Universidad de Granada). En la Universidad de la Laguna, la Dra. Carolina Mallol con la aplicabilidad de la Micromorfología a sedimentos arqueológicos del Pleistoceno y el Holoceno, actualmente en relación al uso del fuego, y nuevos métodos para su análisis en láminas delgadas y sedimentos (FTIR, Fourier Transform Infrared Spectroscopy) (Mallol, 2002).

1.4 Alto Valle del Ebro: Contexto de los abrigos de Socuevas (Pobes, Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) y Atxoste (Vírgala, Álava)

En este apartado sintetizaremos los principales rasgos del área de estudio, el Alto Valle del Ebro, aportando datos básicos para su contextualización geográfica, geológica, climatológica, fitogeográfica y arqueológica.

La Cuenca del río Ebro presenta una gran heterogeneidad en las variables antes mencionadas debido, sobre todo, a su gran recorrido y extensión, así como a su dualidad climática tanto continental como mediterránea. Todo ello marca la personalidad del Alto Valle del Ebro, que condicionará, a su vez, las pautas de actuación y de participación de las comunidades humanas prehistóricas. En consecuencia, esta región se considerará como óptima en la búsqueda de recursos, así como un punto estratégico en el control de la región.

1.4.1 Localización geográfica

El Alto Valle del Ebro se localiza en el norte peninsular, constituyendo el tramo alto del valle fluvial (Fig. 5). El Alto Valle del Ebro abarca parte de Cantabria, Burgos, Álava, La Rioja, Navarra y parte de Aragón (Beguiristain, 1982). Los dos límites naturales

1. Introducción

de esta región son el Sistema Ibérico al Sur y los Pirineos al Norte, haciendo que la cubeta central del valle adquiera una forma de cuña.

Su límite al Este lo constituyen las líneas transversales que conforman los ríos Gállego y Huerva, en su confluencia con el Ebro más o menos a la altura de la ciudad de Zaragoza.

Y para el Oeste, los límites serán algo más complicados de señalar, aunque podríamos considerar como tal los relieves de los Montes Vascos y la Cordillera Cantábrica. Esta zona es de gran interés para este estudio, que como se verá a continuación, alberga varios de los yacimientos más significativos y que trataremos de forma específica a lo largo de la memoria (Borja-Simón, 1994).



Figura 5 Mapa con la localización de la Cuenca del Ebro (modificado de la web de la Confederación Hidrográfica del Ebro)

1.4.2 Geología

La forma triangular de la Cuenca del Ebro está delimitada por las Cordillera Costero-Catalana, los Pirineos y la Cordillera Ibérica. Su formación se produjo por el acercamiento de las placas Euroasiática y Africana, todo ello produjo una actividad tectónica muy intensa, y supuso el levantamiento de los Pirineos y la formación de cuencas sedimentarias tanto al norte como en el sur a lo largo del Oligoceno superior y el Mioceno inferior (Fig. 6). La creación de estas cordilleras promovió el relleno de las cuencas sedimentarias con materiales procedentes de su erosión (Soriano, 1989). Estructuralmente el valle está caracterizado por pliegues con orientación NO-SE en los que nos encontramos numerosas complicaciones tectónicas.

La Cuenca del Ebro a partir del Eoceno superior fue una continental endorreica. Ello causó que en las zonas próximas a los límites de los márgenes montañosos se depositaran sedimentos detríticos que van desde granulometrías gruesas a finas. Y en la zona central de la Cuenca del Ebro, más alejada de los márgenes montañosos, estuviese caracterizada por la presencia de lagos poco profundos, en los que se acumularon grandes espesores de evaporitas como carbonatos, yesos y otros minerales evaporíticos (Soriano,1989).

1.4.3 Paleoclimatología y paleovegetación

El Alto Valle del Ebro está situado en una zona estratégica, con una amplia variedad de ambientes, los cuales no pasaron desapercibidos para las comunidades humanas del final del Pleistoceno e inicios del Holoceno, y que hacen que esta región tenga una personalidad propia.

Gracias a los estudios arqueozoológicos, palinológicos, carpológicos, etc. que aportan mucha información sobre el contexto ambiental de finales del Pleistoceno y el comienzo del Holoceno y aportan también datos sobre el movimiento de poblaciones humanas así como su necesidad de utilizar nuevos biotopos para cubrir sus necesidades.

Esta tesis abarca un ámbito cronológico marcado por los últimos intervalos fríos del Tardiglaciario y el atemperamiento del clima del inicio del Holoceno, cubriendo culturalmente los últimos vestigios del Magdaleniense y las primeras comunidades humanas del Mesolítico.

1.4.3.1 Paleoclimatología

El final del Pleistoceno viene marcado por el retroceso de los grandes hielos tras la última fase fría (GI-1 corresponde a la cronología de 14.6–12.9 cal ka BP). Este periodo se caracteriza por una importancia relevante por el cambio de los diferentes ecosistemas acuáticos así como los terrestres. En consecuencia, y en el aspecto arqueológico también se dió, una reorganización cultural después de la etapa postglacial (Lowe y Hoek, 2001; Aura *et al.*, 2011; Straus, 2011; Utrilla *et al.*, 2012a; Moreno *et al.*, 2014 y Aranbarri, 2016).

Se trata de un periodo donde hay un continuo incremento de la masa forestal así como una expansión de la fauna. El sistema geomorfológico terrestre se modificaba por la paulatina subida del nivel del mar, la retirada de los glaciares así como la revitalización fluvial (Aranbarri, 2016).

El periodo de transición del Pleistoceno-Holoceno viene marcado por la última fase fría del Pleistoceno, el *Younger Dryas* (GS-1, 12.9–11.7 cal ka BP). Un periodo corto de tiempo de enfriamiento del clima volvería tras ese mejoramiento de las temperaturas (Berganza, 2005), habiendo primero un periodo seco y progresivamente un aumento de la humedad. Los diversos estudios realizados, y más en concretamente la microfauna, muestra estas etapas en el *Younger Dryas* en diversos registros arqueológicos, como es el caso del yacimiento de Laminak II (Berriatua, Bizkaia) (Peman, 1994). Se define por tanto como una fase fría y árida cuyas consecuencias quedan reflejadas en el registro hidrológico (Moreno *et al.*, 2010; Bartolomé *et al.*, 2015 y García-Ruiz *et al.*, 2016), de vegetación (Peñalba *et al.*, 1997; Muñoz-Sobrino *et al.*, 2013 y Iriarte- Chiapusso *et al.*, 2016) y faunístico (Sommer *et al.*, 2014) de la Península Ibérica.

A pesar de ello los últimos grupos cazadores-recolectores no parecen, *a priori*, estar significativamente afectados ni por la mejoría climática del GI-1 ni tampoco por el retorno del enfriamiento durante el GS-1 (Montes *et al.*, 2016).

Aunque hay un progresivo aumento del estudio de estos eventos climáticos aún quedan huecos en la investigación, por lo que no pueden ser profundizadas en detalle para el área estudiada. El *Younger Dryas* ha dejado una impronta relevante en el registro polínico de diferentes áreas (Muñoz-Sobrino *et al.*, 2013) (Fig. 7). Hay un gran número de secuencias que reflejan una esterilidad polínica a consecuencia de diversas fases de desecación parcial o total (Vegas *et al.*, 2010). La intensificación del viento así como el restablecimiento de condiciones áridas, vinculados a procesos de deflación eólica, dejó su impronta en los registros de saladas del Valle Central del Ebro (Aranbarri, 2016 y González- Sampérez *et al.*, 2008).

En el área mediterránea continental se ha observado una casi nula repercusión en el paleoambiente del *Younger Dryas*. A penas existe un registro en el estudio palinológico

con una marcada respuesta vegetal al aumento del estrés climático (Aranbarri, 2016).

El inicio del Holoceno (11.7 cal ka BP) viene marcado en la paleoecología europea como un periodo más húmedo y térmico que el actual. En ella los bosques caducifolios alcanzan su máxima extensión a nivel continental (Brewer *et al.*, 2002; Petit *et al.*, 2002 y Davis *et al.*, 2015).

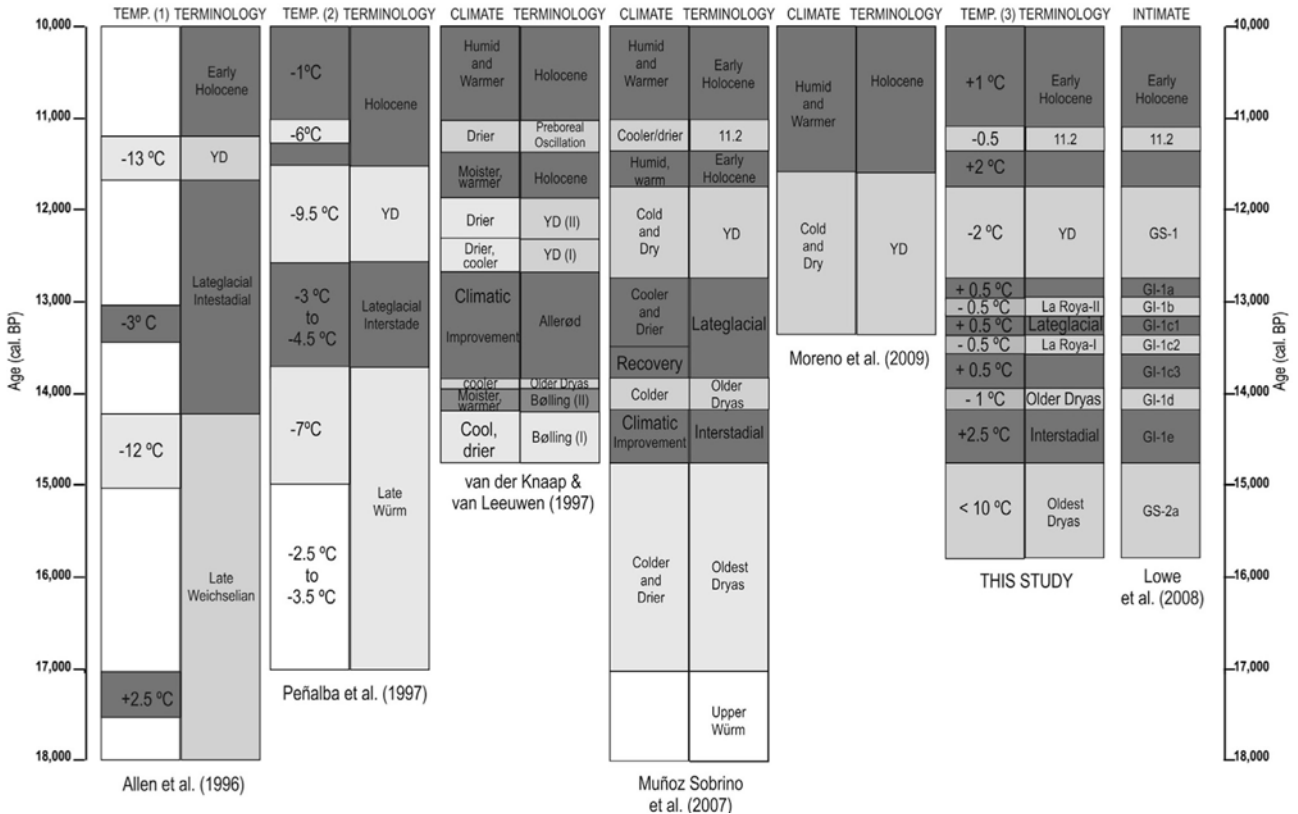


Figura 7 Dinámica del clima en el NO peninsular durante la última fase del Máximo Glacial y el Tardiglacial (a partir de Muñoz-Sobrino *et al.*, 2013)

Sin embargo, existe un asincronismo paleobiogeográfico en cuanto a la zona mediterránea. El gran aumento arbóreo y los cambios de humedad, que caracterizan al Continente europeo, no se hacen visibles en la zona mediterránea hasta varios milenios después. Los valores extremadamente altos de coníferas, junto con la persistencia a largo plazo de xerófitos como *Artemisia*, *Helianthemum* u otros heliófitos y la escasa presencia de árboles templados, definen la aparición del Holoceno tanto en tierras bajas como altas (Pérez-Sanz *et al.*, 2013). En cambio, en el sitio más occidental, un cambio rápido en las frecuencias de *Betula* y *Corylus* corresponde al conocido patrón de desarrollo de la vegetación atlántica, lo que sugiere un rápido aumento en las condiciones de temperatura y humedad (González-Sampériz *et al.*, 2017). Todas

estas perturbaciones climáticas repercutirán en la subsistencia de los últimos grupos de cazadores-recolectores, representado un momento crucial en el que tuvieron que transformar sus estrategias de subsistencia. La explotación del medio en el que se sitúan estas comunidades humanas, así como las dinámicas de ocupación del territorio cambiaron progresivamente al instaurarse la mejora climática del inicio del Holoceno.

Esta mejoría climática se verá interrumpida por el evento climático 8,2 ka BP, caracterizado por condiciones áridas, estacionalidad, frío y deforestación durante el Mesolítico en la Cuenca del Ebro. En la última década diversas investigaciones interdisciplinares, directamente relacionadas con este evento, han sido llevadas a cabo. A pesar de que no se ve reflejado en todos los registros sedimentarios y palinológicos, tenemos constancia de este evento en diversos yacimientos arqueológicos y depósitos naturales. Respecto a la Cuenca del Ebro se menciona en Gonzalez-Samperiz *et al.*, 2009; Utrilla *et al.*, 2012b y García Martínez de Lagrán *et al.*, 2015. En el caso del yacimiento de Artusia (Unzué, Navarra) el estudio tobáceo y botánico ha revelado unas condiciones climáticas áridas así como una deforestación más extrema durante este evento climático. Este evento también ha sido identificado a partir de registros polínicos tanto en depósitos arqueológicos como naturales (Iriarte-Chiapusso, 1998 y Pérez-Díaz, 2012).

El siguiente periodo dio paso al denominado Optimo Climático del Holoceno comprendido cronológicamente entre 8000-5000 calBP (Carrión *et al.*, 2010; Pérez-Obiol *et al.*, 2011 y Sadori *et al.*, 2011). Esta fase se caracteriza por la expansión del paisaje mediterráneo favorecido por las buenas condiciones climáticas. Ello propició el avance de las actividades económicas y el aumento demográfico característico de las sociedades neolíticas (Roberts *et al.*, 2011).

1.4.3.2 *Paleovegetación*

Los cambios climáticos, tanto de temperatura como de humedad, tuvieron su reflejo en la cobertura vegetal de esta región.

Pocos son los estudios palinológicos, carpológicos y de fitolitos de los que disponemos en esta región del Alto Valle del Ebro, pero poco a poco podemos hacer una aproximación de cuál era el entorno vegetal de estos grupos humanos del final del Magdaleniense y del Mesolítico. El marco cronológico y la evolución del paisaje vegetal será fundamental en el aprovechamiento que hacen estos grupos humanos del espacio vegetal. En los periodos fríos se pueden encontrar bosques, en general, dominados por especies predominantes de coníferas. En periodos cálidos, aumentaría la proporción y la extensión de los bosques caducifolios (avellano y roble).

El *Younger Dryas* supone una vuelta al clima frío, por un corto periodo de tiempo,

1. Introducción

y continuidad de la humedad. Ello causa una disminución de los árboles, manteniéndose especies como la encina y el avellano, indicadores de que las temperaturas no debían ser muy rigurosas. Se han recuperado en este momento de transición también carbones del género *Quercus* o *Castanea sativa* en Laminak II (Berriatua, Bizkaia) (Uzquiano, 1994).

Los diversos estudios antracológicos y palinológicos realizados en varios yacimientos en el País Vasco (p. ej. Laminak II (Berriatua, Bizkaia), cueva de Arenaza I (Galdames, Bizkaia), cueva de Ekain (Zestoa, Gipuzkoa), cueva de Berroberría (Urdax, Navarra), cueva de Zatoya (Abaurrea, Navarra), abrigo de Kanpanoste Goikoa (Álava), Mendandia (Sáseta, Treviño), Kukuma (Araia, Álava) y el yacimiento al aire libre de Berniollo (Subijana- Morillas, Álava)), con vestigios de este momento transicional del Pleistoceno-Holoceno, indican que en esta transición hay un incremento de helechos representativo de condiciones húmedas. A su vez hay un aumento de taxones arbóreos, observándose el pino con alisos, con la dominancia de robles, avellanos y abedules (Michéle Dupré, 1992; Anais Boyer-Klein, 1987; Sebastián Pérez Díaz, 2012; Lydia Zapata Peña, 2007 y Maria José Iriarte, 2007a).

Para la transición Pleistoceno-Holoceno la utilización de hogueras en las cuevas y abrigos nos da información de la clase de árboles que aprovechaban los grupos humanos. A pesar de que en los hogares hay una abundante presencia de carbones en taxones caducifolios, la especie más representada es el pino (Mendandia (Álava)) (Zapata y Peña-Chocarro, 2005a). Los grupos humanos de este momento tendrán control de su entorno y la masa arbórea no pasará desapercibida para estos grupos y tampoco sus inminentes cambios. El principal combustible utilizado será la madera de roble, rosáceas espinosas o el pino. Como alimento de estos grupos cazadores-recolectores se documenta en el registro palinológico las bellotas, pomos de manzana y avellanas (Iriarte *et al.*, 2007b).

No existen muchos estudios de polen y carbones en la región del Alto Valle del Ebro y más concretamente en estos periodos de finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno. Por lo que las reconstrucciones del paisaje vegetal anteriores propuestas para el País Vasco suponen una aproximación a la región estudiada.

Se dispone para la zona del Alto Valle del Ebro de estudios en los casos de la cueva de Kukuma (Araia, Álava), Kanpanoste y Kanpanoste Goikoa (Vírgala, Álava), Los Husos I (Elvillar, Álava), Peña Larga (Cripán, Álava) y Mendandia (Sáseta, Treviño). Las asociaciones de taxones reconocidos en cada uno de los yacimientos son muy similares en todos los casos. En el 8000 BP la cubierta vegetal estaría compuesta principalmente por *Corylus*, *Pinus*, *Quercus* caducifolio tp., *Tilia*, *Alnus* y *Betula* y destaca en el mundo herbáceo-arbustivo el *Ericaceae* (Iriarte *et al.*, 2007b). Dentro de los macrorestos carbonizados los dos taxones que se han analizado y encontrado por el momento son el *Corylus*, *Pinus* (en el yacimiento de Mendandia, aunque no es un taxón habitual), *Quercus* caducifolio tp (Zapata, 1997). Es difícil hacer una estimación final para este momento y esta región debido a la escasez de restos de pólenes y carbones, ya sea

por la mala conservación o por la no recogida de muestras, aunque poco a poco se van completando estos estudios.

Con el mejoramiento del clima de inicio del Holoceno, se documenta un periodo húmedo y se da un atemperamiento del clima, recuperándose una mayor cantidad de masa arbórea. Los grupos humanos post-paleolíticos desarrollaron su actividad y vida en el Holoceno, en el que viven una mejora progresiva de las condiciones climáticas hasta habitar en condiciones climáticas similares a las actuales. Los paisajes van cambiando progresivamente también, hay una continua implantación de masas boscosas, con especies caducifolias como el avellano y el roble, a las que acompañan *Pinus s.*, *Alnus*, *Betula*, *Quercus t. Robur* y *Tilia* (Iriarte, 1998). El pino parece tener un papel importante en yacimientos situados a cierta altura. A menor altitud predominaba el avellano. Los bosques tienden a compartimentar el territorio ofreciendo nuevos aprovisionamientos de alimentos a los grupos humanos. El paisaje, de cualquier modo, sería factor importante a la hora de organizar el territorio debido a sus posibilidades alimenticias.

Los estudios palinológicos realizados para la primera mitad del Holoceno viene permitiendo, para la región, la realización de una reconstrucción parcial de la evolución paisajística. Para la fase mesolítica de muescas y denticulados contamos con los estudios de pólenes y esporas de Kanpanoste, Kanpanoste Goikoa (Vírgala, Álava) y Mendandia (Sáseta, Treviño). Ocupando el mismo rango cronológico se encuentran las lecturas obtenidas en Peña de Marañón (Marañón, Navarra), Zatoya (Abaurrea, Navarra) y Aizpea (Aribe, Navarra), complementadas con los trabajos realizados en la turbera de Belate (Narvarte, Navarra).

En Kanpanoste se han restringido muchas de las determinaciones por la mala conservación de los pólenes (Sánchez Goñi, 2004). Aún así se ha podido realizar una estimación de los resultados. Podemos hablar de un ambiente forestal mixto de frondosas. Queda reflejado un claro dominio del avellano (42% del estrato arbóreo) y el *Quercus* (26%). También aparecen especies como *Alnus*, *Betula* y *Ulmus*. Además se ha identificado la alta representatividad del pino (7,4 %).

En Mendandia se han observado los mismos problemas de conservación. A pesar de ello algunas de las muestras analizadas dieron datos palinológicos con valores satisfactorios por la variedad de árboles y plantas identificadas (Iriarte, 2006). Se observa un aumento de la cobertura forestal. Es aquí donde el pino va perdiendo importancia a favor del avellano y del *Quercus*. Ello es debido a un aumento de la temperatura y de la humedad. Durante la formación del Mesolítico geométrico descenderán el número de especies vinculadas a los bosques caducifolios (avellano, *Quercus* y *Betula*) y todavía más durante las fases neolíticas (Iriarte, 2006).

En el caso de la Peña de Marañón el análisis palinológico (López, 1991-1992) revela una serie de discontinuidades entre el polen arbóreo y el no arbóreo. Se observa

1. Introducción

una estructura forestal bastante desarrollada con una intensa presencia del pino y menor de avellano.

En los yacimientos de Aizpea y de Zatoya se han observado una gran variedad de especies: *Corylus*, *Quercus*, *Alnus*, *Ulmus*, *Salix*, *Fraxinus*, *Pinus* y *Betula* (Iriarte, 2001). Llama la atención el progresivo descenso de las masas forestales a partir de aquí.

Respecto a la siguiente fase del Mesolítico geométrico se ha reconstruido el ambiente paisajístico de este periodo a través de las analíticas polínicas realizadas en: Kanpanoste Goikoa (Iriarte, 1998), Mendandia (Iriarte, 2006), Peña de Marañón (López, 1991-1992) y Aizpea (Iriarte, 2001).

De Kanpanoste Goikoa se ha registrado un 30% de tasa arbórea, 28-47% herbáceo y 38% de esporas. La especie de *Corylus* es la más representada, le siguen *Pinus*, *Alnus*, *Betula*, *Tilia* y *Quercus robur* (Iriarte, 1998). En Mendandia el impacto arbóreo es muy intenso con el dominio del avellano y seguido por el *Quercus robur* (Iriarte, 2006).

Para el yacimiento de la Peña de Marañón hay una representación mayor en la especie del pino, por delante de *Corylus* y *Alnus*. En el caso del yacimiento de Aizpea hay una regresión pausada de la masa arbórea (Iriarte, 2001). Con un claro dominio de la especie de *Corylus* seguido por las especies de: *Quercus t robur*, *Alnus*, *Ulmus*, *Salix*, *Fraxinus*, *Pinus sp.* y *Betula* (Iriarte, 2001).

En suma, se observa el asentamiento del bosque con progresión de las especies caducifolias, que revela un ambiente húmedo y templado.

Como síntesis de este periodo de finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno podemos decir que:

- La fase final del Pleistoceno e inicios del Holoceno viene representada por la colonización de la masa forestal.

- Los inicios del Holoceno (correspondiendo a la fase de Mesolítico laminar) confirman la importancia de los bosques en la formación del paisaje. Teniendo al pino como especie que ofrece porcentajes importantes y observándose el crecimiento del avellano.

- Para las fases del Mesolítico de muescas y denticulados se observa el asentamiento de los bosques de frondosas (*Corylus* y *Quercus*). Ello llevará a un retroceso en la especie del pino como manifestación del aumento progresivo de la temperatura y de la humedad.

- Por último, a partir del Mesolítico geométrico hay una pérdida evidente de la masa forestal (Iriarte, 1998), más latente según avanzamos en el tiempo.

1.4.4 Arqueología

En el Alto Valle del Ebro también se documenta el registro arqueológico en el final del Pleistoceno y en los inicios del Holoceno.

Aunque los vestigios arqueológicos no son muy numerosos para estas cronologías, en la última década se ha empezado a dibujar la realidad de lo que pudieron ser estas comunidades humanas del final del Magdalenense y del Mesolítico.

Además de los yacimientos que se analizan en esta tesis (los abrigos de Socuevas, Martinarri y Atxoste) también se encuentran: el yacimiento de Potugain (Urbasa, Navarra), el yacimiento de Anton Koba (Oñati, Gipuzkoa), el yacimiento de Berniollo (Subijana-Morillas, Álava), el yacimiento de la cueva Arrillor situado en Barranco de Zubialde, Zigoitia (Álava) en el que se registran ocupaciones durante el Magdalenense (revuelto) y también registro arqueológico del Paleolítico Medio (Hoyos *et al.*, 1999), el abrigo de Kanpanoste (Álava) localizado en Vírgala, con Paleolítico superior final, el yacimiento de la cueva de Kukuma en Araia (Álava) con Magdalenense superior final cuyas investigaciones fueron llevadas a cabo por Amelia Baldeón (Instituto Alavés de Arqueología) y su equipo.

Yacimiento	Nivel/Lecho	Material	Laboratorio	Datación BP
Montico de Charratu	II	conchas Helix	I-10767	14470±200
Atxoste	h2	hueso	GrA-19503	12540±80
Atxoste	h	hueso	GrA-19870	11730±80
Atxoste	g	hueso	GrA-19502	12200±90
Atxoste	f2	hueso	GrA-19554	12070±60
Atxoste	f	hueso	GrN-26667	11960±180
Atxoste	f	hueso	GrN-26666	11910±170
Atxoste	VII	hueso	GrA-22900	11800±60
Atxoste	VIIc	hueso	GrA-23107	11690±80
Atxoste	VIIc	hueso	GrA-22866	11760±70
Atxoste	VIIb	hueso	GrA-22865	11720±70
Anton Koba	VIII	hueso	I-16236	11800±330
Anton Koba	VIII	hueso	I-17479	11700±180
Kukuma	lecho 11	hueso	Ua-2625	11550±130
Portugain	1	hueso	GrN-14097	10370±90
Urratxa III	II	hueso	Ua-11433	10240±100
Berniollo	II	hueso	I-14786	9949±490

Tras el periodo frío del Pleistoceno llega la transición al Holoceno con una etapa más fría, el *Younger Dryas*. Después de este momento climático se dio un mejoramiento del clima y una mayor humedad. Con este periodo de mejoras en la temperatura, previamente mencionado, cambian las dinámicas de asentamiento (la línea de costa avanza sobre el territorio) y de búsqueda de recursos. Los grupos de cazadores-recolectores se van interesando más por las zonas de altura y es entonces cuando el Alto Valle del Ebro adquiere un mayor protagonismo para los grupos humanos del Mesolítico.

Tabla I Dataciones de yacimientos coetaneos a Socuevas, Martinarri y Atxoste (modificado de Barandiarán *et al.*, 2006)

1. Introducción

La localización de los asentamientos en el Alto Valle del Ebro en el Mesolítico se basan en dos conceptos fundamentales que son: se sitúan en los cierres de los diferentes valles, en la Depresión de Treviño y a los pies del Valle de Araya, y por otro lado son enclaves que se sitúan en zonas de paso, a menudo cerca de ríos (Alday, 1995); por ejemplo, el yacimiento al aire libre de Berniollo (Subijana- Morillas, Álava), abrigo de Fuente Hoz (Anúcita, Álava), abrigo de Mendandia (Sáseta, Treviño), Montico de Charratu (Albaina, Treviño) hoy desaparecido, pero se localizaba en el frente de la Peña del Cerro, abrigo de La Peña del Castillo (Marquínez, Álava), abrigo de Kanpanoste (Vírgala, Álava), abrigo de Kanpanoste Goikoa (Vírgala, Álava), Kukuma (Araya, Álava) y la cueva de Arrillor (Zigoitia, Álava) en las estribaciones meridionales del Gorbea (Barandiarán *et al.*, 2006) (Tabla I y Fig. 8).

Muchas de estas comunidades humanas se asentarán en yacimientos al aire libre, cuevas y abrigos bajo roca en las fases finales del Magdaleniense. Estos asentamientos mantienen esta habitabilidad a lo largo del Mesolítico hasta las puertas de los primeros ganaderos-agricultores del Neolítico.

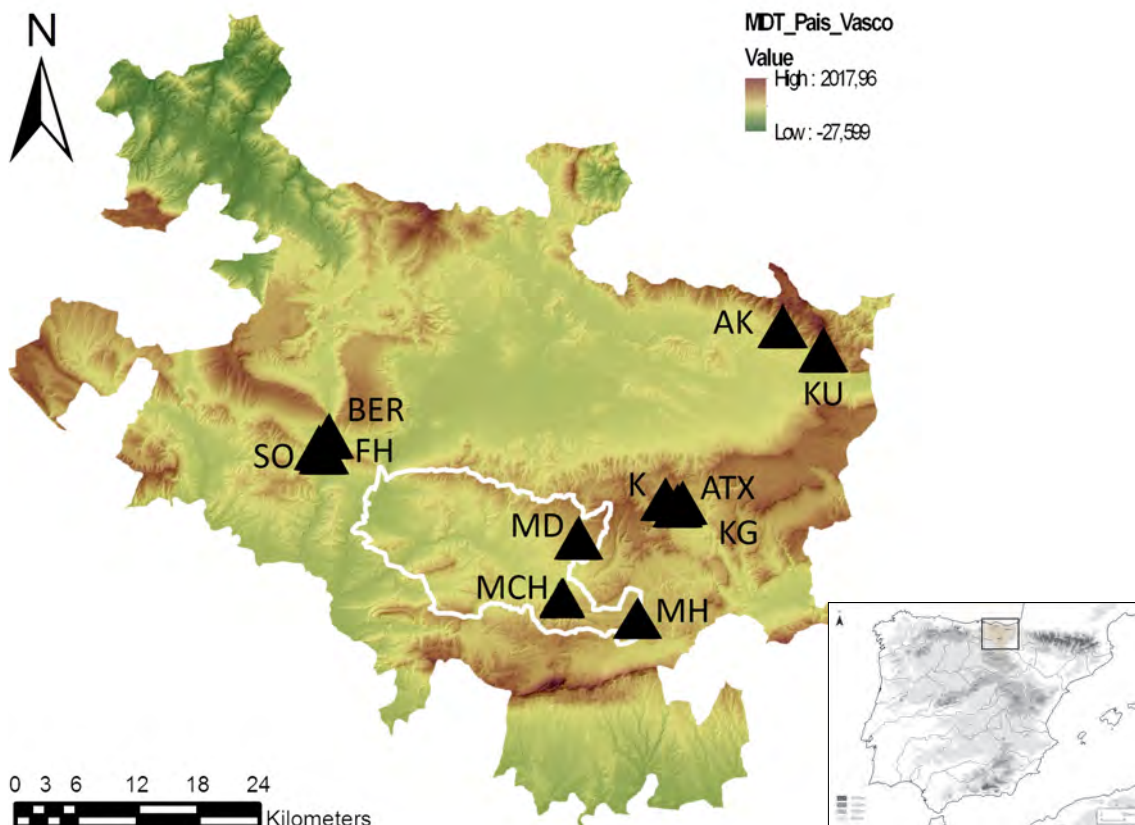


Figura 8 Localización de yacimientos estudiados y otros yacimientos con cronologías similares. SO: Socuevas, MH: Martinarri, ATX: Atxoste, BER: Berniollo, FH: Fuente Hoz, MD: Mendandia, MCH: Montico de Charratu, KG: Kanpanoste Goikoa, K: Kanpanoste, AK: Anton Koba y KU: Kukuma

1.5 Antecedentes: Estudios geoarqueológicos en el Alto Valle del Ebro

En el inicio del siglo XX, se empiezan a realizar los primeros estudios geoarqueológicos aplicados a contextos arqueológicos (Dr. Andoni Sáenz de Buruaga, Juan Carlos Quintana, Aitor Ormazabal, Dr. Manuel Hoyos, Mikel Aguirre, Blanca Pastor en la Cueva de Arrillor, Dr. Iñaki Yusta en Atxoste, Dr. Jose Miguel Edeso en Kanpanoste Goikoa y de la Dra. Maria Jose González Amuchástegui en Mendandia, Dra. Ana Polo en Los Husos I y II, etc.). Estos estudios serán llevados a cabo por profesionales de diferentes disciplinas científicas: geólogos, geógrafos, edafólogos, arqueólogos, etc. provenientes de diferentes universidades: como la Universidad del País Vasco, la Universidad de Zaragoza, la Universidad de Cantabria y la Sociedad de Ciencias Aranzadi. Todos ellos serán los pioneros en el estudio estratigráfico, sedimentológico, granulométrico y micromorfológico, en general, de yacimientos que abarcan periodos paleolíticos, mesolíticos y neolíticos.

Los estudios sobre la sedimentología y la estratigráfica de distintos yacimientos fueron las primeras investigaciones realizadas en el ámbito geoarqueológico de esta región. Las cronologías abarcadas por estos primeros estudios son de lo más amplias, aunque nos centraremos en las realizadas en contextos magdalenenses y mesolíticos, con algunas aportaciones en cronologías neolíticas.

Existen numerosas carencias en este campo y muchos de los estudios dentro del ámbito geoarqueológico están por acabar o todavía no han sido iniciados. Aunque los actuales proyectos de investigación incluyen, cada vez más, la realización de este tipo de analíticas.

En un primer momento la aplicación de estudios geoarqueológicos se centró en la caracterización sedimentológica del registro arqueológico (Ormazabal, 1996; Hoyos, 1999; Sáenz de Buruaga, 1989-1997 y González Amuchástegui, 2006). Se realizaron granulometrías, identificación de colores de muestras de sedimento suelto con la *Tabla Munsell* y analíticas geoquímicas y desde el punto de vista de la edafología, la geomorfología y por último la micromorfológica. Todo ello con el fin de lograr la integración del yacimiento en su medio físico.

En el ámbito estratigráfico encontramos los estudios realizados en cuanto a *Estratigrafía Analítica*, que nació como ampliación de la conocida tipología analítica desarrollada por George Laplace en 1971 con *De l'application des coordonnées cartésiennes à la fouille stratigraphique*. Diferentes estudios han sido desarrollados en torno a la *Estratigrafía Analítica* por el Dr. Andoni Sáenz de Buruaga, Juan Carlos Quintana, Aitor Ormazabal, Dr. Manuel Hoyos, Mikel Aguirre y Blanca Pastor. Llevando a cabo la práctica de la estratigrafía analítica como creación original de G. Laplace en la que se definen, se estipulan terminologías de recursos y se formula una articulación, un cuerpo de identificación de niveles y estructuras estratigráficas (Sáenz de Buruaga *et al.*,

1998). Así, se amplía el método tradicional estratigráfico con la metodología analítica, analizados desde un método con códigos secuenciales de números y alfabéticos. Se trata de una metodología que parte del análisis y diferenciación de niveles y de granulometrías bien conocidas. Estas granulometrías van desde las fracciones finas, medias y gruesas y la especificación de la coloración particular del sedimento (p.ej. *Lmc= Limos marrones-clastos*). A partir de ahí se complementa esta información con fórmulas de expresiones relativas a la compactación del sedimento (p.ej. *Lmk=limos marrones compactos*) (Sáenz de Buruaga *et al.*, 1998).

La *Estratigrafía Analítica* se ha aplicado a varios yacimientos en la región del Alto Valle del Ebro como por ejemplo la Cueva de Arrillor (Ormazabal, 1996, Hoyos, 1999 y Sáenz de Buruaga, 1989-1997), abarcando fases del Mesolítico, Neolítico y Edad de los Metales.

En cuanto a las *Granulometrías* y a la *Sedimentología* tenemos que destacar los trabajos realizados en Mendandia, Zatoya, Kanpanoste, Kanpanoste Goikoa y Los Husos I (Dr. Jose Miguel Edeso en el abrigo de Kanpanoste (Edeso Fito y Ugarte, 2004), Dr. Manuel Hoyos Gómez en el yacimiento de Zatoya (Hoyos Gómez, 1989) y de la Dra. Maria Jose González Amuchástegui en el yacimiento de Mendandia y Los Husos I (González Amuchástegui, 2006)). Empleando la recogida de muestras de sedimento suelto para su posterior procesado en el que se analizan las granulometrías más gruesas y finas. Todo ello con el fin añadido de inferir los procesos de formación así como identificar los diferentes usos de suelos o las procedencias de los sedimentos arqueológicos.

Dentro del estudio sedimentológico y granulométrico podemos añadir el estudio *Geomorfológico* de los diferentes yacimientos arqueológicos. Todo ello con el objetivo, no solo de diferenciar y reconstruir los procesos de formación del registro arqueológico sino dar a conocer en qué medio vivían estos grupos humanos. Destacamos el trabajo en geomorfología de la Dra. Maria Jose González Amuchástegui en sus intervenciones sobre el estudio de las tobas en el Alto Valle del Ebro con el fin de hacer una reconstrucción de la evolución geomorfológica del espacio, los cambios ambientales que han sufrido este entorno y cómo el ser humano interactúa con ello y cuál ha sido la intervención humana en estos cambios (González Amuchástegui, 2007).

Otra línea de investigación dentro del marco de la caracterización de sedimentos geoarqueológicos y sus componentes, es el trabajo realizado por el Dr. Iñaki Yusta en cuanto a la *Caracterización Mineralógica* de los yacimientos de Atxoste, Los Husos I y Mendandia (Alday *et al.*, 2003b y Yusta, 2006). Se ha realizado la cuantificación e identificación de los componentes minerales del registro arqueológico de estos yacimientos, empleando también técnicas como la difracción de rayos X. También se han aplicado estudios sobre la presencia de fosfatos biológicos y otros elementos como el aluminio, hierro y calcio para la identificación del grado de ocupación humana en el registro de los yacimientos, (Alday *et al.*, 2003b).

Por último destacaremos los trabajos realizados en el campo de la *Micromorfología* por la Dra. Ana Polo (Polo, 2009 y 2010a). Llevó a cabo diversos estudios enfocados en diferentes técnicas dentro del ámbito geoarqueológico. Realizó su tesis, bajo la dirección del Dr. Javier Fernández Eraso de la Universidad del País Vasco y el Dr. Ian Simpson de la Universidad de Stirling, sobre el estudio de rediles prehistóricos a través del análisis de la Geoarqueología y Micromorfología de suelos (Polo y Eraso, 2008). Destacan sus trabajos en los abrigos bajo roca con rediles prehistóricos en Los Husos I y II. Siendo pionera en el estudio micromorfológico de esta región del Alto Valle del Ebro y en este tipo de asentamientos estacionales y de rediles del Neolítico y cronologías posteriores.

CAPÍTULO 2: METODOLOGÍA

2.1 Trabajo de campo.....	51
2.1.1 Selección y recogida de muestras.....	53
2.2 Trabajo de laboratorio.....	55
2.2.1 Preparación y pretratamiento de las muestras.....	56
2.2.2 Granulometrías.....	56
2.2.3 Difracción de Rayos X.....	57
2.2.4 Fluorescencia de Rayos X.....	59
2.2.5 Determinación de Carbono Orgánico (L.O.I.).....	59
2.2.6 Determinación de Nitrógeno y Carbono.....	60
2.2.7 Elaboración de láminas delgadas.....	60
2.2.8 Análisis Petrológico y Micromorfológico.....	62
2.2.8.1 Análisis Petrológico.....	62
2.2.8.2 Análisis Micromorfológico.....	63
2.2.9 Análisis y tratamiento de datos.....	70

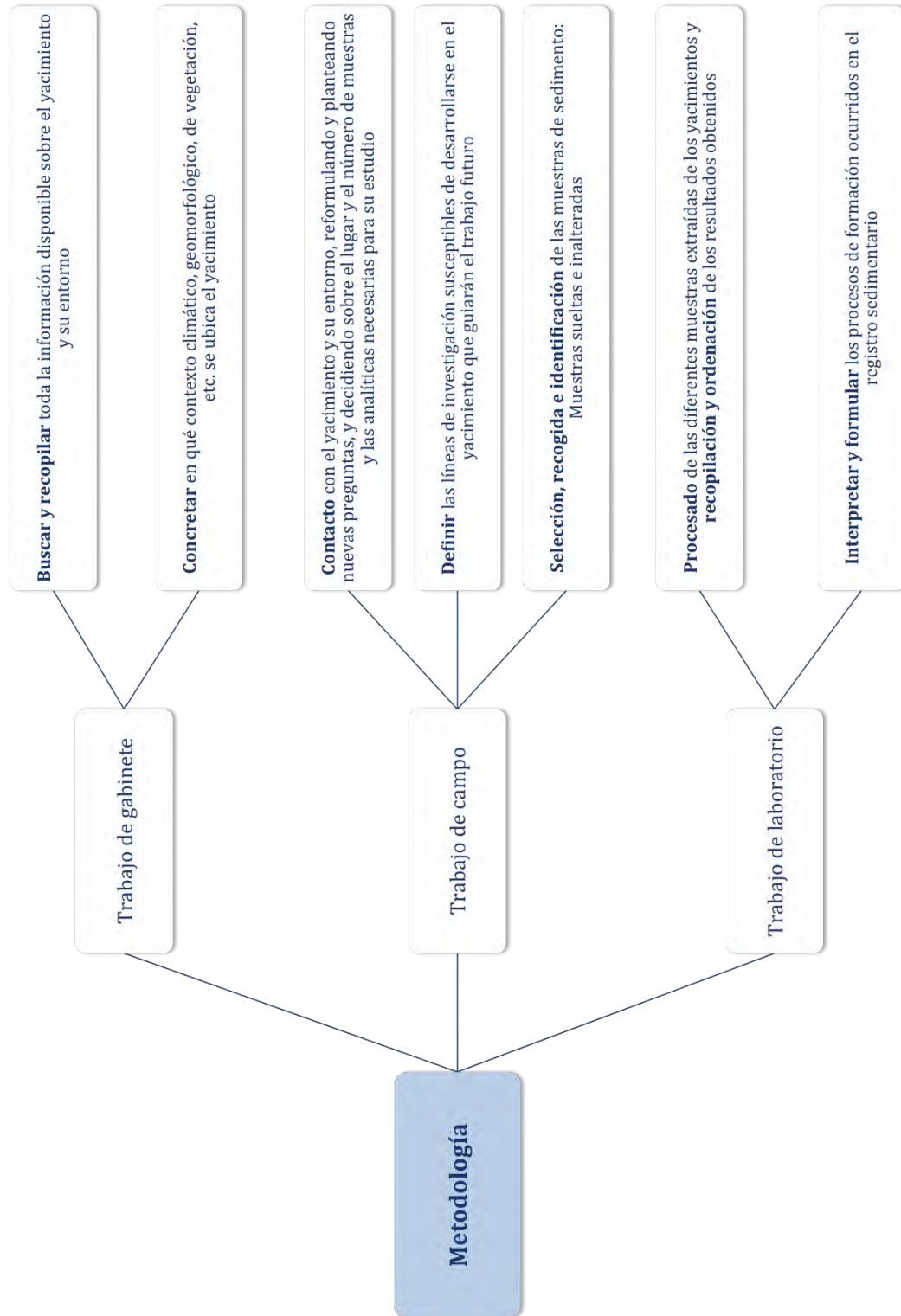


Figura 9 Catalogación de las tres fases fundamentales en la metodología gearqueológica en tres fases

2.1 Trabajo de campo

Toda investigación geoarqueológica comprende tres fases fundamentales (Fig. 10), cada una con su propia metodología y que ha sido aplicada a los diferentes casos de estudio de yacimientos y su entorno abordados en este proyecto (Fig. 9):

- La primera fase incluye tareas de **gabinete**. Se trata de buscar y recopilar toda la información disponible sobre el yacimiento y su entorno: se debe concretar en qué contexto climático, geomorfológico, de vegetación, etc. se ubica el yacimiento y conocer el tipo de excavación realizada (o a realizar), y, en su caso, a través de trabajos previos o memorias de excavación, la descripción de los diferentes niveles estratigráficos y su contenido arqueosedimentario. De este primer acercamiento surgirán hipótesis de trabajo y preguntas previas a la visita al yacimiento. En esta fase se han integrado los datos arqueológicos y otros datos como los datos topográficos y geológicos obtenidos del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) mediante un SIG (Sistema de Información Geográfica) utilizando el programa ArcGIS 10.1.

- La segunda fase corresponde al **trabajo de campo** donde, después de obtener los datos de gabinete, y en colaboración con el equipo arqueológico, entramos en contacto con **el yacimiento y su entorno**, reformulando y planteando nuevas preguntas, y decidiendo sobre el lugar y el número de muestras y las analíticas necesarias para su estudio. Durante esta fase es fundamental definir las líneas de investigación susceptibles de desarrollarse en el yacimiento que guiarán el trabajo futuro.

- La tercera fase corresponde con la fase de **laboratorio** en el que se han procesado las diferentes muestras extraídas de los yacimientos. Después del procesado de las muestras se ha procedido a su correspondiente interpretación, formulando los procesos de formación ocurridos durante la historia del registro sedimentario. Se han integrado todos los resultados e interpretaciones con el fin de presentarlo en diferentes Congresos a nivel nacional e internacional: presentación de posters en Bilbao (España) y Amersfoort (Holanda) en Cuaternario y Micromorfología aplicada a la arqueología. Además de otros Congresos Internacionales en Mesolítico (Belgrado, Serbia) y JIA (Jóvenes Investigadores en Arqueología) (Lisboa, Portugal).

En este capítulo se expondrán las estrategias de muestreo y las características de las distintas analíticas realizadas a las muestras recogidas. Se muestra el orden y rutina de las analíticas, el equipamiento necesario, la colaboración y estancia en distintos laboratorios de investigación.

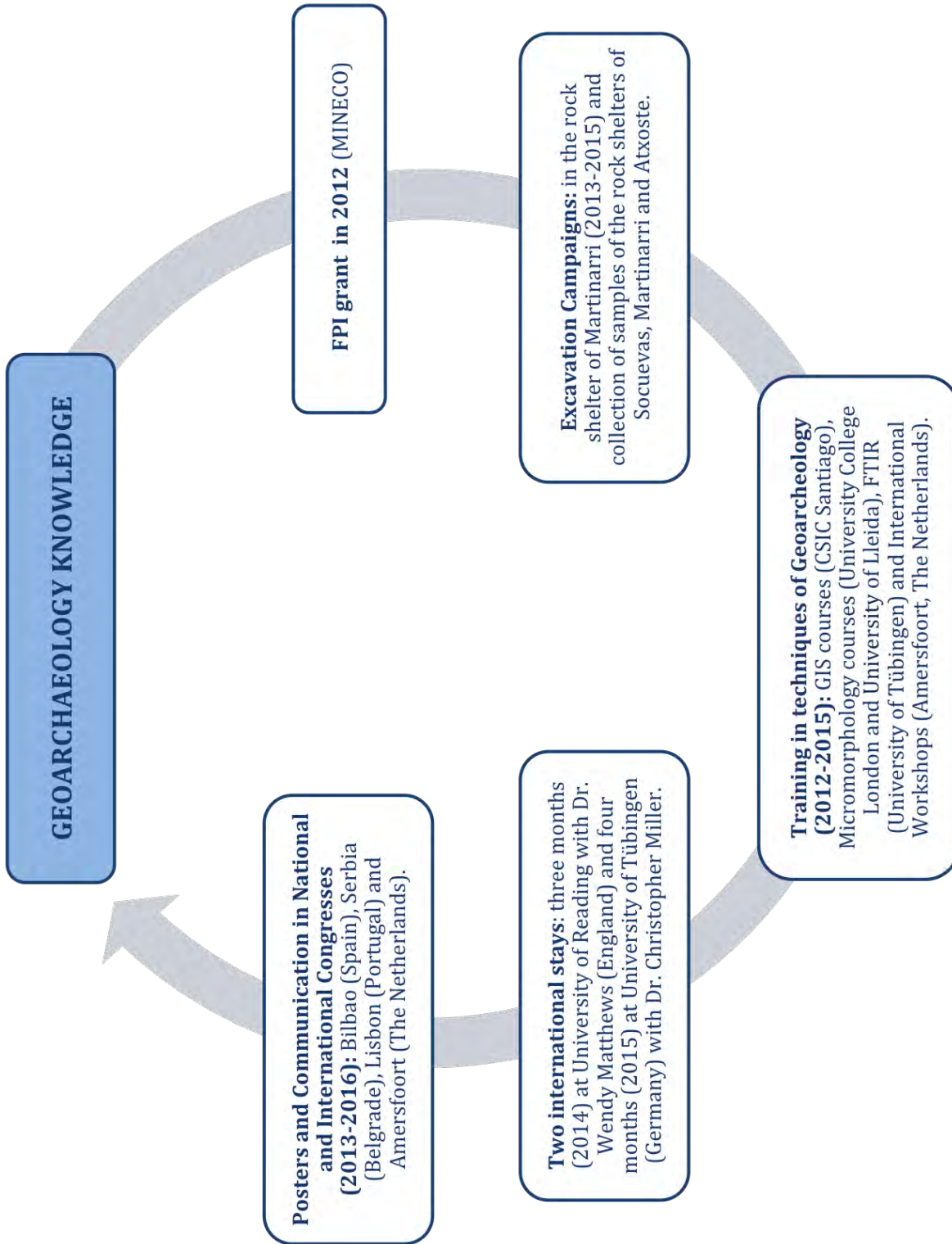


Figura 10 Cronograma seguido a lo largo de la realización de la Tesis Doctoral: trabajo de gabinete y trabajo de laboratorio

2.1.1 Selección y recogida de muestras

Las técnicas de muestreo son diversas y dependientes de los materiales a muestrear y las preguntas planteadas. Por ello, no hay una única manera de recoger las muestras que se pueda aplicar a todas las investigaciones, a todos los perfiles sedimentarios y a todos los contextos arqueológicos.

El tamaño y número de las muestras y el tipo de muestreo para su estudio dependerá, principalmente, de las características de cada nivel estratigráfico y su potencia sedimentaria. En este proyecto de investigación predoctoral, se han muestreado 2 tipos de muestras diferentes: muestras de sedimento inalteradas y muestras de sedimento suelto (Fig. 11).

La extracción de **muestras de sedimento inalteradas** para la realización de láminas delgadas se ha realizado siguiendo las metodologías descritas en Courty *et al.*, 1989 y Goldberg y Macphail, 2003. Este tipo de muestras de sedimento compacto e inalterado se utiliza para poder observar los niveles arqueosedimentarios en un modo intacto y



Figura 11 Extracción de muestra de sedimento compacto en el yacimiento de Socuevas. Foto: E. Iriarte

poder analizar las variables petrológicas/micromorfológicas bajo el microscopio en su estado original. Es crítico orientar la muestra (especialmente en la vertical) y optimizar la posición de las muestras abarcando por ejemplo dos unidades estratigráficas y su zona de contacto. En consecuencia, hay que extraer las muestras más significativas y que respondan a un número mayor de preguntas, eligiendo el perfil más significativo (Kooistra, 1979). La toma de muestras se realiza de abajo hacia arriba para evitar en lo posible la contaminación en perfiles continuos a lo largo del perfil estratigráfico y/o en las zonas de interés. El muestreo de este tipo de muestras suele estar condicionado por las características de los sedimentos y del perfil estratigráfico: la presencia de raíces, clastos, iluviación de arcillas, filtraciones de agua, porosidad, etc. dificultan la toma de este tipo de muestra.

Dependiendo de las características del sedimento se utilizó una metodología de

muestreo distinta. En sedimentos muy cohesivos o cementados se talla un bloque que después de ser extraído es envuelto con un “film” plástico y cinta de carroceros para evitar



la pérdida de humedad y su disgregación. Si el material no es cohesivo (arenas sueltas, abundantes materiales orgánicos, etc.) se utilizan cajas Kubiena o alternativas similares (perfiles de aluminio, etc.) o en su defecto, se realiza la talla de un bloque compacto para su posterior recubrimiento con yeso de París (Goldberg y Macphail, 2006) que tras dejarlo secar puede ser extraído. En cualquier caso, hay que tener especial atención a la hora de orientar adecuadamente la muestra, realizar una adecuada documentación de la muestra, escribir la sigla y distintas indicaciones con marcadores permanentes, realizar un empaquetamiento duradero y documentar el proceso de recogida con apuntes y material gráfico (Fig. 12).

Figura 12 Obtención de muestra de sedimento compacto en el yacimiento de Socuevas. Foto: E. Iriarte

El conjunto de muestras por yacimiento debería incluir, idealmente, todos los niveles estratigráficos presentes en el yacimiento, a las formaciones rocosas de los alrededores del yacimiento arqueológico y otros depósitos específicos de interés (p. ej. suelos o sedimentos fluviales, coluviones, etc. cercanos).

Para completar el estudio de las muestras de sedimento inalterado y obtener la mayor productividad científica, es interesante recoger las muestras para otros estudios p. ej. polen, fitolitos, microfauna, etc. en la misma o en una zona inmediatamente adyacente a la columna/zona de muestreo.

Los métodos de extracción de **muestras de sedimento suelto** son también varios. Las muestras de sedimento suelto son útiles para el análisis de pH, mineralógicos, geoquímicos, etc. (Courty *et al.*, 1989). Es muy importante que las muestras sean representativas de las principales características de las unidades estratigráficas del yacimiento y de su entorno a muestrear. En la recogida de muestras se emplean bolsas de plástico adecuadamente sigladas y documentadas mediante el material gráfico

pertinente. Si bien en las muestras inalteradas es interesante que las muestras engloben el contacto entre niveles estratigráficos, en la recogida de las muestras de sedimento suelto debe evitarse esta situación, extrayendo muestras individuales que caractericen bien cada unidad estratigráfica (Golberg y Macphail, 2006).

En cualquier caso, es importante que en todo muestreo, tanto de sedimento inalterado como suelto, el material utilizado esté limpio y en cada recogida de muestra se limpie el material empleado para no contaminar las muestras.

La selección y recogida de muestras en los yacimientos estudiados en este proyecto de investigación predoctoral, los abrigos de Socuevas, Martinarri y Atxoste, se ha seguido estos protocolos. Se han extraído muestras de sedimento compacto para la realización de láminas delgadas y muestras de sedimento suelto para la realización de diversas analíticas que se describen a continuación.

2.2 Trabajo de laboratorio

En el capítulo de Introducción explicamos las metodologías propias de la Geoarqueología, explicando *grosso modo* su funcionamiento. En este apartado se especificará la metodología analítica aplicada a los yacimientos estudiados, los equipamientos utilizados y la estrategia y número y localización de las muestras recuperadas en cada yacimiento.

El trabajo de laboratorio se ha dividido en varias tareas:

- Preparación y pretratamiento de las muestras.
- Análisis de las muestras de sedimento suelto: Granulometría, Mineralogía, Geoquímica elemental y determinación de Carbono orgánico y Nitrógeno.
- Realización de láminas delgadas a partir de muestras de sedimento inalterado y análisis petrológico y micromorfológico de las láminas delgadas.
- Análisis y tratamiento estadístico de los diferentes datos analíticos a través de la estadística.

Las muestras recogidas en los diferentes yacimientos arqueológicos estudiados han sido analizadas en varios laboratorios de diferentes universidades nacionales e internacionales, bajo la supervisión de diferentes especialistas en diversas materias, a lo largo de distintos cursos y estancias investigadoras. Se han realizado cursos en torno a la Micromorfología de suelos y sedimentos arqueológicos en la Universidad de Lleida, la University College de Londres y la Universidad de Reading en el Reino Unido, en la Universidad de Tübingen (Alemania) y de aplicación de GIS (Sistemas de Información

Geográfica) en el Instituto de Ciencias del Patrimonio CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) de Santiago de Compostela. Además, se han realizado dos estancias investigadoras, una en la Universidad de Reading durante 3 meses bajo la tutela de la Dra. Wendy Matthews y otra en la Universidad de Tübingen durante 4 meses bajo la tutela del Dr. Christopher Miller.

2.2.1 Preparación y pretratamiento de las muestras

El trabajo de campo realizado es fundamental para el posterior tratamiento de las muestras con diferentes analíticas.

La realización de análisis granulométricos de sedimento suelto así como el tratamiento de las muestras con difracción de rayos X, fluorescencia de rayos X, determinación de Nitrógeno y Carbono, la elaboración de láminas delgadas para su descripción en interpretación bajo el microscopio, los análisis e interpretación de los procesos de formación, los post-deposicionales y áreas fuentes constituyen la base metodológica de esta tesis.

Las muestras de sedimento suelto, una vez extraídas del perfil estratigráfico fueron secadas a temperatura ambiente. Para la realización del análisis granulométrico se procedió al pesado total de la muestra y pesado de la muestra tras pasar por el tamiz de 1.250 mm de luz de malla. Para los análisis de difracción y fluorescencia de rayos X y de determinación de Carbono y Nitrógeno y Carbono se pulverizaron las muestras de sedimento suelto en un mortero de ágata.

Las muestras de sedimento compacto extraídas del perfil arqueológico se referenciaron y cubrieron cuidadosamente para su transporte al laboratorio de realización de las láminas delgadas.

2.2.2 Granulometrías

Se han realizado con el fin de conocer la granulometría de las muestras de sedimento suelto en diferentes niveles estratigráficos muestreados. Se pretende así detectar y caracterizar posibles procesos de transporte de los granos sedimentarios y su procedencia, información básica para la correcta inferencia de los procesos de formación del yacimiento. El análisis granulométrico se ha llevado a cabo en el Laboratorio del Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad del País Vasco en Leioa (Bizkaia).

El protocolo desarrollado ha sido:

1. Pesado y descripción de la muestra inicial (Fig. 13a), el tipo de sedimento y su composición, su coloración y su grado de madurez (esfericidad y redondeamiento).

2. A continuación se ha procedido al tamizado de la muestra con un tamiz de 1.250 mm de luz de malla (Fig. 13b) y se ha procedido al pesado del componente grueso. La fracción más fina se ha analizado utilizando un analizador de partículas *LS Beckman Coulter 13320* que analiza el intervalo de partículas entre 0,375 y 2000 micras (Fig. 13c).

Los resultados han sido procesados y tratados utilizando el software *Beckman Coulter Particle Characterization v. 4. 19* y *Gradistat v.5* (Blott y Pye, 2001). Con estos programas se calculan aritméticamente y geoméricamente la moda, la clasificación, la media, la asimetría y otros parámetros estadísticos (Folk y Ward, 1957).

Todos los datos han sido almacenados en una hoja Excel para su tratamiento y se han representado mediante la creación de una serie de gráficos con el programa *Grapher v.8*.

2.2.3 Difracción de Rayos X

Se han realizado análisis de difracción de rayos X (DRX) de las muestras de sedimento suelto con el fin de identificar los distintos componentes mineralógicos que las componen.

Para ello, las muestras se trataron mediante molienda con un mortero de ágata (Fig. 13d) hasta conseguir reducir las a una fracción de polvo fino y homogéneo. Las muestras pulverizadas se analizaron en el laboratorio del Parque Científico Tecnológico (PCT) de la Universidad de Burgos. Para ello se utiliza un difractómetro *Bruker D8 Advance* (Davinci) con la posibilidad de cambio de geometría Bragg-Brentano y geometría espejo Göbel (con una haz focalizado y paralela de 60 mm). El equipo está también compuesto por un generador de 3KW, tubo cerámico de rayos X tipo KFL Cu, láser-video microscopio para ajuste de la muestra pulverizada, detector ultra rápido Lynx-Eye, detector de estado sólido Sol-X, óptica para SAXS y una cámara de temperatura DCS 350, controlador TCU 100 de temperatura, y equipamiento de baja temperatura.

Todo los resultados, difractogramas, obtenidos se analizaron e interpretaron utilizando el software *DIFFRACplus basic EVA*. Todos los datos han sido almacenados en una hoja Excel para su tratamiento y se han representado gráficamente con el programa *Grapher v.8*.



b



d



a



c

Figura 13 a) Proceso de pesado de las muestras de sedimento suelto; **b)** Proceso de tamizado (luz de malla 1.250 mm) de la muestra de sedimento suelto; **c)** LS Beckman Coulter 13320 y **d)** Molienda de la muestra de sedimento suelto en mortero de ágata

2.2.4 Fluorescencia de Rayos X

La fluorescencia de rayos X (FRX) ha sido empleada para la identificación y medida semicuantitativa de la concentración de los distintos elementos químicos mayores y menores presentes en las muestras de sedimento suelto. Las muestras pulverizadas se analizaron en el laboratorio del Parque Científico Tecnológico (PCT) de la Universidad de Burgos.

La preparación de las muestras incluyó el prensado previo de la muestra y la preparación de perlas para su análisis, aumentando su homogeneidad, y evitando así los efectos del tamaño de partícula, de densidad y de la matriz.

El equipamiento utilizado es el modelo *Thermo Electron Corporation ARL ADVANT XP Sequential XRF* con una perladora *Claisse Fluxy*. La medida se ha realizado derivada de la dispersión de longitudes de onda con una potencia de 1200 W, un goniómetro Universal F45 con 4 colimadores (0.15, 0.25, 0.6 y 2,6 mm), 6 cristales (LiF200, PET, LiF220, Ge111, AX16 y TLAP) y por último 2 detectores con un flujo proporcional y de centelleo. También dispone de filtros de haz (Al, Cu y Fe), una máscara fija y magazine con 12 posiciones codificadas.

La medición e interpretación de los resultados se realizó utilizando los programas *WinXRF.ADVANT 3.2.1* y *UNIQUANT v. 5.47*. Los resultados aparecen representados en porcentaje (%) en peso tanto de los elementos como de sus óxidos. Todos los datos han sido almacenados en una hoja Excel para su tratamiento y se han representado gráficamente utilizando el programa *Grapher v.8*.

2.2.5 Determinación del Carbono orgánico (L.O.I.)

La determinación del Carbono orgánico en las muestras se ha realizado mediante el método de *Loss On Ignition* (L.O.I.). Las muestras pulverizadas se analizaron en los laboratorios del Parque Científico Tecnológico (PCT) de la Universidad de Burgos.

Mediante los análisis de LOI se pueden conocer los porcentajes en peso (%) del carbono tanto orgánico como inorgánico presente en las muestras (Heiri *et al.*, 2001).

La técnica consiste en un proceso de deshidratación y calcinado en mufla, en algunas ocasiones de hasta 1200 grados con un *Horno HD-230 PAD* y un programador de rampas. Para ello, después de la limpieza y el secado de los crisoles se pesan junto con la muestra (0.5 gr de sólido seco pulverizado) y se introducen en la mufla durante 14 horas a uno 110 grados (deshidratación). Tras este proceso se procede a pesar tanto las muestras como los crisoles y se vuelven a introducir durante 5 horas a la mufla a 550 grados y después se vuelven a pesar las muestras y crisoles.

Mediante las formulas:

$$LOI\ 110^{\circ}= 100 (WS-DW110)/WS \text{ y } LOI\ 550^{\circ}= 100 (DW110-DW550)/WS$$

(WS= peso de la muestra a temperatura ambiente, DW110=peso de la muestra a 110 grados, DW550 peso de la muestra a 550 grados)

se calculan los resultados en base a la progresión del peso de cada muestra. Todos los datos han sido almacenados en una hoja Excel para su tratamiento y se han representado utilizando el programa Grapher v. 8.

2.2.6 Determinación de Nitrógeno y Carbono orgánico

El microanálisis elemental para la determinación de Nitrógeno y Carbono mediante pirólisis ha servido para conocer, de manera semicuantitativa, el porcentaje respecto al peso de Nitrógeno y Carbono en las muestras analizadas. La técnica de análisis se basa en la combustión de las muestras en condiciones óptimas (Tº=de 950 a 1100 grados) con atmósfera de oxígeno puro. Con ello se convierte los elementos de Nitrógeno y Carbono en gases simples (CO₂ y N₂) a partir de los cuales se consigue una determinación cuantitativa.

El equipamiento utilizado, ubicado en el Laboratorio de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Burgos, es un analizador *LECO CHNS-932 -VTF-900* con un portamuestras automático y Ultra-microbalanza *SARTORIUS M2P*. Todos los datos han sido almacenados en una hoja Excel para su tratamiento y se han representado gráficamente utilizando el programa Grapher v.8.

2.2.7 Elaboración de láminas delgadas

Tras la recogida de muestras de sedimento inalterado para la realización de láminas delgadas y distintas muestras geológicas (p. ej. cantos de arenisca en el abrigo de Martinarri) se elaboraron láminas delgadas de distintas características y a través de distintas metodologías para así estudiar su rasgos petrológicos/micromorfológicos microscópicos.

La realización de láminas delgadas de las muestras de sedimento inalterado se hizo en la Universidad de Lleida en el Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl. La preparación de cada muestra requiere la impregnación de las muestras con resina y el secado de las mismas y cuenta con diversas dificultades a la hora de realizar los cortes oportunos a la lámina, con peligro de rotura. Además también se realizaron algunas láminas delgadas en el Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie (INA) de

la Universidad de Tübingen.

El proceso de realización de una lámina delgada sigue básicamente cinco pasos fundamentales. Aunque hay tratamientos específicos y adicionales que pueden responder a otro tipo de preguntas.

- La primera fase es la preparación de la muestra con la identificación de la muestra y su registro, eliminando la humedad del sedimento. Se utilizan hornos a unos 40 grados (Moran *et al.*, 1989), se procede a la impregnación de resina, después una fase líquida, una fase de evaporación, una fase de impregnación con características ideales de resina, una baja viscosidad para permitir una buena inserción y cuando esté totalmente seco, el secado se puede completar en 3 a 7 días, dependiendo de la humedad de la muestra, y una vez compacto se puede proceder al corte con el disco radial con un índice de refracción de $n = 1.537$. Antes de todo este proceso se produce la impregnación con resina y su endurecimiento. La impregnación con resina de poliéster se realizará mediante una mezcla de resina de estireno 4 L+ 3 L, 15 mL de catalizador, 8 gotas de activador, vertiéndose la resina en las muestras. Se deja que la resina rellene los poros de la muestra compacta y se hace un vacío, durante o después de la inmersión de resina, dejándose polimerizar durante cuatro o seis semanas en una habitación totalmente ventilada. Una vez que estén totalmente secas las muestras con la resina se procede al serrado y molienda de la muestra, utilizando sierras de disco de diamante con aceite, como agente de enfriamiento, (por ejemplo, tipos de aceite *Shell S4428*, *S4919* y *Normafluid Br*). El grosor de la lámina será de unas 30 micras. Se encolará la muestra en un porta, luego se procede a pulir la muestra hasta conseguir el grosor adecuado, el pegado del cobre para su pulido final y finalmente se cubre con un porta, aunque se puede dejar sin cubrir si se quieren hacer análisis químicos, SEM, microanálisis, componentes orgánicos de la lámina.
- La segunda fase es la fase de precorte y pulido de la cara de la muestra que se unirá al portaobjetos de vidrio.
- La tercera fase es la adhesión al porta y el precorte y pulido de la lámina hasta que quede un taco fino.
- La cuarta fase corresponde al rebaje y pulido de la muestra hasta las 30 micras de espesor y su recubrimiento con el porta toda la lámina (opcional, si no se quieren hacer estudios geoquímicos en la lámina). Un buen pulido es importante para poder observar las características de los componentes de la lámina correctamente (Benyarku y Stoops, 2005).

El proceso de pulido es una fase fundamental y hay que tomar gran cuidado en ella. Tienes varias fases: un pulido inicial en el que se realiza un semi-pulido de la

superficie; los rasguños en la superficie son perfectamente visibles; el siguiente paso es el pulido intermedio donde se pule mejor la superficie y quedan todas las irregularidades más o menos completamente eliminadas; los límites de grano y las articulaciones están bien definidas y por último el pulido final en el que la superficie está totalmente lisa y plana, sin rasguños y ya los límites de los granos y las articulaciones de los componentes de las láminas están altamente definidos ya. Este último paso de pulido es de los más fundamentales para ver bajo el microscopio correctamente todos los componentes minerales, geológicos, antrópicos bajo el microscopio.

Los equipos específicos en todo el proceso desde que entra la muestra de sedimento compacto al laboratorio hasta que sale hecha la lámina delgada son variados. Se emplean varios tipos de hornos de laboratorio que se deben utilizar en el proceso de secado, con un sistema de control de temperatura variable y sistemas de ventilador de aire de circulación, desecador, bomba de vacío y de agua, tres o cuatro placas de vidrio grueso y perfectamente planas de vidrio. Se requieren de recipientes de plástico a prueba de disolventes de 400/800 cc, tapas de cobertera, máquinas de precisión de pulido (amoladora *Gbrot Multiplate* o *Delta LF350*), sierra recortadora (*WOCO 50*) (Benyarku y Stoops, 2005).

2.2.8 Análisis Petrológico y Micromorfológico

Para los análisis petrológicos y micromorfológicos se han extraído una serie de muestras *in situ* en cada uno de los yacimientos, con el fin de obtener una mejor contextualización de nuestro registro arqueológico.

2.2.8.1 Análisis Petrológico

Las muestra extraídas para su análisis petrológico se han estudiado bajo un microscopio petrográfico *Olympus BH2* equipado con una cámara digital *Olympus DP10*, en el laboratorio de Petrología Sedimentaria del Departamento de Mineralogía y Petrología de la UPV/EHU Universidad del País Vasco.

Además se han empleado también, en las instalaciones de la Universidad de Tübingen en el Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie (INA) un microscopio *Zeiss-Stem2000C* equipado con un sistema de cámara *Axio Cam MRC* y un programa para la realización de fotografías *AxioVision LE64.Rel.4.8*.

2.2.8.2 Análisis Micromorfológico

Una vez extraídas las muestras de sedimento inalterado y realizadas las láminas delgadas procederemos a su estudio a escala microscópica.

Son varios los equipamientos utilizados para el estudio microscópico de las laminas delgadas:

En el Departamento de Arqueología de la Escuela de Arqueología, Geografía y Medio Ambiente de la Universidad de Reading (Reino Unido) se empleó un equipo de microscopios Leica *DMEP* con un sistema de cámara Leica *DFC 290* tratando las imágenes con el software Leica *Application Suite v3.7- LAS v3.7*.

En la Universidad de Tübingen (Alemania) en el Institut für Naturwissenschaftliche Archäologie se emplearon varios sistemas microscópicos para el análisis de láminas delgadas: Leica *DFC550*, Leica *DMRX*, Zeiss *Stemi 2000-C Axio Cam MRC* con un programa de cámara de *Axio Vision LE64.Rel.4.8* y Zeiss *Axio Imager 2*.

Y por último en la Universidad de Burgos en el Parque Científico Tecnológico se empleó un microscopio Nikon *AZ 100*.

Son varias las metodologías propuestas para el análisis de láminas delgadas, pero las más seguidas son las de Bullock de 1985; Courty *et al.* de 1989 y Stoops de 2003. En este proyecto se ha utilizado un sistema descriptivo, en el que se han empleado parcialmente todas las propuestas de los autores anteriores, para la óptima realización del análisis. Dicha metodología se presenta someramente lo largo de este capítulo.

Para una correcta observación, descripción, análisis e interpretación de las láminas delgadas, es fundamental seguir una metodología descriptiva. En nuestro caso, seguimos una metodología derivada de un compendio de las propuestas de distintos especialistas en micromorfología, que definieron distintos métodos descriptivos estandarizados (Bullock *et al.*, 1985; Courty *et al.*, 1989 y Stoops, 2003), sobre los que se han realizado algunas modificaciones:

1. En primer lugar, y antes de analizarla bajo microscopio, se ha de **observar la lámina delgada con el “ojo desnudo” o de visu**. Tenemos que saber claramente de donde procede la lámina, cuál es su contexto arqueostratigráfico, qué nivel(es) incluye y cuáles son las descripciones previas realizadas para dichos niveles por los arqueólogos y demás especialistas.

2. Después hay que estudiar los **distintos rasgos de la lámina de mayor a menor escala**. Primero se analiza la **estructura general**, identificando y observando cómo se organizan los distintos **componentes del sedimento muestreado y los poros** que hay entre ellos. Cuando no aparecen agregados que disgrega la masa sedimentaria ni

porosidad, estamos ante una estructura *masiva* y si en cambio la estructura es suelta o dividida en distintos agregados separados por cualquier tipo de porosidad, estaríamos ante una estructura *particular*. Dependiendo de la forma de los agregados sedimentarios y de los poros que los rodean tendremos estructuras *prismáticas, poliédricas, laminares, esponjosas, etc.* (Bullock *et al.*, 1985).

2a. Posteriormente se observa el grado de **desarrollo de los agregados**, su madurez, que puede estar fuertemente *desarrollada*, tener un *desarrollo medio* o *desarrollo bajo*.

2b. El siguiente paso es **calcular la cantidad de agregados, el tamaño de los agregados y la rugosidad de los mismos**. Dado que los agregados están separados por poros en forma de canales, poros y fracturas, se define cual es el grado de *acomodación* de los agregados, existiendo tres grados de desarrollo: *acomodados, parcialmente acomodados y no acomodados*.

3. A continuación se analiza la **porosidad** presente en la matriz sedimentaria. Se han propuesto numerosas clasificaciones morfológicas de la porosidad (p. ej. Brewer, 1964). En la obra de Bullock (1985) se describen y clasifican los tipos de porosidad más significativos en sedimentos arqueológicos: definiéndose distintos grupos de porosidad, como el de empaquetamiento, que incluiría la porosidad resultante del empaquetamiento o disposición de los distintos componentes del sedimento, subdividiéndose según la morfología de los límites o las caras de los componentes que no se acomodan (*simple, compuesta y complejo*), *vesículas*, se trata de poros relativamente amplios cuyas paredes constituyen curvas relativamente suaves y simples (sin irregularidades). Por lo general, con una distribución horizontal los *canales*, son poros lisos y de geometría tubular con una sección por lo general cilíndrica o bien en sección longitudinal arqueada, presentan geometrías uniformes en la mayor parte de su longitud (*canales de raíces o biogalerías, cámaras*, son huecos más o menos equidimensionales con paredes lisas interconectados por canales, *vughys*, también son más o menos equidimensionales, pero son huecos irregulares, lisos o con rugosidades, formados a partir de la unión de agregados, la alteración de la microestructura original o la disolución de algún componente de la estructura y *planos*, que corresponden a huecos planos, lisos o rugosos, formados como resultado de la contracción o el movimiento/deslizamiento del sedimento (Fig. 14).

3a. Después hay que describir y cuantificar la porosidad, y la rugosidad de sus paredes, así como su distribución a lo largo de la lámina para poder definir la *microestructura* general de la lámina delgada.

4. Dependiendo de la abundancia tipos de porosidad presente en la lámina y como son los agregados, se define la **microestructura** de los sedimentos estudiados, que puede ser de tipo: *esponjosa* (material poroso), *vughy, cámara, vesicular, migajoso* (agregados más o menos redondeados y porosos, y con pequeños gránulos más o

2. Metodología

menos soldados en su interior), *granular* (los gránulos están separados por poros de empaquetamientos compuestos y no acomodados), *bloques subangulares* (agregados separados por poros planos y cortos en la totalidad o la mayoría de los lados y sus caras están mayoritariamente acomodadas entre sí), *bloques angulares* (agregados con bordes angulosos y acomodados, pocos porosos, separados por una red de poros planos) y *placas* (agregados alargados horizontalmente y separados por huecos planos), *lenticular* (agregados lenticulares alargados y separados por fisuras horizontales), *masiva* (agregados no separados o con poca porosidad), *compleja* (mezcla de dos o más *microestructuras*), *esferoidal* (“*microestructura de piel de cebolla*” con porosidad plana y curva dispuesta de manera concéntrica y discontinua) y *vermicular* (con porosidad relacionada a la actividad de lombrices de tierra, formando complejo sistema de poros planos, delgados y continuos o discontinuos con formas irregulares, circulares o elípticas). Las distintas *microestructuras* presentes dentro de los distintos sedimentos arqueosedimentarios pueden explicarse por la existencia de muchos y distintos procesos de formación del registro arqueológico (Stoops, 2003).

5. Una vez analizada y descrita la estructura general de la lámina delgada, se aborda el estudio más detallado de sus componentes, describiendo primeramente los **constituyentes minerales y orgánicos**, que son estudiados divididos en 2 fracciones de tamaño, como componentes gruesos de la trama sedimentaria y como componente de granulometrías finas dentro de la matriz sedimentaria.

5a. La clasificación granulométrica del sedimento se hace según la escala de Wenworth (1922): *arcilla* (<2 micras), *limo* (2-63 micras), *arena muy fina* (63-100 micras), *arena fina* (100-200 micras), *arena media* (200-500 micras), *arena gruesa* (500-1000 micras), *arena muy gruesa* (1000-2000 micras) y *grava fina* (>2000 micras). Dependiendo de la distribución de tamaños de grano en la lámina encontraríamos las siguientes clases: *arena gruesa monomineral bien seleccionada*, *limo bien seleccionado*, *bimodal: arena bien seleccionada embebida en limo bien seleccionado*, *arena bien seleccionada de diferentes composiciones*, *arena moderadamente seleccionada*, *limo mal seleccionado*, *bimodal: arena mal seleccionada en limo bien seleccionado* y *sin seleccionar, etc.* (Courty *et al.*, 1989). Se estima visualmente la abundancia de cada tipo de partícula de la lámina; > 70% muy dominante, 50-70% dominante, 30-50% frecuente, 15-30% normal, 5-15% bajo y < 5 % muy bajo (Stoops, 2003). Dependiendo de la madurez sedimentaria de los granos (redondeamiento y esfericidad) se clasificarán como muy redondeadas a muy angulares y de alta a baja (Bullock *et al.*, 1985).

5b. Posteriormente se procede a la cuantificación y clasificación de la **relación c/f (material grueso y fino)**. Según sea el porcentaje de cada componente tendrán una nomenclatura específica: *monico* (en arenas y gravas, granos separados entre sí): *monico grueso*, *monico fino*, *chitonico* (una matriz de partículas más pequeñas rodean las partículas más grandes) y *gefurico* (las partículas más pequeñas de la estructura se enlazan con las partículas más grandes. Dependiendo de la morfología de esa unión

entre componentes serán cóncavas o convexas): *gefurico cóncavo*, *gefurico convexo*, *enaulico* (las partículas más pequeñas forman agregados localizados en los espacios entre las partículas más grandes, no llenan el espacio poroso completamente): *enaulico fino cerrado*, *enaulico fino espaciado sencillo*, *enaulico fino espaciado dobls*, *enaulico con igual espaciado sencillo*, *enaulico con igual espaciado doble*, *enaulico grueso con doble espaciado* y *porfírico* (las partículas más grandes se encuentran en una densa masa de partículas más pequeñas): *porfírico cerrado*, *porfírico espaciado sencillo*, *porfírico espaciado doble* y *porfírico abierto* (Stoop, 2003) (Fig. 15).

5c. En cuanto a la caracterización de los **componentes de granulometría gruesa** se establecen cuatro grupos de partículas que se describen según su composición y origen: *granos minerales*, *granos minerales de fragmentos de rocas (litoclastos)*, *componentes inorgánicos de origen biológico* (fitolitos, diatomeas, huesos, conchas de moluscos o gasterópodos), *componentes orgánicos* (residuos de plantas, material fino orgánico, pigmentos orgánicos) y *componentes antropogénicos* (Stoops, 2003 y Bullock *et al.*, 1985). Todos estos componentes hay que describirlos según su tamaño, su forma, su abundancia y sus características internas (estructura, alteraciones, etc.).

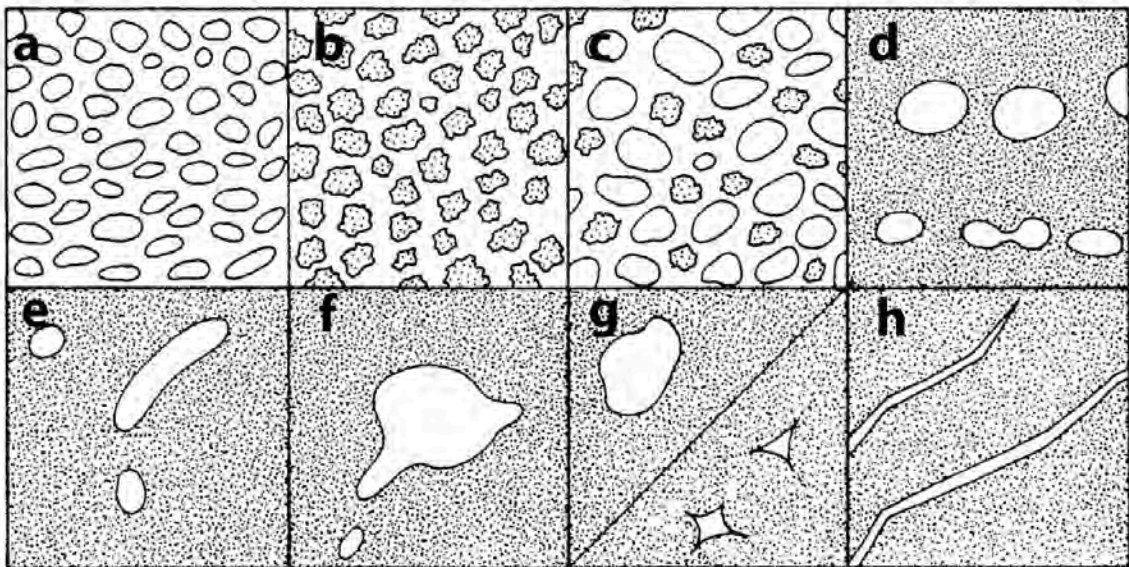


Figura 14 Clasificación según Georges Stoops (2003) de los tipos de porosidad: **a)** empaquetamientos simple; **b)** empaquetamiento compuesto; **c)** empaquetamiento complejo; **d)** vesículas; **e)** canales; **f)** cámara; **g)** *vughy* regular y forma estrellada y **h)** planos

5d. La descripción de los **componentes de granulometrías finas** se hace de manera diferente a las granulometrías más gruesas ya que tienen características físicas, mecánicas, químicas, etc. distintas. Se describen y analizan la naturaleza, el color,

la forma, el tamaño, la abundancia y la estructura interna del material fino (Stoops, 2003). La fracción fina puede estar compuesta por *arcilla*, *limo*, *material orgánico* (p. ej. *coprolitos*, etc.) (Courty *et al.*, 1989), etc. Todos estos componentes se describen y analizan en cuanto a tamaño, forma, abundancia, estructura interna, alteraciones, etc.

5e. También se analizará e interpretará la **groundmass (masa basal o matriz sedimentaria)**. Se trata de un término general para referirse al conjunto de los componentes gruesos y finos y la porosidad. La descripción de la *groundmass* se centra en las características y distribución del material c/f, identificación del material grueso y el material fino (*micromasa*) y su estructura, normalmente denominada como *b-fabric*, y es utilizada para describir los patrones de orientación así como de distribución de los colores de interferencia en la *micromasa* comúnmente arcillosa.

Hay varios tipos de ***b-fabric*** (usado para definir los patrones de orientación y distribución de los colores de interferencia en la masa basal): *indeferenciada* donde se da la ausencia de colores de interferencia (colores de interferencia bajos) debido a la presencia mayoritaria de minerales de la arcilla apenas birrefringentes, *crystalítica* formada por granos minerales muy finos birrefringentes como p. ej. la calcita, *moteada-estriada* cuando la masa basal se compone de arcillas anisotrópicas, dentro de la *estriada* hay varios subtipos: *poroestriada* (las arcillas están orientadas en paralelo a la superficie del poro), *granoestriada* (las arcillas están orientadas en paralelo a las paredes de los granos, nódulo), *monoestriada* (arcillas aisladas orientadas en paralelo), *estriada paralela* (formando líneas paralelas, exhibiendo una extinción simultánea), *estriada cruzada* (formando líneas que se cruzan), *estriada aleatoria* (estructura fina con distintas direcciones), *estriada circular* (formando anillos más o menos circulares), *estriada concéntrica* (distribución concéntrica), *estriada creciente* (distribución elongada propio de rasgos de actividad de lombrices) y *estriada* (el conjunto de la *matriz* presenta una orientación paralela, puede ser *no-estriada* con una orientación definida y *bi-estriada* con dos orientaciones definidas).

Finalmente, a la hora de describir la *b-fabric*, hay que tener en cuenta también la continuidad, el grosor, el grado de orientación, el porcentaje y la frecuencia de las estrías. Los datos pueden ser modificados o enmascarados por varios factores que hay que tener en cuenta y que perjudican las interpretaciones finales como son el espesor de la lámina delgada y el enmascaramiento por la presencia de materia orgánica, óxido, etc.

6. A continuación se aborda el análisis de los **edaforrasgos (pedofeatures)**. Hay que diferenciarlo de la *matriz* como unas unidades de tejido presentes, de un modo discreto, dentro de la formación del suelo y son reconocibles debido a que hay una concentración de uno o más elementos o por una situación diferente en la dinámica de la formación del suelo (Bullock *et al.*, 1985).

Se reconocen varios tipos de edaforrasgos, todos ellos indican las características de los procesos edáficos sufridos por el sedimento estudiado, normalmente obedecen a la concentración, lixiviación y precipitación de diferentes componentes dentro de la masa basal. Pueden formarse concentraciones (nódulos y costras) compuestos por óxidos de hierro, manganeso, calcita o minerales de la arcilla. También se incluyen entre los edaforrasgos distintas estructuras de bioturbación (raíces, actividad de lombrices, etc.) (Courty *et al.*, 1989).

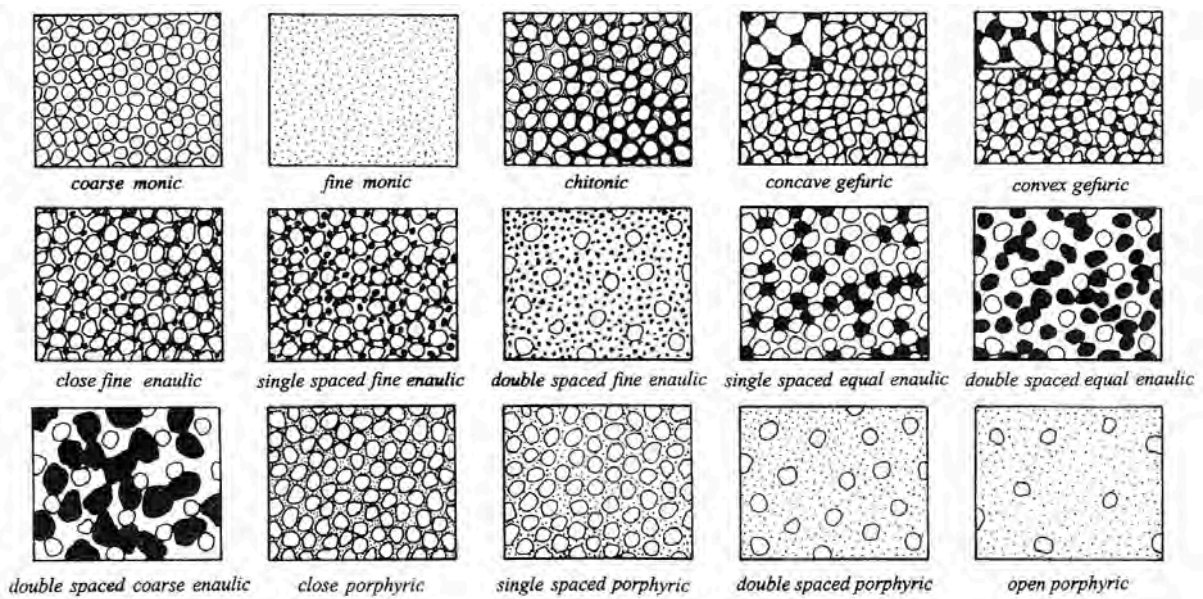


Figura 15 Clasificación según Georges Stoops (2003) de la clasificación de la relación c/f (material grueso y fino)

Hay que tener en cuenta la relación entre los edaforrasgos y las características y distribución de los diferentes componentes de las láminas delgadas. Es decir, los edaforrasgos relacionados con los poros y la superficie de los mismos, o las diferentes partículas o agregados. Dentro de ello nos encontramos: *revestimientos* (recubrimiento de la superficie interna de un poro o partícula), *hiporrevestimientos* (recubrimiento de la superficie externa de un hueco o partícula), *cuasirevestimientos* (recubrimiento que no está en contacto con la superficie interna o externa de un poro o partícula), *rellenos* y precipitados de *cristales* e *intercrecimientos* e *intercalaciones cristalinas*.

Morfológicamente este tipo de revestimientos pueden ser de tipo: *crust* o *costra* (es un revestimiento de la superficie del suelo), *micropan* (hipo y cuasirevestimiento), *linked capping* (situada en la parte superior de dos o más granos uniéndolos entre sí), *capping* (revestimiento en la parte superior de un grano o un agregado), *pendent* (recubrimiento de la parte inferior de un grano o un agregado), *crescent coating* (recubrimiento de un grano o agregado con forma elongada creciente, la arcilla illuvial

por ejemplo) y *typic* (revestimientos que no entran en las categorías anteriores) (Stoops, 2003) (Fig. 16).

Los términos descriptivos generales para los revestimientos son: no laminados, láminas delgadas (< 30 micras), laminado (alternando láminas gruesas (>30 micras) y láminas delgadas con diferente color y limpidez, capas alternantes con diferentes texturas, por ejemplo capas alternantes microlaminadas de arcilla y arcilla limosas (Bullock *et al.*, 1985).

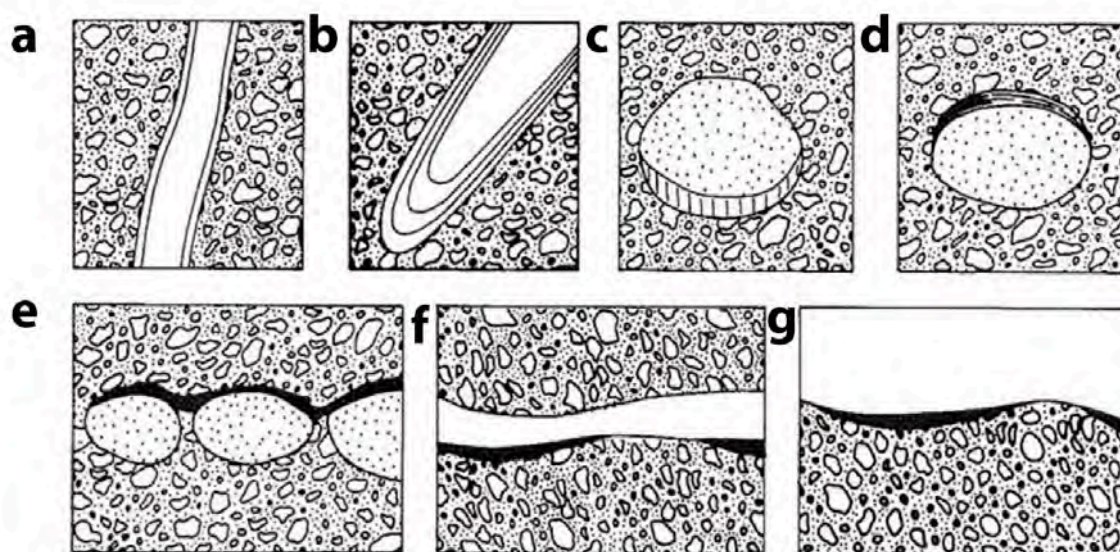


Figura 16 Tipos de revestimientos según Georges Stoops (2003): **a)** *typic*; **b)** *crescent*; **c)** *pendent*; **d)** *capping*; **e)** *link capping*; **f)** *micropan* y **g)** *crust* o *costra*

En cuanto a los antes mencionados *rellenos* se pueden caracterizar también morfológicamente: los de *corredor* (son tubos en el suelo producido por animales de pequeño tamaño como lombrices), *rellenos de arcilla*, *rellenos de cristales* (yesos, calcita, goethita, etc.) y *relleno suelto* (son huecos rellenos por minerales como el yeso o la calcita o por excrementos de animales sueltos, los cuales hay que analizar según su rugosidad, la composición del excremento, el tamaño, el color y la estructura interna) (Stoops, 2003).

En general, hay que integrar la presencia de distintos edaforrasgos definiendo conjuntos o complejos de edaforrasgos. Los conjuntos de edaforrasgos son una mezcla de dos o más edaforrasgos, que a menudo indican cambios en los procesos pedogenéticos y pueden ser indicadores de distintos cambios ambientales (Fedoroff y Courty, 1994).

También pueden observarse rasgos de reelaboración y alteraciones en los

edaforrasgos de la lámina, resultado de la pedoturbación, bioturbación o disolución de componentes del sedimento. Normalmente, deforman la estructura primaria de los sedimentos. La actividad humana también puede perturbar la estructura primaria de los sedimentos.

Los componentes minerales y los nódulos tienen diferentes formas y composiciones que hay que analizar según su forma externa e interna (*redondeado, subredondeado, concéntrico, geódico, digitado, mamelado, etc.*) (Stoops, 2003) (Fig. 17).

Finalmente se observan y describen los distintos rasgos con mayor detalle a escalas más pequeñas, como son los cristales e intercrecimientos de los cristales del mineral viendo la forma de su formación: su forma, hábito de los cristales, color y pleocroísmo, la extinción y la posible continuidad óptica de los minerales y su zonificación. Hay que identificar los diferentes minerales presentes, así como si los litoclastos que nos encontramos bajo el microscopio son ígneos, sedimentarios o metamórficos (Mackenzie y Adams, 1994).

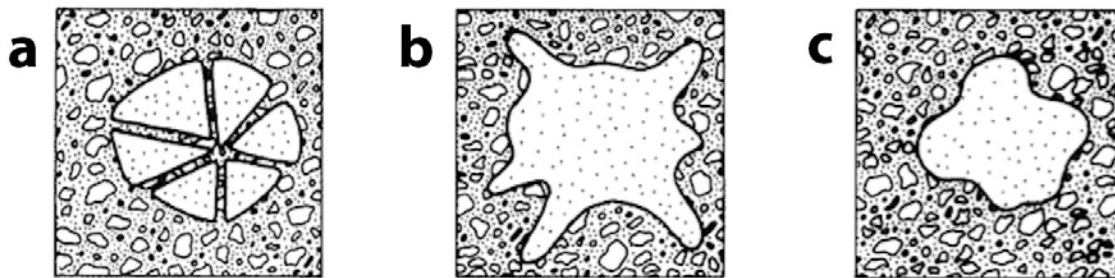


Figura 17 Forma de los minerales y los nódulos según su forma externa (Stoops, 2003): **a)** desarticulado; **b)** digitado y **c)** mamelado

2.2.9 Análisis y tratamiento de datos

Los resultados obtenidos en las diferentes analíticas (granulometrías, mineralogías, geoquímica elemental, LOI y C/N) han sido estadísticamente tratados mediante el análisis de componentes principales (PCA). Siendo éste un método estadístico multivariante en el que buscan explicar la variabilidad de los datos. Y mediante esta técnica estadística se consigue reducir la dimensionalidad de los datos tratados mediante el cálculo de un conjunto de factores (o componentes principales) que agrupan las distintas variables (en este caso elementos y/o minerales) según su patrón de variabilidad. Es decir, ayuda a reconocer distintos procesos o factores (reflejados en los distintos componentes principales) que controlarían/explicarían la variabilidad

2. Metodología

inherente presente en los resultados analíticos.

Para dicho análisis se ha utilizado el programa *SPSS 19.0* y se han normalizado los datos mediante el cálculo de Z-scores.

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

CHAPTER 3: SOCUEVAS ROCK SHELTER (POBES, ÁLAVA)

3.1 Introduction.....	75
3.2 Description and formation of the rock shelter.....	77
3.3 Geological context.....	81
3.4 Archaeological and chronological context.....	81
3.4.1 <i>Archaeological context</i>	81
3.4.2 <i>Chronological context</i>	88
3.5 Stratigraphic sequence.....	91
3.6 Geoarchaeological analysis: Results.....	96
3.6.1 <i>Samples studied</i>	96
3.6.2 <i>Granulometries</i>	99
3.6.3 <i>X-Ray Diffraction</i>	102
3.6.4 <i>X-Ray Fluorescence</i>	105
3.6.5 <i>Determination of Organic Carbon and Nitrogen</i>	106
3.6.6 <i>Data Statistics: Principal Component Analysis</i>	108
3.7 Micromorphological analysis: Results.....	112
3.7.1 <i>Unit VII</i>	116
3.7.2 <i>Unit VI</i>	119
3.7.3 <i>Unit Vc</i>	124
3.7.4 <i>Unit Vb and Va</i>	129
3.7.5 <i>Unit III and II</i>	133
3.8 Discussion.....	138
3.8.1 <i>Characterization of the stratigraphic units of the site</i>	138
3.8.2 <i>Sedimentary formation processes of the site</i>	145
3.8.2.1 <i>Natural formation processes</i>	145
3.8.2.2 <i>Anthropogenic formation processes</i>	147
3.8.2.3 <i>Post-depositional processes</i>	148
3.8.3 <i>Controls and environmental changes in the archaeosedimentary record</i>	150
3.9 Conclusions.....	152

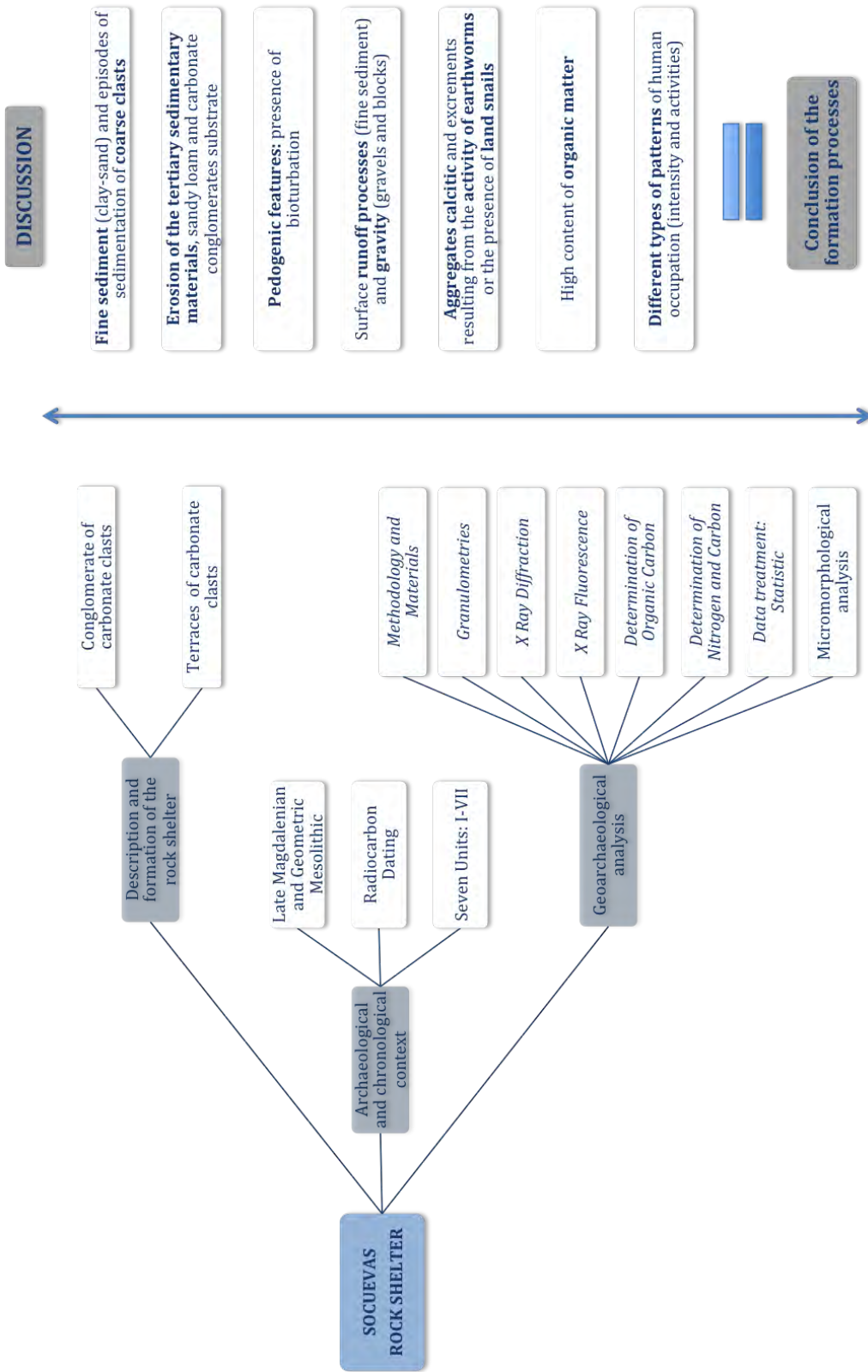


Figure 18 Flow chart of the results chapter for the site of Socuevas

3.1 Introduction

The Introduction chapter contextualizes the site of Socuevas in terms of its geographic location, geological context, climate and vegetation. As our objectives are the results obtained by the different analyses and methods applied to Geoarchaeology (Fig. 18), we shall not insist on those aspects.

Located in the upper Ebro Valley, Socuevas rock shelter (Fig. 19) is in the town of Pobes (municipal district of Ribera Alta, Álava) with the UTM coordinates 507.652.45 – 4.739.855.84 (Fig. 20a). It is situated near the River Bayas (about 80 metres in a straight line) and in the proximity of other archaeological sites that are similar in their formation chronology, forming an increasingly extensive network of sites in the upper Ebro Valley in the Pleistocene-Holocene transition and in some cases with continuity in the Neolithic, Chalcolithic and Bronze Age.

The nearest is Fuente Hoz rock shelter, about 300 metres to the southeast of Socuevas, with human occupations in the Mesolithic and Neolithic. Two kilometres to the north, the open-air settlement of Berniollo was established in a similar date to the occupations at Socuevas (Fig. 19).

It can be said that that large network of sites shows the interest of this region, in which the River Bayas may have acted as the axis connecting the Atlantic and Mediterranean sides of the watershed.

Socuevas was discovered by Félix Murga, who observed lithic artefacts on the surface of the fill at the base of the rock shelter. However, the first sounding was performed by Amelia Baldeón (Baldeón, 1984) with the sub-direction of Luis Ortiz in 1980, who carried out a trial excavation in 1982 (Fig. 20), when the first data and evidence of material culture were found.

The latest excavations were carried out by Ana Cava and Alfonso Alday and a large multidisciplinary team during four field seasons (2009-2012), with the aim of documenting the whole stratigraphic record in the deposit. The archaeological methodology followed was the habitual procedure of dividing the site into squares and sectors, excavating in semi-spits five centimetres deep, and following the variation in the stratigraphic units depending on their colour, texture, position and sedimentary composition. The excavated sediment was dry sieved and the materials were taken to the Arts Faculty in the University of the Basque Country (EHU/UPV), where they were washed and inventoried.

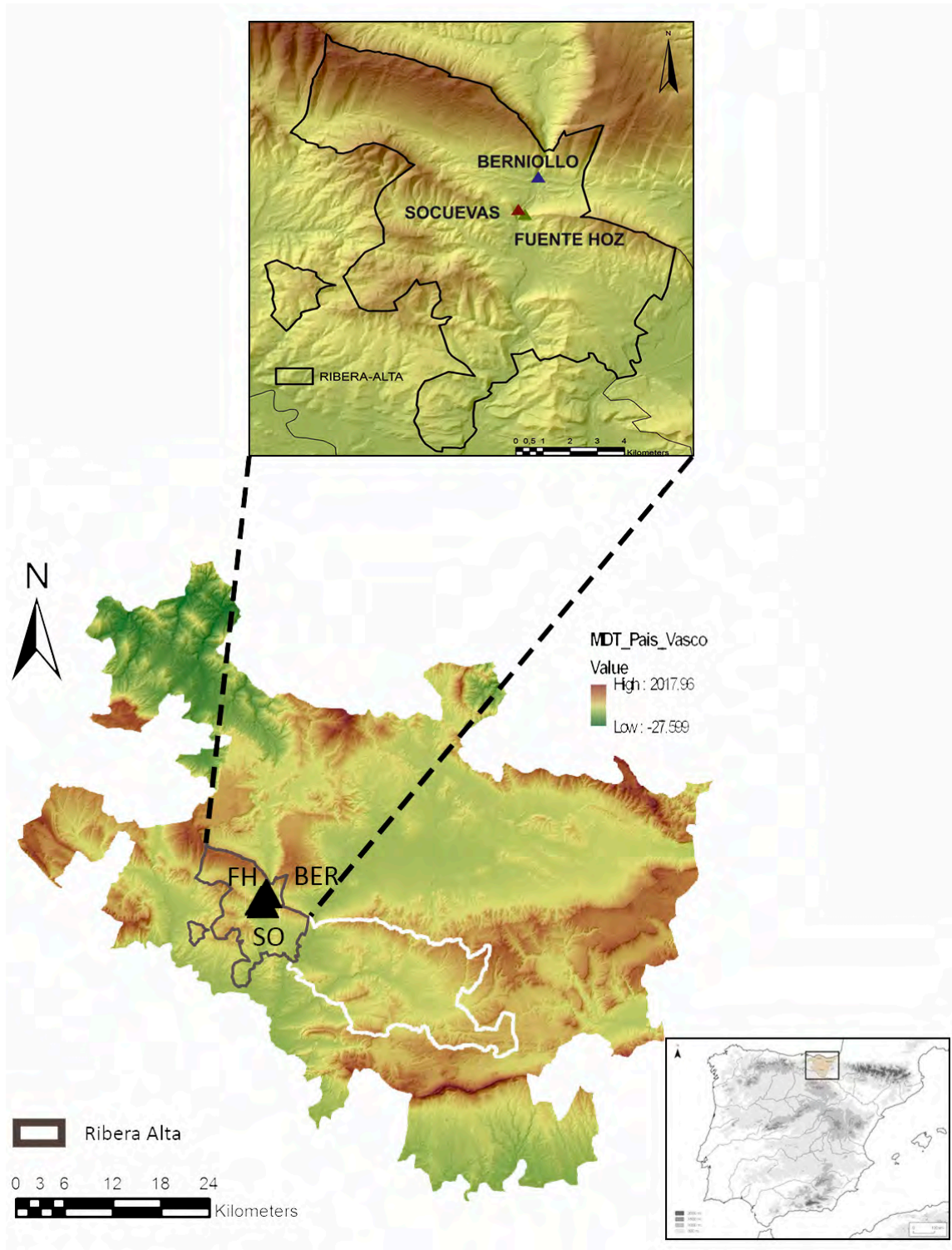


Figure 19 Location sites in the proximity of Socuevas dated in a similar chronology. So: Socuevas; FH: Fuente Hoz and BER: Berniollo



Figure 20 Test pit excavation by Amelia Baldeón in 1982 (from Baldeón, 1984)

3.2 Description and formation of the rock shelter

Nowadays, the appearance of the prehistoric rock shelter of Socuevas is that of a wall of limestone conglomerate with a terrace formation at the foot of the site (Fig. 21b and c). However, its present-day aspect differs from the prehistoric reality.

The conglomerate is formed by carbonated rocks whose grain size varies from large to medium (Fig. 21d and e). It is held together by a matrix or cement. The composition and degree of compaction depends on a series of factors: the lithology of the area feeding the sedimentary basin, climate, relief and landforms in the area. The latter factor depends on the erosion to which the area is subjected.

All these factors have determined that the carbonates formed part of the conglomerate. Thus, a very high percentage is formed by the main components with a diameter greater than 2mm. In general, their sphericity is rounded. The main cement consists of carbonated components that will later be replaced by the rock, due to the stage of solidification. The general classification of the conglomerate is polymictic (Dunham, 1962).

The carbonate conglomerate contains a series of different types of clasts



Figure 21 Location of Socuevas rock shelter: **a)** Aerial view of the rock shelter near the town of Pobes (Ribera Alta, Álava); **b)** View of the face during the excavation. Note the dense vegetation cover; **c)** View of conglomerate in a nearly vertical wall; **d)** Southern view of the excavation and **e)** Northern view of the excavation. Note the carbonated character of the conglomerate



with a rounded form. Their size varies from medium-sized to large grains. The carbonates act as the cement for the different clasts (Fig. 22).

Figure 22 View of the conglomerate in the Northern Section. The different types of carbonated clasts display granulometries of different sizes (Photo: A. Alday)

The overhanging roof of the rock shelter has collapsed on several occasions, and the rocks have become included within the sedimentation of the deposit. Human action has also intervened in the formation of the sediment, and these two processes have been the main ways in which the site has formed.

On the other hand, the archaeological excavation has revealed a very different typology from that which existed during fieldwork. At that time, the site consisted of a narrow platform about 4 metres wide, which was difficult to reach at the top of a steep slope. However, after the archaeological excavation, the current situation consists of two platforms, the one described above covered by Holocene sediments and a lower one in the northern part of the rock shelter, which had become covered after the late Pleistocene (partly by human action and partly by the collapse of conglomerate boulders from the rock). In the southern part of the rock shelter, the section between the two platforms is occupied by a thick bed of conglomerate, about which two hypotheses may be proposed:

- a) this conglomerate is the result of the collapse of the rock shelter roof, possibly before the first human occupation, and other collapses that occurred when the groups were settled at the site;
- b) the conglomerate is bedrock on the upper platform, which did not occupy the whole area of the rock shelter (not only in the northern part). In these circumstances, when the Magdalenian groups arrived at Socuevas, they carried out their activity on the lower platform, with a high sedimentation rate, so that in the Pleistocene-Holocene transition, the height reached the initial surface of the upper platform. At this time, a second occupation cycle began, corresponding to the Mesolithic groups. These communities would enjoy a more stable surface. It is also possible that the beginnings of this second cycle have been largely eroded and only the late Mesolithic sediments consolidated (Fig. 23).

The roof would originally overhang a much larger surface area and provide a quite large shelter for the human groups in the late Magdalenian, whereas the Mesolithic groups would not have this protection. The rock shelter is a little over 7 metres long with a mean depth of about 4 metres (Alday and Cava, 2010). It faces east. A medium-sized group would be able to live in the shelter, according to its size.

The rock shelter is located at the entry to a ravine and, as stated above, close to a watercourse with a wide range of potential flora and fauna at the time of the occupations.

The specific formation of the site, the reasons for the settlement on that terrace and landslips next to the site suggest modifications to the sedimentary record and the collapses of the roof. In addition, the whole archaeological context means that this geoarchaeological study is of interest. The dynamics of the functioning of the human groups can be observed in terms of their activity and intensity. The formation of the sediments in the different periods of the Pleistocene-Holocene transition can be studied, as well as the post-depositional processes that modified the original image of the site where the human communities established their settlements. We therefore believe that our study is able to classify the formative processes of the stratigraphic sequence that has been preserved.



Figure 23 Southern view of part of the conglomerate of the rock shelter. In the background, note part of the conglomerate wall. It is the last of the sediments dated in the Mesolithic

3.3 Geological context

The geological formation in the site of Socuevas, as observed *in situ* and described in Sheet No. 137 of the IGME (Spanish Geological and Mining Institute), corresponding to the area around Miranda del Ebro (Fig. 24) possesses its own personality in terms of the lithology and sediments, as described below.

Socuevas is located in a Tertiary geological formation (*Neogene, Lower Miocene with Aquitanian, Burdigalian and Lower Vindobonian*). It is characterised by red clays, and some sandy clays, limonite and conglomerate. They belong to the sediments in the *Tertiary Depression*, which is divided into three Flanks (south, north and central). Socuevas rock shelter is in the North Flank, which is discordant on *Mesozoic* terrain. In the geological map it is classified as T^{Ba-Bb / c11-11} (Fig. 24).

3.4 Archaeological and chronological context

The studies carried out for this thesis will be contextualised, so as that they are not appreciated in isolation. They will be inter-related with the chronologies they belong to, both in terms of the material culture and of each stratigraphic unit (in sub-section 3.5. *Stratigraphic sequence* all the stratigraphic units will be examined according to their formation, colouring and texture).

3.4.1 Archaeological context

The initial sounding carried out by Amelia Baldeón in 1982 and 1984 consisted of a surface area of a square metre, excavated in three beds, about 20cm depth. These revealed in the third bed, the deepest with an intact unit, remains of hearths and combustion, abundant faunal remains, and lithic artefacts made from flint, dated in the Mesolithic and including microliths, geometrics (trapeziums and triangles) and micro-burins. The second bed contained organic remains, paleontological remains, and abundant flakes, blades, ochre, and a micro-burin. The first superficial bed was a disturbed layer with numerous, flakes, blades and paleontological remains (Baldeón, 1984).

In the first field season, Amelia Baldeón and her team cleaned the surface of the rock shelter in a surface area of about 20 square metres, as it was totally covered by modern ash and remains. Nine square metres were excavated (Baldeón, 1984). The results obtained in this season agreed with the sounding performed earlier, with a material culture belonging to the Mesolithic in its geometric phase.

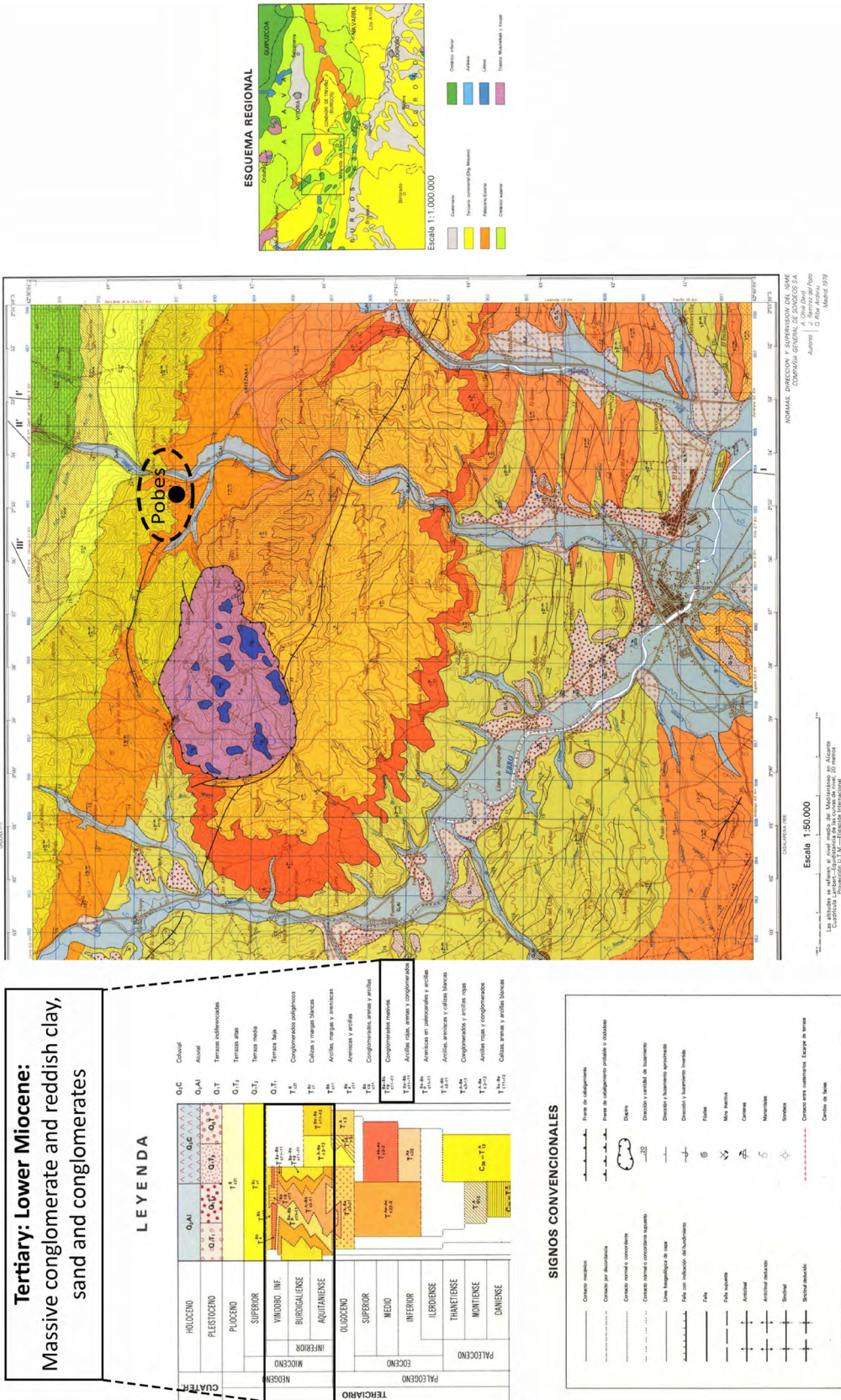


Figure 24 Geological map sheet No. 137 (modified from IGME). The site of Socuevas corresponds to the code T Ba-Bb / c11-11

3. Socuevas rock shelter

The four excavation seasons (Fig. 25) performed under the direction of Alfonso Alday and Ana Cava began in 2009. The first of these field seasons at Socuevas noted some illegal digs that had disturbed the fill left from A. Baldeón's excavations. Two divisions were made: one correlative to Units I to IV, with a division between the surface and disturbed layers and other units given the letters A and B, to differentiate stratigraphic units more specifically (Alday and Cava, 2009a).

During their fieldworks the following stratigraphic units were differentiated (Fig. 26a and b):

In the superficial layer, few archaeological remains were recorded, about 150 small bone fragments, 48 pieces of lithic reduction waste, a microlithic endscraper and some modern objects.

Unit I, of a contemporary and anthropic origin, contain abundant archaeological remains: a lithic assemblage with about a thousand remains of lithic reduction, about 10 rejuvenation flakes, nearly two hundred blades, 30 micro-burins, ninety retouched artefacts (13 endscrapers, most of which a microliths, 20 slots and denticulates, 20 trapeziums and a triangle, side-scrappers, backed elements, etc.). The large mammal remains consisted of 2500 fragments (few displayed marks of their use or had been worked), smaller in size than in the intact units. Some molluscs and fish vertebrae were also documented. The archaeological record of this unit also included three cobblestones with impact marks, thirty potsherds, mostly broken recently (Alday and Cava, 2009a). This was a disturbed unit and not intact, and therefore the archaeological remains were highly diverse. This was the consequence of the illegal digs and signified that the unit held little archaeological and sedimentary interest.

The next stratigraphic unit to be differentiated was Unit II, dated in the Mesolithic. It is the first intact unit and the first in a good sequence of archaeological units. The lithic assemblage contained about a thousand pieces of reduction waste, 15 micro-burins (Fig. 27a), 10 rejuvenation flakes, 24 slots and denticulates, 20 geometrics (Fig. 27b), seven endscrapers, perforator, backed elements and side-scrappers. About 2000 bone fragments were found, with a larger number of identifiable remains and some of them had been worked. Within this Unit II, stratigraphic unit SU.a was differentiated, in which the archaeological record was more scanty: about 200 pieces of reduction waste, slots, denticulates, simple blades and geometrics, as well as 150 unidentifiable osseous fragments with no marks of their use (Alday and Cava, 2009a).

The next differentiated unit is the Mesolithic Unit III. It is a unit with evidence of fires. In Square E10 (Fig. 27c) the base of a hearth consisted of a small pit filled with a darker sediment.

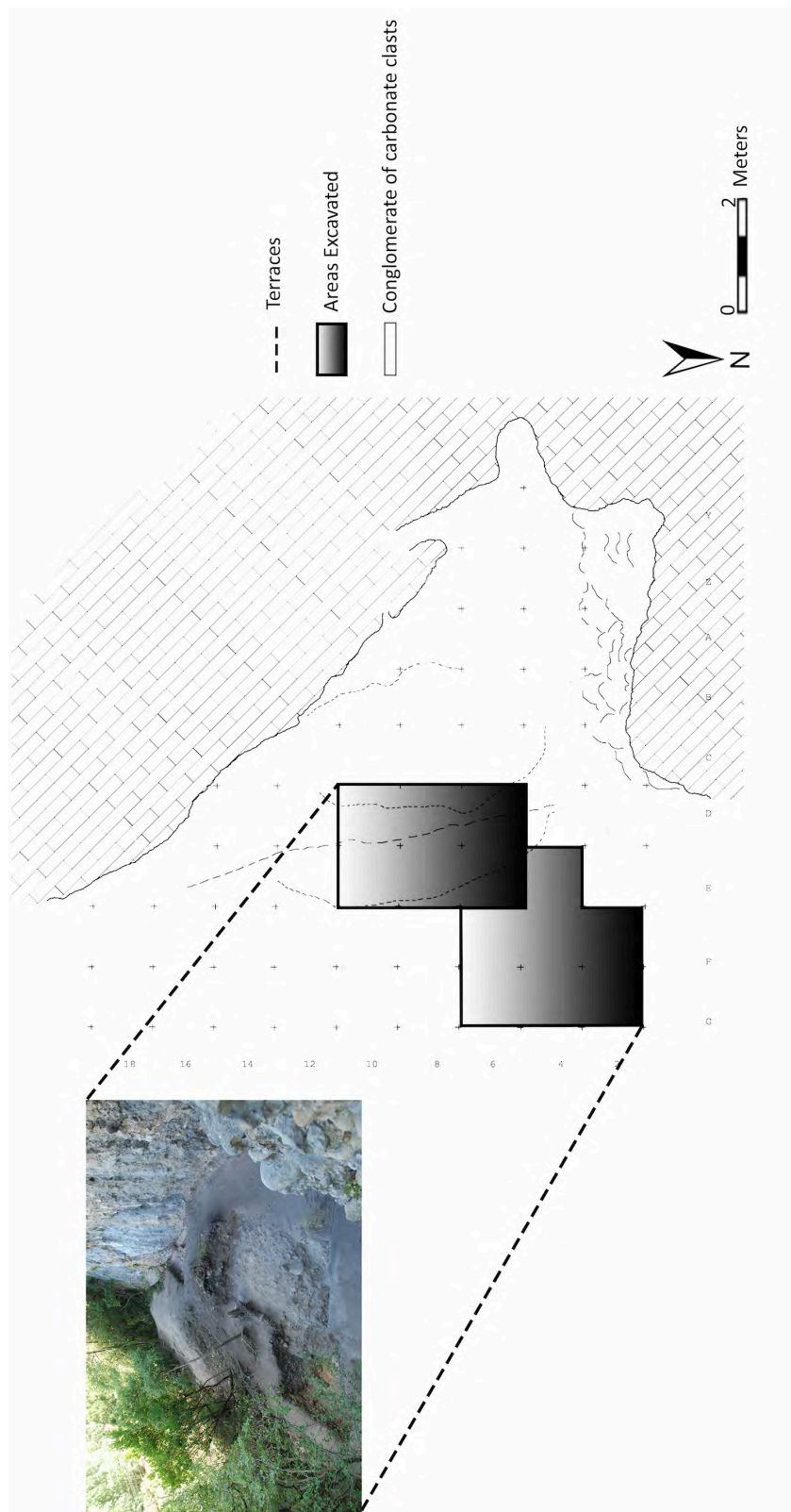


Figure 25 Excavated area, identification of the terraces and the carbonated conglomerate at the site of Socuevas

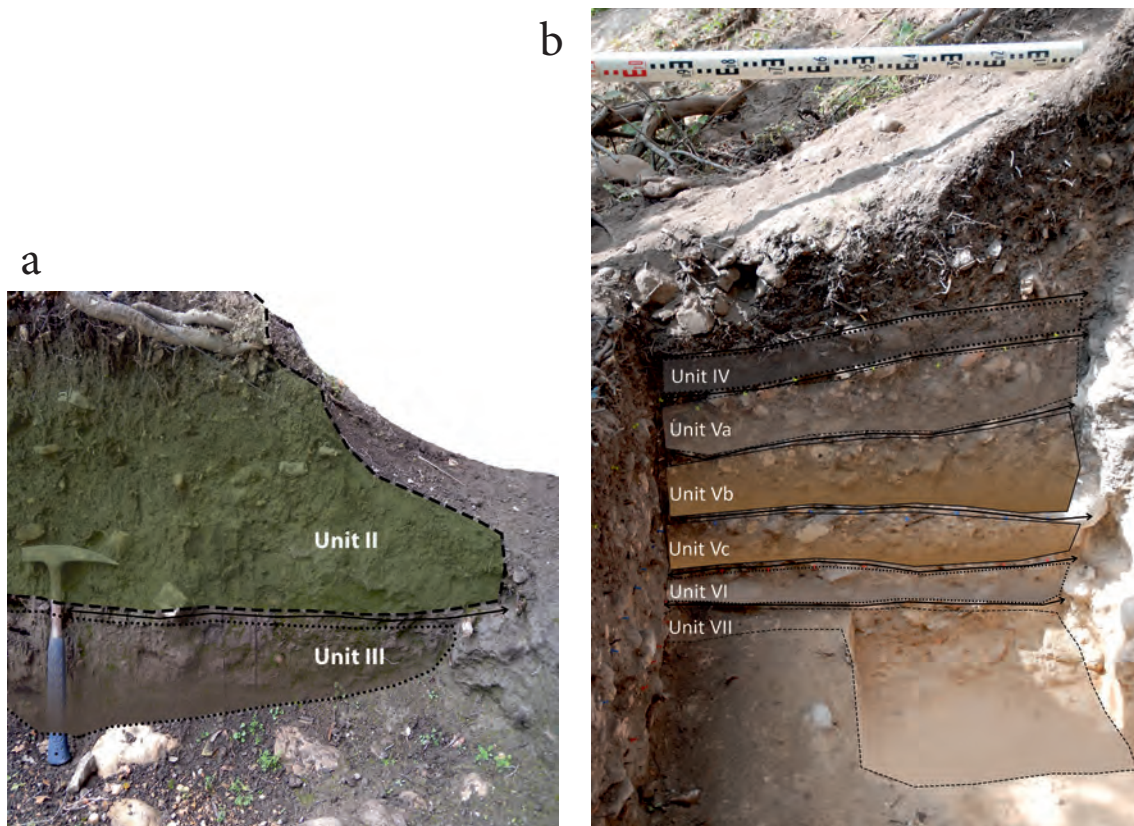


Figure 26 Colour identification of the sequence **a)** Southern stratigraphic section with Mesolithic units. Units II and III and **b)** Southern stratigraphic section with Magdalenian units. Units IV to VII

A series of hearths were also found in Squares D8 and D10 (Fig. 27d). They consisted of a well-prepared circle of cobblestones with dark sediment accompanied by pieces of charcoal.

This unit yielded an archaeological record consisting of about 3000 pieces of flint, with cores, burin spalls, rejuvenation flakes, blade blanks (Fig. 27e), reduction debris, 12 micro-burins, endscrapers, backed pieces, side-scrappers, slots, and geometrics (triangles, trapeziums, a segment and two segmentiforms), as well as splintered pieces, and 18 blades with use-wear marks and truncations (Alday and Cava, 2009a and 2010).

The following stratigraphic unit in the sequence at Socuevas rock shelter is Unit IV, although its differentiation is not easy owing to the thinness of the sediment and supposed post-depositional disturbance. This unit yielded a very large assemblage of siliceous material, including over a thousand pieces of flint, a high percentage of reduction waste, cores, rejuvenation flakes, simple blades, backed pieces, endscrapers, burins, denticulates, truncations, and a couple of geometrics. The osseous assemblage comes to about four hundred highly fragmented remains of which a very large proportion

is unidentifiable. However, a bone that had possibly been treated was found in this unit (Alday and Cava, 2010; 2011a; 2012a).

Beneath these Mesolithic units, a platform formed by the bedrock in the rock shelter is reached, and the last hunter-gatherers established themselves on this platform. After removing part of the sediment and part of the conglomerate floor, another series of stratigraphic units appeared. These are units whose archaeological remains are older than in the previous units and correspond to Magdalenian groups (Fig. 28).

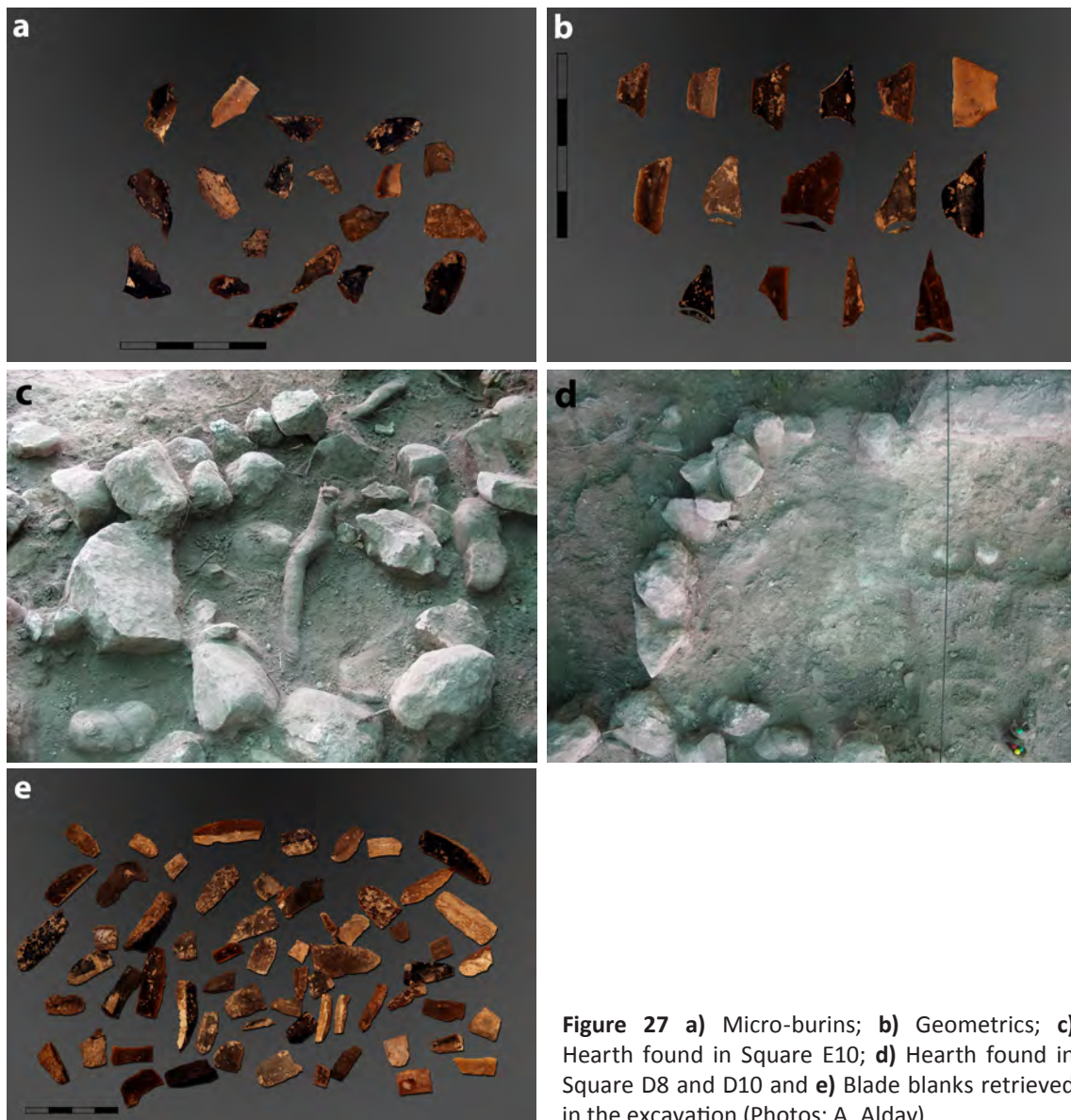


Figure 27 a) Micro-burins; b) Geometrics; c) Hearth found in Square E10; d) Hearth found in Square D8 and D10 and e) Blade blanks retrieved in the excavation (Photos: A. Alday).

The next stratigraphic unit with archaeological remains is Unit V (excavated in the 2011 and 2012 field seasons), which has been sub-divided into Units Va, Vb and Vc due to sedimentological differences in colour, texture and composition. In sub-section 3.5. *Stratigraphic sequence*, all the stratigraphic units are described according to their formation, colour and texture.

Unit Va is rich in archaeological materials. It includes two treated cobble-stones, abundant siliceous material with about three thousand pieces of flint, half of which is reduction debris, as well as blades, truncations, burins, backed elements, side-scrapers, denticulates, endscrapers, and splintered pieces. About 2500 bone fragments were recorded although few of them are identifiable. However, they include a series of teeth and above all a very large number of micro-fauna osseous remains (Alday, 2011a; Alday and Cava, 2012a).

The next unit differentiated in the excavation is Unit Vb, which is very similar to the previous one as regards the archaeological material. This includes: a manipulated cobble-stone from a different geological formation from the geology of the rock shelter, about 2000 siliceous pieces, of which over half is reduction waste, about 30 endscrapers, over a hundred blade and flake blanks, a hundred backed elements, truncations and sidescrapers, forming a very similar lithic assemblage to the previous one. Faunal remains are very numerous (about 3000) although very small and many cannot be identified. The identified remains are the teeth of horses, red deer and ibex, but the most significant aspect in this unit is the presence of remains belonging to lagomorphs. In addition, some bone artefacts have been found: two awls, a needle and a fragment of a *Pecten maximus* shell (Alday, 2011a; Alday and Cava, 2012a).

Unit Vc follows, displaying uniformity in the technological assemblage with regards to the other sub-units. It has yielded: about 400 siliceous elements, nearly half of which are reduction waste, as well as 30 blade blanks, a further thirty backed elements, and some sidescrapers, burins, endscrapers and truncations. About 800 faunal remains were recovered with a very significant proportion of micro-fauna remains, although these decrease in number with depth. Four bones that had been worked are other artefacts to highlight in this sub-unit (Alday, 2011a; Alday and Cava, 2012a).

With greater depth, the abundance of archaeological material decreases. In the last two field seasons (2011 and 2012), Unit VI was differentiated. The lithic assemblage consists of about 2000 pieces of flint, nearly half of which are reduction waste, over 200 blade blanks, over 24 burins, about 40 spalls, denticulates, endscrapers, sidescrapers and truncations. About 1500 small bone fragments were recorded, few of which can be identified (teeth). Micro-faunal remains are not as numerous as in the previous sub-units. Of particular interest are a treated bone and a spatula (Alday, 2011a; Alday and Cava, 2012a).



Figure 28 Southern section of Squares G6 and G8 (Photo: A. Alday)

The last stratigraphic unit to be differentiated in Unit VII, which at its top resembles Unit VI with archaeological material, which at its base lacks anthropological remains and becomes barren. At its base, it is in contact with the bedrock. The highest part of this unit has yielded: a treated cobblestone, over 1000 flints, more than 100 blades, and 80 retouched artefacts, such as burins, sidescrapers, endscrapers, borers, denticulates, truncations and a Teyjat-type point. The faunal remains include about a hundred fragments from large fauna and some small fauna remains (Alday, 2011a; Alday and Cava, 2012a).

3.4.2 Chronological context

According to the archaeological assemblages, the record at Socuevas rock shelter covers a long chronological sequence. In addition, a series of unpublished radiocarbon determinations (Table II and Fig. 29) contextualise chronologically all the sedimentary processes in the deposit at Socuevas.

3. Socuevas rock shelter

The inventory of the archaeological material found in the deposit in the course of the fieldwork and the later cataloguing has succeeded in achieving a better understanding of these units assigned to the period of the Pleistocene-Holocene transition.

The first group that occupied Socuevas rock shelter chose the site because it provided good shelter. On a platform of about 80 square metres, facing east with a good view over the territory, they settled on a sandy floor (Fig. 30), almost in contact with the bedrock. The first occupation, therefore, would be Unit VII, at the end of the Palaeolithic. This is shown by the Teyjat point, indicative of a late Magdalenian occupation.

Next, with a very low sedimentation rate, the flint blade production and presence of backed pieces and burins attest a late Magdalenian occupation in Unit VI. This is supported by a C14 determination on a bone sample, with a result of 13,400-13,260 cal BP.

Unit	BETA	Submitter No.	Material Pretreatment	Measured Age	Conventional Age	2 Sigma Calibration
III	282212	Socuevas 1.-D10.2.186.141	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	NA	2870 +/- 40 BP	Cal AD 60 to 240 (Cal BP 1890 to 1710)
III	282213	Socuevas 2.-E8.205.419	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	9200 +/- 50 BP	9260 +/- 50 BP	Cal BC 8630 to 8310 (Cal BP 10580 to 10260)
III	282214	Socuevas 3.-E8.5.217.1814	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	10470 +/- 50 BP	10550 +/- 50 BP	Cal BC 10800 to 10440 (Cal BP 12750 to 12390)
IV	282215	Socuevas 4.-E8.9.225.10R	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	11040 +/- 50 BP	11130 +/- 50 BP	Cal BC 11170 to 10980 (Cal BP 13120 to 12930)
V	282216	Socuevas 5.-E6.7.260.363	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	11460 +/- 50 BP	11540 +/- 50 BP	Cal BC 11500 to 11340 (Cal BP 13450 to 13290)
VI	312042	SC-2011-3	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	11.400 +/- 50 BP	11.470 +/- 50 BP	Cal BC 11450 hasta 11310 (Cal BP 13400 to 13260)
Vc	312041	SC-2011-2	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	11.460 +/- 50 BP	11.530 +/- 50 BP	Cal BC 11490 a 11340 (Cal BP 13440 to 13290)
V	312040	SC-2011-1	(bone collagen): collagen extraction: with alkali	11.980 +/- 50 BP	12.040 +/- 50 BP	Cal BC 12040-11840 (Cal BP 13990 to 13800)

Table II Radiocarbon dates obtained in Units III, IV, Vc and VI

The most stable and longest period of occupation is seen in the formation and activity of Unit V and Unit Vc, with three C14 dates: 13,990-13,800 cal BP and 13,450-13,290 cal BP (Unit V) and 13,440-13,290 cal BP (Unit Vc), which is still in the late Magdalenian.

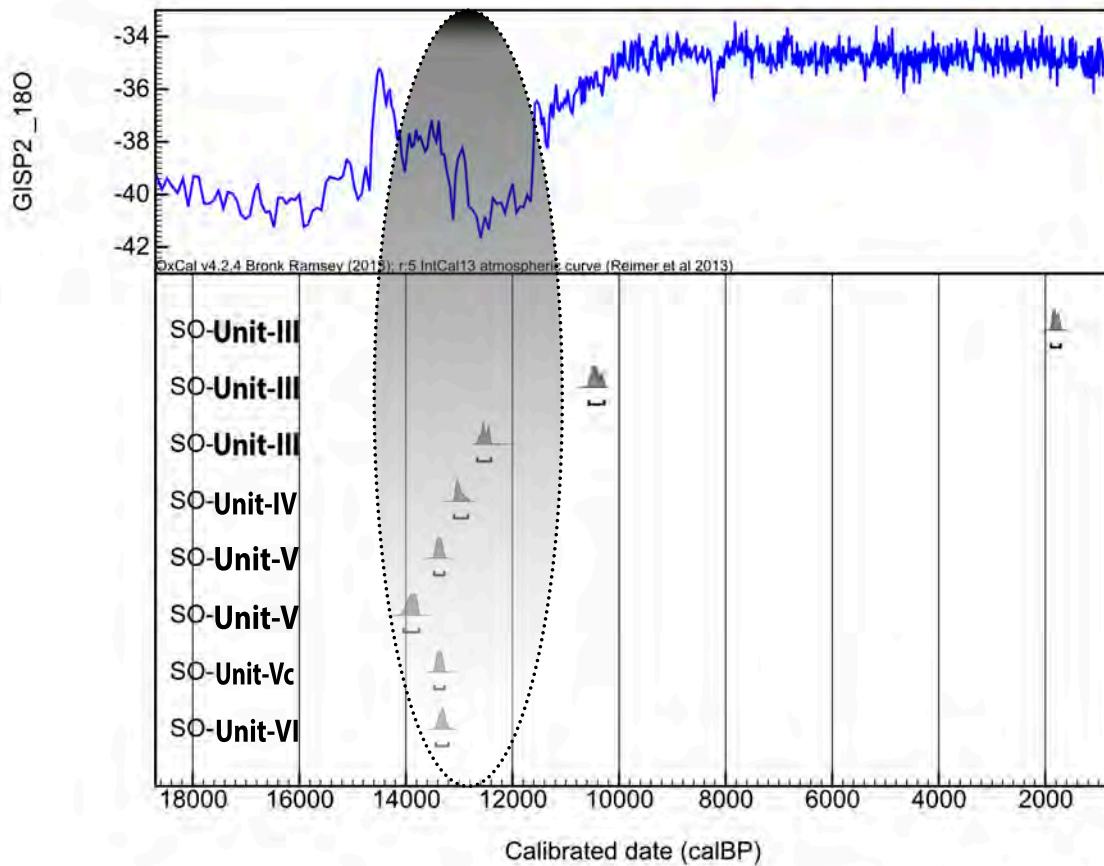


Figure 29 Calibrations and GISP2_180 data for the dated samples (using Oxcal software). The cold phase at the end of the Pleistocene is shown



The presence of the calcareous conglomerate floor marks the special characteristics of Unit IV, of which only residual areas remain in the archaeological record. Despite the small number of archaeological remains, this unit reflects a quite significant change in the lithic assemblage, with a larger proportion of backed elements and a reduction in size resulting in a more micro-blade appearance.

Figure 30 Test pit of Unit VII. Sandy layer almost in contact with bedrock

The C14 date for a bone sample, 13,120-12930 cal BP, supports the late Magdalenian attribution.

The groups that occupied the rocky floor in Unit III, settled on the upper terrace. The lithic assemblage possesses a Sauveterrian appearance, which is quite unusual in the Iberian Peninsula but which is slowly being discovered in the upper Ebro valley. Three C14 dates are available for this unit: 12,750-12,390 cal BP and 10,580-10,260 cal BP.

The last occupation phase corresponds to the last hunter-gatherers. They formed the layers in Unit II. The study of the archaeological remains that were found is indicative of a geometric Mesolithic, with geometric microlithic armatures, microblade reduction, backed elements, micro-burins and endscrapers (Alday and Cava, 2012a).

3.5 Stratigraphic sequence

After studying the remains that have been found in the excavation, another fundamental part of the study is the analysis of the different stratigraphic units that were discriminated in the fieldwork.

The site of Socuevas possesses a deposit about 3 metres thick. The stratigraphy was defined according to the composition, texture, hardness and colour of the sediments (Table III) during the fieldwork and in the laboratory analysis. Seven units were discriminated (Units I to VII) and several sub-units (Va, Vb and Vc) (Figs. 31 and 32). In this way, the units were defined during the research of Amelia Baldeón and Alfonso Alday and Ana Cava.

The last occupation phase was detected in Amelia Baldeón's fieldwork. It was characterised as Superficial Unit, Unit I (disturbed by illegal digs) and reached Unit II.

The Superficial Unit is characterised by the *humus* of the soil cover, about 9cm thick. This vegetal cover, with bioturbation caused by the action of roots, was a disturbed layer. It is dark brown in colour and blackish in places due to the decomposition of organic matter.

As Unit I had been disturbed by illegal digs, these sediments were removed in the area excavated by Amelia Baldeón, sieved almost completely, and deposited in several parts of the rock shelter. This sediment reached a thickness of about 80cm, and the shrub cover grew on this modern deposit. The original structure of the formation of the archaeological floor was modified. These are disturbed sediments, dark brown and occasionally blackish in colour. Because of great internal irregularities, disturbances caused by the illegal digs, and bioturbation processes of roots and shrubs, it is very difficult to determine its formation.

Unit	Samples	Depth (cm)	Munsell Soil Color Chart	Color
II	SO-1d	190	5YR 5/2	Reddish gray
II	SO-1c	200	5YR 5/1	Gray
III	SO-1b	210	5YR 5/1	Gray
III	SO-1a	220	5YR 5/2	Reddish gray
Va	SO-5b	280	5YR 4/2	Dark reddish gray
Vb	SO-5a	305	5YR 5/2	Reddish gray
Vc	SO-4a	320	5YR 5/2	Reddish gray
VI	SO-3b	340	7.5YR 7/3	Pink
VII	SO-3a	350	7.5YR 8/4	Pink
VII	SO-2b	370	7.5YR 8/4	Pink
VII	SO-2a	380	7.5YR 8/4	Pink

Table III Characterisation of sediment colours with the Munsell Chart, for the samples SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d

The following Unit II is the first intact unit, representing the occupation of the rock shelter by the last hunter-gatherer groups.

The thickness of Unit II varies, but its mean thickness is about 20cm. It is quite homogeneous with much more compact sediment, although some alterations are still visible due to the plant cover and root action. It is characterised by sediment with a fine powdery texture. Some medium-sized clasts appear at its top, while nearer Unit III the clasts become smaller. Some of them fell from the wall of the rock shelter. The sediment is dark brown, with some grey and whitish concentrations in places (Fig. 31), probably due to carbonates in the sediment.

The next stratigraphic unit is Unit III, with an average thickness of 30cm. Its characteristics are similar to those of the previous unit, but with increasing numbers of cobblestones from the collapse of part of the conglomerate in the rock shelter. It finishes with a cobbled floor formed by the rock shelter conglomerate. The sediment colour is the result of the degradation of these conglomerate cobbles and is yellow and whitish (Fig. 31) and also a consequence of a series of hearths (Fig. 27c and d). These combustion structures contribute dark, blackish colouring due to the presence of charcoal. It is a layer overlying the upper terrace, formed by the cobble floor of calcareous conglomerate, of the same formation as the rock shelter itself.



Figure 31 Units I and II in the southern section, dated in the Mesolithic

It was thought that the archaeological sequence would not continue beneath this conglomerate terrace, but when part of the sediment was removed, a new archaeological unit appeared. This contained an older lithic assemblage than had been found and studied in Units II and III. It was formed by Sauveterrian groups. This is Unit IV (Fig. 32). With a mean thickness of 40cm, it is a non-compact, granular and loose silty sediment. In the outer area of the rock shelter, there are fewer rounded conglomerate cobbles, and these increase in number nearer the rock shelter wall.

In the outer area, the sediment colour is dark brown, while near the wall the degradation of the conglomerate produces yellow and whitish-coloured sediment. This unit received sediment from the hillside next to the rock shelter, due to run-off processes, and from the collapse of the rock shelter conglomerate. However, this situation changes further away from the wall, where the sedimentation was by natural causes and greater bioturbation due to roots is observed.

Beneath Unit IV, a series of sub-units were differentiated in Unit V (Units Va, Vb and Vc). Although they form a single sedimentary packet (Fig. 32), a series of differences reveal different formation processes, although the archaeological material is quite similar.

Unit Va: about 40cm thick, depending on the square and sector. The sediment is more silty than before, with participation of a sandy substrate and at the base, more cobblestones fallen from the limestone conglomerate in the rock shelter itself. Post-depositional activity is seen in bioturbation caused by roots and an accumulation of fresh organic material. The sediment colour is dark brown at the top and more yellowish at the bottom (Fig. 32) due precisely to the degradation of the conglomerate cobbles from the rock shelter.

Unit Vb has a thickness of about 25cm, although in some sectors it reaches 40cm. The sedimentology is very similar to the previous sub-unit. The larger number of reddish layers is perhaps the most significant difference due to the degradation of cobblestones fallen from the rock shelter wall. It is characterised by its dark brown colour (Fig. 32) partly due to the presence of fresh organic matter.

Unit Vc is about 15cm thick. Its main characteristic differentiating it from the previous units is the greater compaction of the sediment and the larger number of cobblestones, probably fallen from the conglomerate wall of the rock shelter. The sediment colour varies from brown (Fig. 32) due to abundant fresh organic matter to greyish owing to the degradation of the limestone cobbles.

The last fully archaeological unit is Unit VI with a thickness of about 30cm (Fig. 32). This sediment is much more compact than the overlying stratigraphic units. It is a less organic layer, while affected by bioturbation processes due to the presence of roots. Here, medium-sized cobblestones are much scarcer than in the other units and sub-units. The sediment is dark brown, with some lighter tones due to the degradation of the cobbles, which must have fallen from the rock shelter conglomerate. At its base, it becomes less silty, owing to a higher proportion of sand.

3. Socuevas rock shelter



Figure 32 Units IV to VII in the southern section, dated in the Magdalenian

The last differentiated unit, Unit VII (Fig. 32), was excavated to a depth of 40cm, although 20cm were excavated in the form of a sounding. Archaeological material appeared in the top few centimetres, below which it became archaeologically barren. This stratigraphic unit corresponds to the Tertiary sedimentary substrate, formed by alternating layers of fluvio-alluvial carbonate silt and sand. Sections of rhizoliths were left by the action of roots. It is almost all yellow in colour apart from some reddish elements due to iron oxides. At its base, this unit is in contact with the bedrock in Socuevas rock shelter.

The late Magdalenian and Mesolithic groups occupied a natural terrace formed by sediment from the contiguous hillside, anthropogenic contributions (hearths, trampling by those groups), natural material, root activity and by the collapse of the roof and conglomerate wall of the rock shelter itself.

3.6 Geoarchaeological analysis: Results

Once described the stratigraphy of the site of Socuevas and its archaeological content, in this subsection we present the results obtained from the different analyzes we performed. In the chapter referring to the methodology, different geoarchaeological techniques were described, all of them being applied to the sediment samples extracted from the Socuevas rock shelter. This sub-section presents and discusses these results.

3.6.1 Samples studied

In the Socuevas rock shelter eleven samples of loose sediment were collected corresponding to the entire sequence of the late Magdalenian and Mesolithic, in order to characterize them granulometrically, mineralogically and geochemically. The selected samples correspond to units VII, VI, Vc, Vb, Va, III and II, coming from the southern section of the G6 and G8 bands and southern section of the D10 (unit IV could not be sampled for any of the analytical, due to problems in extracting samples from both: loose and compact sediments) (Figs. 33a-b and 34). These loose sediment samples have been used for particle size analysis, X-ray diffraction and fluorescence analysis, organic carbon determination (L.O.I.) and pyrolysis determination of nitrogen and carbon. The acronym used in each sample is the following:

- SO-1a, b, c and d; correspond to units III (SO-1a-b) and II (SO-1c-d) (4 samples).
- SO-2a and b; correspond to unit VII (2 samples).
- SO-3a and b; correspond to units VII and VI, respectively (2 samples).
- SO-4a; corresponds to unit Vc (1 samples).
- SO-5a and b; correspond to units Vb and Va, respectively (2 samples).

3. Socuevas rock shelter

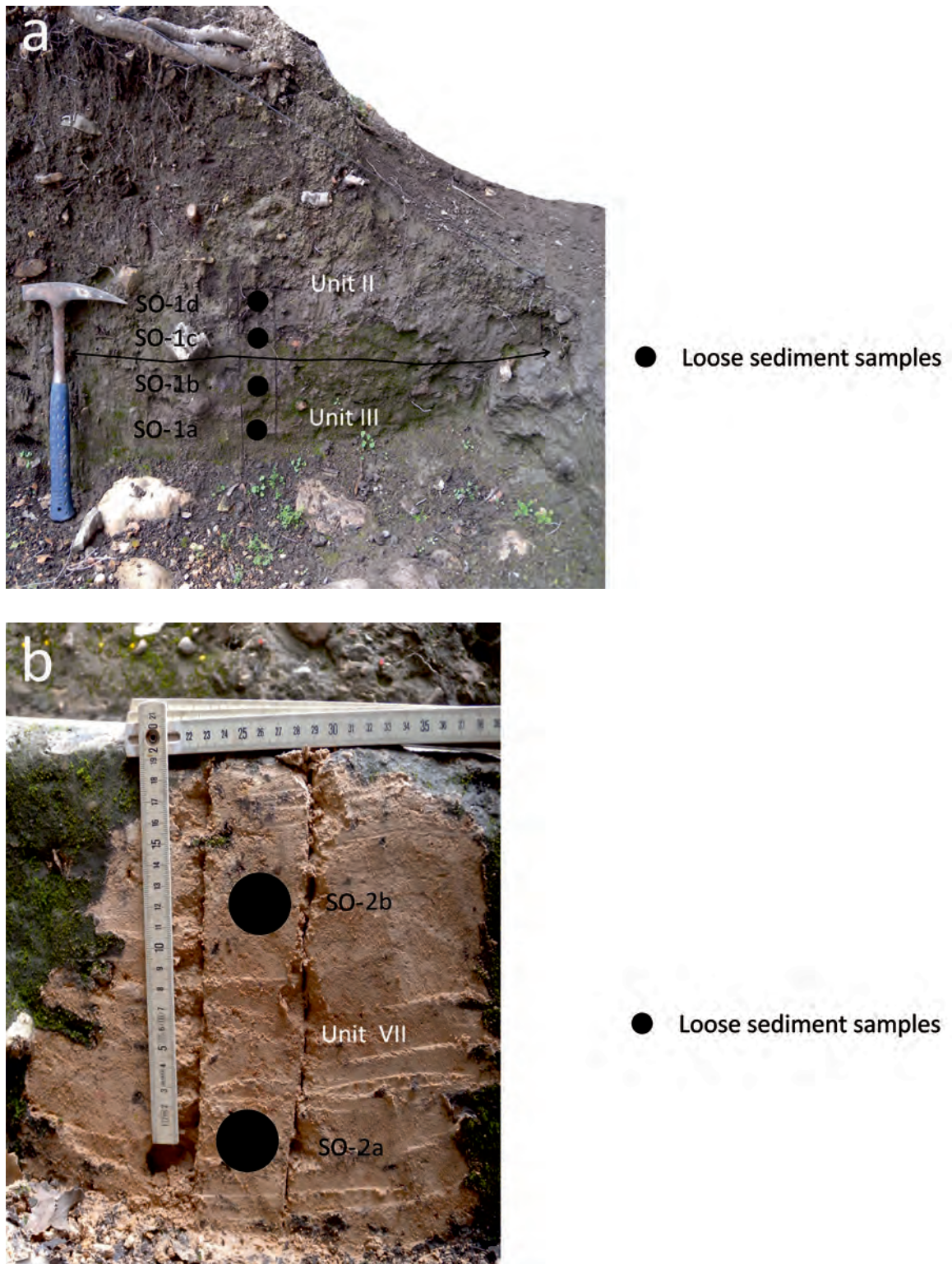


Figure 33 Location of loose sediment samples taken from the site: a) Units II and III and b) Unit VII



Figure 34 Location of loose sediment samples from the site: Units Va-VII

3.6.2 Granulometries

Eleven samples were analyzed in order to characterize granulometrically the sedimentary matrix of the different stratigraphic units and to detect differences in the sedimentary processes and / or source area of the sediments.

In Table IV and Appendix Chapter 3- Figure A2 the most representative parameters of the granulometries made to the samples of loose sediment of the Socuevas deposit appear. The thicker granulometries were also taken into account when analyzing the grain size percentages of the samples, calculating the total weight of the sample and the final weight of the fine fraction after passing through the sieve (1,250 mm). The following descriptive parameters were extracted from the results of the statistical analysis of the granulometries: textural group, skewness, *kurtosis* and percentages of gravel, sand, silt, clays and mud (sum of silt and clays) .

The eleven samples of the Socuevas deposit have similar characteristics corresponding to sandy silts, but there are significant variations in the percentages of the granulometric fractions both thicker (gravel) and finer (silt and clay). It is possible to observe how they vary along the stratigraphic sequence (Fig. 35). The stratigraphic sequence analyzed has been divided into three phases with different grain size trends.

Unit	Samples	Depth (cm)	% Gravel	% Sand	% Silt	% Clay	% Mud	Gravel/Sand
II	SO-1d	190	48,98	25,51	22,60	2,91	25,51	1,92
II	SO-1c	200	51,17	25,39	21,10	2,39	23,44	2,02
III	SO-1b	210	58,93	19,76	19,26	2,05	21,32	2,98
III	SO-1a	220	57,75	21,08	18,67	2,49	21,17	2,74
Va	SO-5b	280	56,22	17,38	22,72	3,68	26,40	3,23
Vb	SO-5a	305	63,46	15,90	17,61	3,03	20,65	3,99
Vc	SO-4a	320	50,60	20,16	24,95	4,30	29,25	2,51
VI	SO-3b	340	61,41	16,01	19,26	3,28	22,57	3,83
VII	SO-3a	350	48,63	21,32	25,89	4,16	30,05	2,28
VII	SO-2b	370	35,93	31,78	28,19	4,10	32,29	1,13
VII	SO-2a	380	34,86	32,24	29,25	3,58	32,89	1,08

Table IV Granulometric percentages of processed samples from the Socuevas site (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b y SO-1a-d)

The most significant process observed is that percentages of the gravel fraction and sands would be anticorrelated throughout the entire stratigraphic sequence, varying the finer fractions vary similarly to the sands.

Therefore, the gravel / sand ratio (G / S in Fig. 35) is the most significant indicator of the granulometric evolution and that used to define the different phases observed.

The first phase (units VII and VI) presents a progressive increase of the gravel fraction (from 34,86 to 61,41%). This increase is to the detriment of the sand fractions (and the finer ones) that decrease from 16,01 to 32,24%. It is at Unit VII that we observe the highest percentage of sands and the lowest in gravel fraction of the whole sequence. The progressive increase of the gravel fraction presents the highest value, in Unit VI and later in Phase II.

The next phase (units Vc, Vb, Va, IV and III) is characterized by its high content in gravel fraction with values between 63,46 and 50,59%, respectively. It is observed a lower content in sand fraction, and a slight increase to ceiling of the fine fraction (mud, 20,65-26,40%).

The last phase identified corresponds to Unit II of the upper terrace. Where there is a decrease in the content of gravel (51,17-48,98%). The fraction of sand (and thinner sediments) and anti-correlation increases symmetrically (25,39-25,51%).

As for the textural group (Appendix Chapter 3- Table A1), all the sediment samples analyzed correspond to sand-mud (ca. sandy-silt), except for the sample corresponding to Unit II that would be sand-muddy . All the analyzed samples are very poorly sorted, with a mixture of coarse and fine granulometry. The skewness varies very slightly, both towards the fine fraction and toward symmetric distributions.

All these characteristics denote the presence of 2 main sedimentation processes that anticorrelate along the sedimentary sequence, hillside processes (gravel and gravity fall) and surface runoff. The first, probably related to the cryoclastic, controlled the different episodes of sedimentation of carbonate clasts, gravel falls of conglomeratic walls (eg Phase II), while surface runoff would control the contribution of fine sediment, sand and clays (eg Phases I and III).

3. Socuevas rock shelter

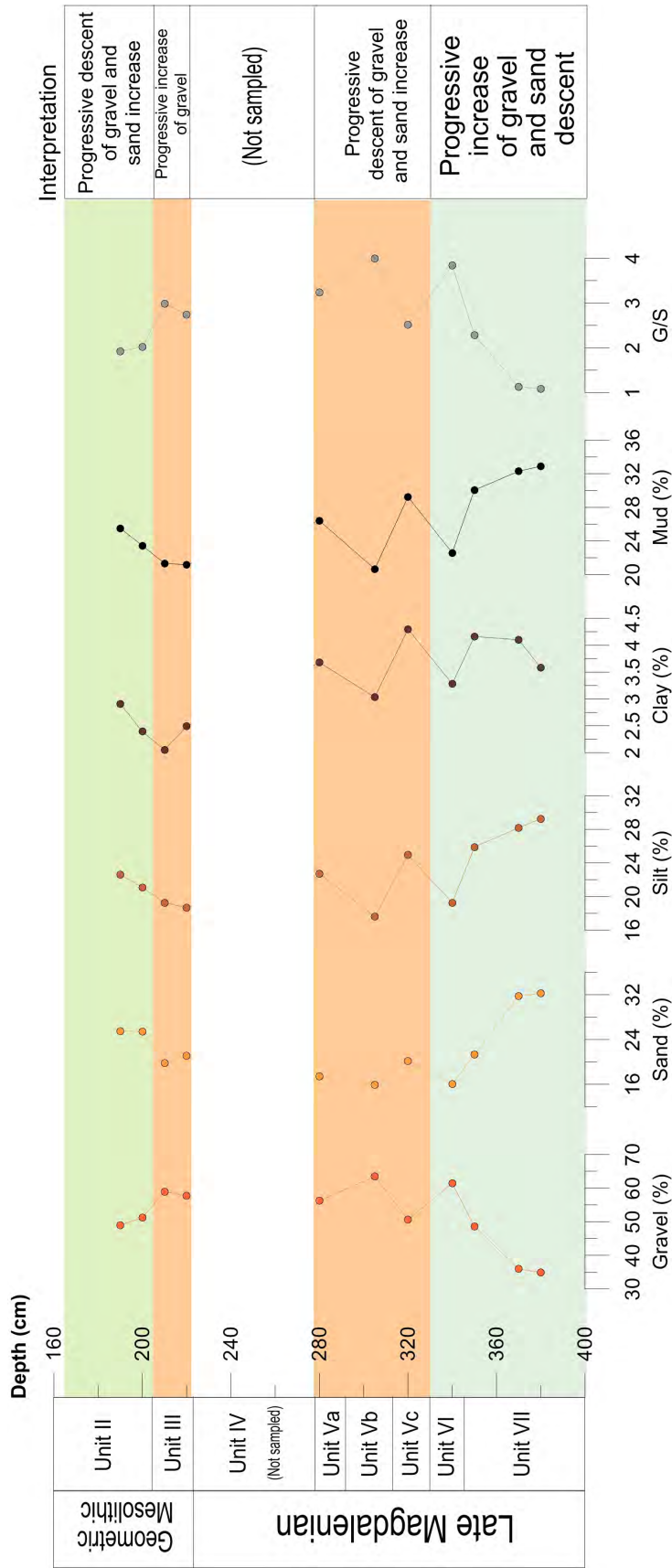


Figure 35 Representation of the percentages of the analyzes: Granulometrics along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-by SO-1a-d)

3.6.3 X-Ray Diffraction

X-Ray diffraction analyzes have been used to characterize the mineralogy of the samples collected at the different stratigraphic units of the Socuevas deposit, obtaining the weight percentages of the majority and minority minerals that constitute them.

Mineralogical analyzes show very similar results for all stratigraphic units and subunits sampled. In Table V the percentages of the different minerals identified are represented. In all of them, calcite is the dominant mineral (81-68%), followed by quartz (23-13%) and finally clay minerals (10-2%). The anticorrelation of the two major minerals, calcite and quartz, is observed throughout the entire stratigraphic sequence. In Unit Va the maximum percentages are given in quartz content (23,91%). In Units Vb and II the maximum percentages in calcite content are given (79,17 and 81,3% respectively). It should be noted that the mineral composition of the sedimentary matrix of the archeologically fertile units (Units VI to II) are similar to those of the sedimentary substrate represented by Unit VII. Other minerals of anthropic origin, such as phosphates from bone remains, etc. have not been detected in spite of their presence, due to its low proportion, as will be witnessed later in the study of the thin sections.

Unit	Samples	Depth (cm)	% Calcite	% Quartz	% Clay Minerals
II	SO-1d	190	73,34	19,47	7,2
II	SO-1c	200	81,3	13,82	4,88
III	SO-1b	210	77,11	19,24	3,64
III	SO-1a	220	73,96	19,92	6,12
Va	SO-5b	280	69,93	23,91	6,17
Vb	SO-5a	305	79,17	17,48	3,35
Vc	SO-4a	320	68,13	20,77	11,1
VI	SO-3b	340	74,23	19,61	6,16
VII	SO-3a	350	74,36	15,19	10,45
VII	SO-2b	370	78,04	16,48	5,48
VII	SO-2a	380	73,34	19,47	7,2

Table V X-ray diffraction results of samples (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d)

3. Socuevas rock shelter

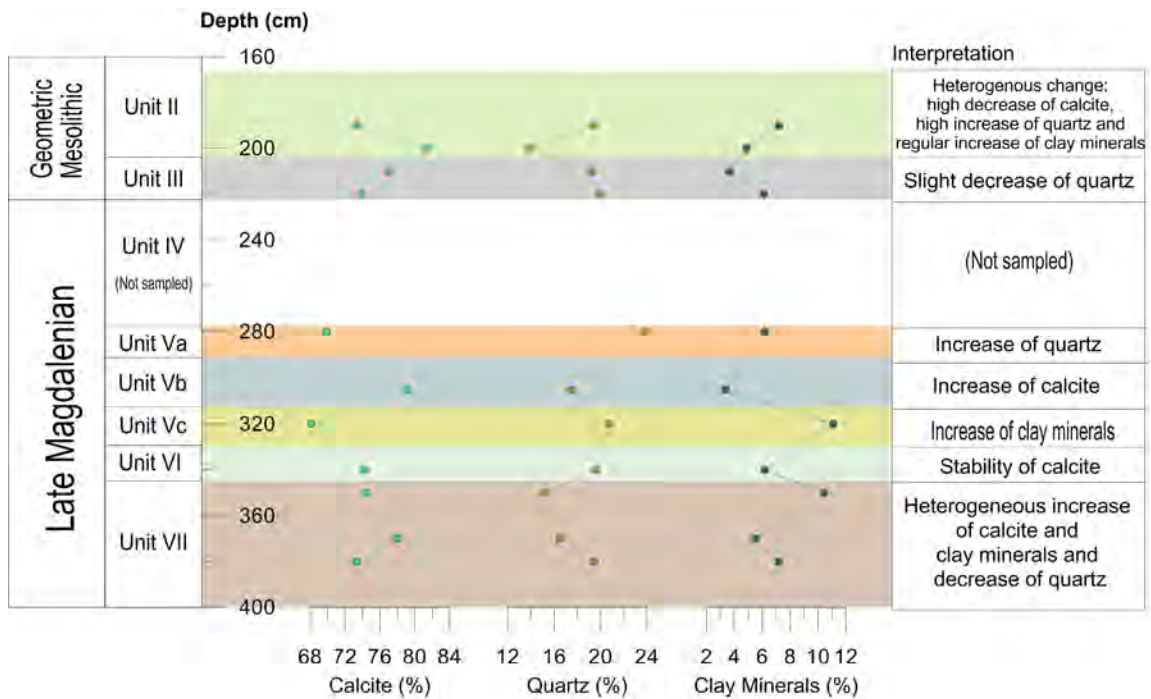


Figure 36 Representation of the percentages of the analyses: X-ray diffraction along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d)

Different phases have been identified (Fig. 36): In the phase corresponding to Unit VII has been identified a heterogeneous increase of the calcite (73,34-74,36%) and in the minerals of the clay (5,48-10,45%) and a detriment of the quartz (15,19-19,47%).

In the phase corresponding to Unit VI there is a stability of calcite (74,23%), an increase in quartz (19,61%) and a decrease of clay minerals (6,16%).

In the phase corresponding to Unit Vc there is a significant decrease of calcite (68,13%), a slight increase in quartz (20,77%) and a considerable increase of clay minerals (11,1%).

In the phase corresponding to Unit Vb there is a considerable increase of calcite (79,17%), a slight decrease of quartz (17,48%) and a clear decrease of clay minerals (3,35%).

In the phase corresponding to Unit Va there is a decrease of calcite (69,93%), an increase of quartz (23,91%) and clay minerals (6,17%).

In the phase corresponding to Unit III there is a slight increase of calcite (73,96-77,11%), a slight decrease of the quartz (19,24-19,92%) and of the minerals of the clay (3,64 -6,12%).

Unit	Samples	Depth (cm)	% Ca	% Si	% Al	% Fe	% K	% P _x	% Mg	% Na	% Ti	% Sr	% S _x	% Mn
II	SO-1d	190	46,78	10,67	1,73	0,988	0,616	0,68	0,549	0,185	0,105	0,104	0,0923	0,0241
II	SO-1c	200	45,67	9,96	1,48	0,847	0,532	0,997	0,503	0,153	0,104	0,0963	0,0858	0,0181
III	SO-1b	210	43,09	12,78	1,71	0,944	0,643	0,408	0,525	0,25	0,111	0,0891	0,0763	0,0237
III	SO-1a	220	39,06	15,2	1,95	1,3	0,686	0,302	0,629	0,099	0,13	0,0649	0,0573	0,0222
Va	SO-5b	280	38,14	16,7	1,91	1,12	0,649	0,488	0,589	0,127	0,118	0,0674	0,0601	0,0163
Vb	SO-5a	305	38,21	15,65	1,79	0,96	0,594	0,711	0,543	0,134	0,109	0,0779	0,0521	0,0103
Vc	SO-4a	320	35,97	16,79	2,29	1,15	0,724	0,441	0,664	0,192	0,131	0,0752	0,0561	0,0152
VI	SO-3b	340	35,01	17,75	2,41	1,43	0,785	0,172	0,702	0,176	0,158	0,0656	0,0545	0,0146
VII	SO-3a	350	38,32	16,47	1,87	1,07	0,642	0,108	0,576	0,125	0,132	0,0878	0,0643	0,013
VII	SO-2b	370	38,38	16,65	1,77	0,769	0,776	0,0906	0,634	0,139	0,127	0,0572	0,0945	0,0113
VII	SO-2a	380	35,39	18,82	1,93	0,652	0,971	0,0756	0,549	0,07	0,118	0,0427	0,0685	0,0086

Table VI Geochemical results (FRX) of the analyzed samples (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d)

Finally in the phase corresponding to Unit II, a slight increase of calcite (81,3%) has been observed and then very steeply (73,34%), a progressive increase in quartz (13,82-19,47%) and clay minerals (4,88-7,2%).

3.6.4 X-Ray Fluorescence

Through the X-ray fluorescence geochemistry, the percentages in weight corresponding to the majority (> 1%) and minority (<1%) elements of the analyzed samples could be analyzed semi-quantitatively. The results of the geochemistry are generally in accordance with the mineralogical results (Table VI and Fig. 37). Elements with percentages higher than 1% have been taken into account, considered as most significant.

The majority elements have similar values across all units, although some tendencies are different. The main elements are Ca (46,78-35,01%), Si (18,82-9,96%), Al (2,41-1,48%) and Fe (1,43-0,652%). It is observed that Ca and Si have a negative correlation along the entire stratigraphic sequence. The minor elements, K, Mg, Px, Na, Ti, Pt, Sr, Cl, Au, La, Zn, Sc, Mn, Cr, Ce, V, Sx, As, Mo and Zr present very low proportions and mostly insignificant. In the same sense, the phosphorus (P), although present in low proportions as we can see in the table (0,07-1%), progressively increases towards the ceiling of the stratigraphic sequence, probably in relation to a higher content / activity

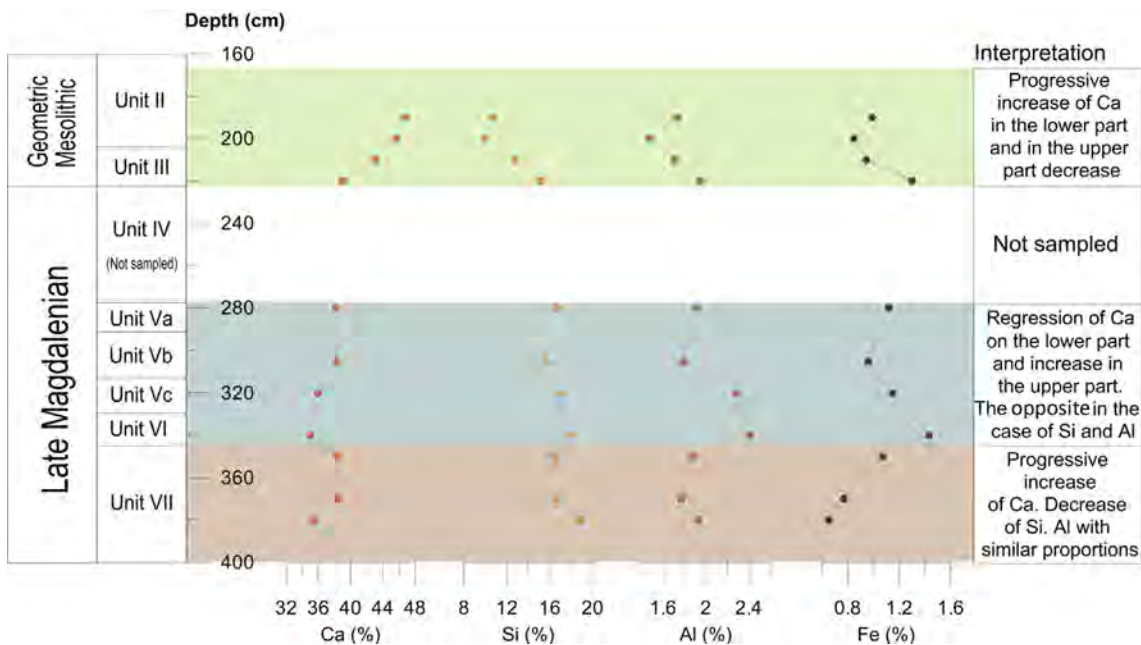


Figure 37 Representation of percentages of X-ray fluorescence analyzes along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d)

of vegetable matter. Three phases have been identified that denote different trends in the geochemical composition of the sediments along the stratigraphic sequence (Fig. 37). The first phase corresponds to Unit VII and is characterized by having relatively high values of Ca (35,39-38,38%) that increase slightly towards the ceiling. The opposite occurs with Si (16,47-18,82%) and Al (1,77-1,93%), that covariate. Fe, although in low values, also increases to ceiling (0,65-1,43%).

The second differentiated phase comprises Units VI, Vc, Vb and Va. It is characterized by relatively low values of Ca that present a slight enrichment to the ceiling (35,01-38,21%). The opposite occurs with Si, increasing slightly at the base (17,75%) and decreasing its presence very slightly towards the ceiling (15,65-16,79%). In the case of Al (1,79-2,41%) and Fe (0,96-1,43%), although minority, a maximum is identified in the basal half of the phase.

Finally, the third phase includes Units III and II. It can be observed a progressive increase to the ceiling of Ca (39,06-46,78%). An element that is anticorrelated with Si (9,96-15,2%) Al (1,48-1,95%) and Fe (0,847-1,3%) that do the opposite, except for the most superficial sample which has higher values than the immediately underlying ones.

3.6.5 Determination of Organic Carbon and Nitrogen

Nitrogen and organic carbon present in each of the samples have been characterized and quantified in percentages. Organic carbon has been analyzed in some of the case studies using 2 analytical techniques, pyrolysis and L.O.I., which in general give similar results. For this reason, and since pyrolysis analysis is considered more reliable, due to the lower contamination effect of the carbonated fraction, whenever organic C data are referred, they will refer to the values obtained through pyrolysis, unless otherwise specified. Table VII shows the data and results obtained in samples from the Socuevas shelter.

Regarding organic C, we found variable values along the sequence between 2,27% and 9,17%. Samples of Units Va (9,17%) and II (7,71%) are those with the highest organic carbon content. The minimum values are given in Units VII (2,27%) and VI (2,80%). In general, a progressive increase of the organic carbon content of the different stratigraphic levels from base to ceiling is inferred, only interrupted by a remarkable enrichment of the Unit Va.

The analyzed samples present very low percentages of nitrogen (0,02-0,16%). It has a general trend similar to that of organic carbon, progressively increasing the percentage of nitrogen in the base-to-ceiling samples of the sedimentary record. The samples with higher and lower contents coincide with those of the carbon content, obtaining maximum values of 0,16% and 0,15% for Units Va and II and 0,02% and 0,03%

3. Socuevas rock shelter

Unit	Samples	Depth (cm)	% LOI 110	% LOI 550	% C	% N	C/N
II	SO-1d	190	3,65	7,33	7,71	0,15	50,44
II	SO-1c	200	2,18	5,92	6,17	0,13	46,33
III	SO-1b	210	1,81	3,31	6,16	0,09	65,38
III	SO-1a	220	2,11	5,03	5,62	0,06	91,08
Va	SO-5b	280	1,90	6,79	9,17	0,16	57,71
Vb	SO-5a	305	1,54	4,28	3,23	0,05	70,69
Vc	SO-4a	320	1,69	5,01	5,34	0,05	117,16
VI	SO-3b	340	1,25	4,01	2,80	0,03	108,75
VII	SO-3a	350	1,15	3,79	2,27	0,02	96,01
VII	SO-2b	370	1,53	5,00	5,23	0,05	108,94
VII	SO-2a	380	1,46	3,80	4,43	0,04	121,30

Table VII Percentages of the determination of Organic Carbon and Nitrogen of the samples analyzed (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d)

for Units VII and VI, respectively.

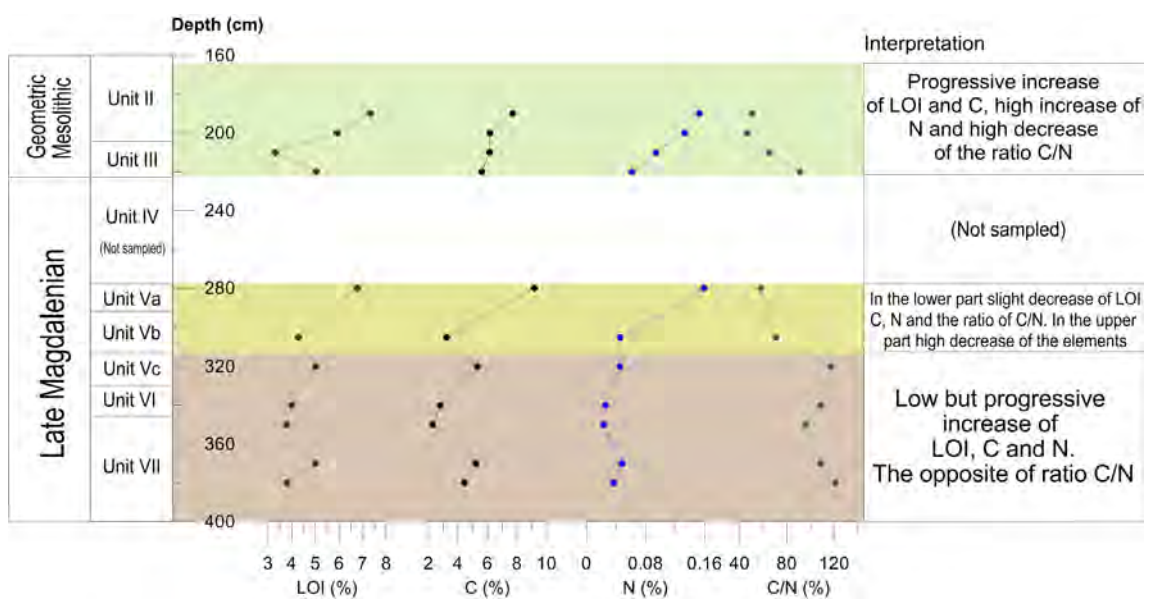
From the contents of organic C and N, the C / N ratio has been calculated. In all samples the C / N ratio is very high (> 12), which implies that the mineralization is slow. It has been characterized that from floor to ceiling there is a continuous decrease of the C / N ratio (46,33-121,30).

Based on the evolution of the organic C content, N and the C / N ratio, 3 phases have been differentiated along the stratigraphic sequence (Fig. 38).

The first phase extends from the base to the 320 cm of depth, covering the stratigraphic units VII, VI and Vc. It presents relatively low values of C (2,27-5,34%), N (0,02-0,05%) and C / N (96,01-121,30%), in which there is the presence of a minimum of the 3 variables, these are also the minimum values of the whole sequence, the ceiling samples of Unit VII and the base of Unit VI.

The second phase includes 2 samples corresponding to Units Vb and Va (ca. 280 cm to 305 cm deep). It should be noted the high content of C (3,23-9,17%) and N (0,05-0,16%) of the upper sample, unit Va, showing the maximum values of the whole sequence, and the decrease for the same sample of the C / N ratio (57,71-70,69%) compared to the previous phase.

The third phase comprises the 4 samples collected in Units III and II. This phase is characterized by a clear upward trend to the enrichment of C (5,62-7,71%) and N (0,06-0,15%), and the decrease in the C / N ratio (46,33 -91,08%).



Figures 38 Representation of the percentages of the analyses of: Determination of Organic Carbon and Nitrogen of the samples analyzed (SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d)

3.6.6 Data Statistics: Principal Component Analysis

The geoarchaeological data have been filtered and analyzed using multivariate statistical methods, in this case, the main component analysis (PCA), which will allow its better interpretation. The PCA is a statistical technique of information synthesis, or reduction of the dimension (number of variables). That is, in the presence of a database with many variables, the goal is to reduce them to a smaller number by losing the least amount of information possible. The new main components or factors are a linear combination of the original variables, and in addition they will be independent of each other.

3. Socuevas rock shelter

Rotated Component Matrix				
	Component			
	1	2	3	4
Mg	0,93	-0,08	-0,04	0,22
Ti	0,86	-0,07	-0,32	0,24
Al	0,85	-0,15	-0,16	0,38
C/N	0,68	-0,43	-0,51	-0,19
Fe	0,58	0,30	0,10	0,71
Si	0,57	-0,70	-0,33	0,13
K	0,56	-0,57	-0,24	-0,40
Na	0,07	0,85	-0,04	0,05
G/A	0,04	0,19	-0,07	0,93
Mn	-0,02	0,77	0,46	0,02
LOI	-0,13	0,09	0,92	-0,03
C	-0,13	0,13	0,91	-0,16
Sx	-0,27	0,34	0,24	-0,82
N	-0,40	0,29	0,84	-0,04
Sr	-0,46	0,79	0,14	0,13
Ca	-0,58	0,65	0,38	-0,26
Px	-0,67	0,34	0,41	0,29

Table VIII Factorial coefficients (the correlations between the variables and the main components) of the variables analyzed (rotated component matrix). The coefficients of the most significant (best explained) variables for each main component are shown in bold

Component	Initial eigenvalues			Sum of rotation of loads squared		
	Total	% Variance	% accumulated	Total	% Variance	% accumulated
1	8,702	51,187	51,187	5,043	29,664	29,664
2	3,294	19,377	70,564	3,878	22,812	52,476
3	1,763	10,372	80,936	3,543	20,840	73,316
4	1,410	8,292	89,227	2,705	15,912	89,227

Table IX Data of total variance explained of the analyzed samples of the deposit

A key aspect in PCA is the interpretation of factors, since it is not given a priori, but is deduced after observing the relationship of factors with the initial variables (analyzing both the sign and the magnitude of the correlations). Thus, it is possible to recognize and interpret different environmental and / or anthropic processes (reflected in the different factors) that would control / explain the inherent variability present in the analytical results. The SPSS 20.0 program was used for the statistical analysis.

The figures in Appendix Chapter 3-Fig. A3 a and b collect the major components obtained. On the other hand, we have extracted the matrix of rotated and non-rotated main components (Tables VIII and IX). The weight of each component has been exposed in the different variables (loading).

The principal component analysis (PCA) has differentiated four main components (PC) (Fig. 39) that explain a 89,23% of the variance of the data. All of them explain the variance of the different analyzed variables, taking as significantly explained variables those that have a coefficient of correlation higher than 0,7 with some of the PC.

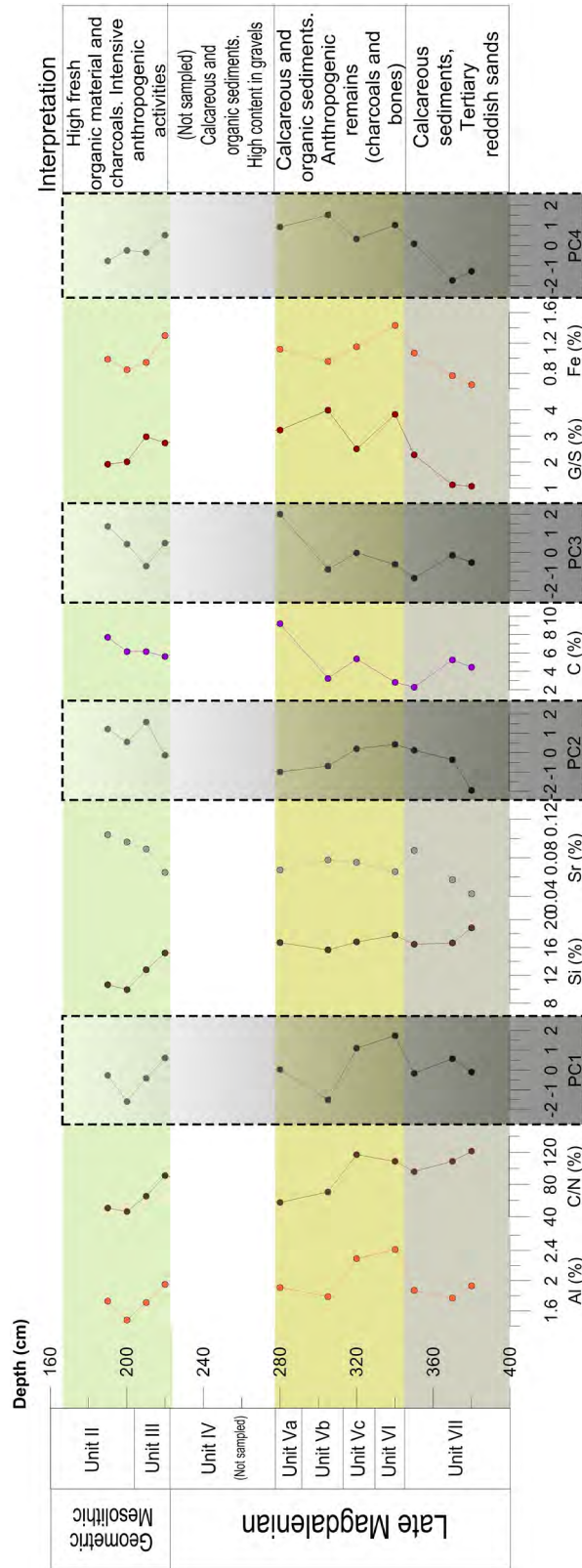
The PC1 explains 51.2% of the variance and includes 5 variables with a significant correlation coefficient (ca.> 0,7), 4 of them with high positive correlations (Table VIII): Mg, Ti, Al and C / N, and another, the P, with a negative coefficient, also Ca (coefficient of -0,58, but to a lesser extent). The four elements with positive values denote being controlled by two main processes, the contribution of fine detrital sediment, siliciclastic clays (including Ti and Al), which in turn covariate with the C / N ratio. Conversely, both processes would be negatively correlated with the presence of P, possibly related to the presence of surface plant matter (roots) in surface edaphic horizons (A horizon) and / or bone fragments.

PC2 explains 19,38% of the variance. The Sr, Mn, Ca and Na present highly positive correlations and the Si, and to a lesser extent the K, (Table VIII) highly negative correlations. These values suggest that PC2 could indicate the negative correlation between carbonate sedimentation (Sr, Ca) and the contribution of siliciclastic sediments (Si, K) to the sedimentary matrix.

PC3 accounts for 10,37% of the variance. It encompasses three variables with very high positive correlations: C, LOI and N (Table VIII). This PC clearly indicates the addition of organic C and N. In addition, it also confirms the similarity between the values of organic C obtained by 2 different techniques, L.O.I. and pyrolysis, since it correlates positively in the same main component.

PC4 explains 8,29% of the variance. It presents 2 variables with high positive coefficients, the G / A and Fe, and one, the S, with significantly negative values (Table VIII).

3. Socuevas rock shelter



Figures 39 Representation of the evolution along the sequence of the content in the granulometric elements, chemical, organic, etc. most significant and vertical evolution of the factorial scores of the different main components (PC1, PC2, PC3 and PC4). The different lithostratigraphic units are distinguished and their interpretation

All this would denote that the PC is controlled by processes that control the contribution of coarse granulometry, linked to the presence of Fe, possibly derived from a greater erosion of edaphic horizons rich in iron oxides (higher rate of soil erosion). And these processes, in turn, have an inverse correlation with the presence of S, probably related to the presence of organic matter contained in the plant cover (roots, etc.).

3.7 Micromorphological analysis: Results

The micromorphological study of the thin sections of the different stratigraphic units of the site has allowed to characterize its components and sedimentary texture (Stoops, 2003). The different stratigraphic units of the entire stratigraphic sequence of the site are analyzed. In order to observe the processes of soil formation in a real, compact and *in situ* way at a microscopic level applied to the shelter of Socuevas.

The usefulness of this type of analysis is that compared to the homogeneous descriptions that in the field works were made of the sedimentary structure, now the internal structures and microfacies can be defined with some micromorphological characteristics of the deposit. They are presented as a whole, including the generality of the groundmass, the main composition of the coarse material, the microstructure, the fine material, its main components as well as the different pedofeatures.

Consequently, when the thin sections are observed, we will obtain conclusions about their formation, how the human interacts in those processes and how they are modified and if they are modified due to post-depositional processes.

We will discuss the most important aspects in the observation of the thin section and its micromorphological aspects of each stratigraphic unit (Fig. 40 and 41), from the base to the roof of the archaeological site.

In order to make a correct interpretation of the reading of the thin sections, it will be compared with the archaeological material recovered during the excavation processes. For the Socuevas deposit, with a stratigraphic power of almost 3 meters, characteristic compact sediments of the sedimentary record have been chosen.

From the Socuevas rockshelter, five samples of compact sediment were extracted for the thin sections. These five samples come from the whole stratigraphic sequence, from the base to the surface, covering the whole sequence of the late Pleistocene, with chronologies of the late Magdalenian and early Holocene, with Mesolithic chronology.

3. Socuevas rock shelter

Unit IV has not been sampled because of problems in the extraction of samples. Samples with aluminum profiles (25x6x4 cm) were extracted. They were inserted in two of the stratigraphic sections, both coming from the Southern Cut of the G6 and G8 bands (Fig. 40) and Southern Cut of the D10 (Fig. 41).

This South profile was chosen because it is the most representative, in terms of levels and formation of the Socuevas archaeological site.

Ten thin sections were made, two per sample, with a thickness of 30 microns and dimensions of 13x5.5 cm. Five blocks of unaltered sediment were sampled for the thin sections from the Socuevas rockshelter, covering the different stratigraphic units of the site (Units II, III, Va, Vb and Vc, VI and VII).

-**Unit VII** (1 sample) is a level without archaeological remains, without human impact, formed from the contact with the mother rock, allows to observe what is the origin of the formation of the rockshelter.

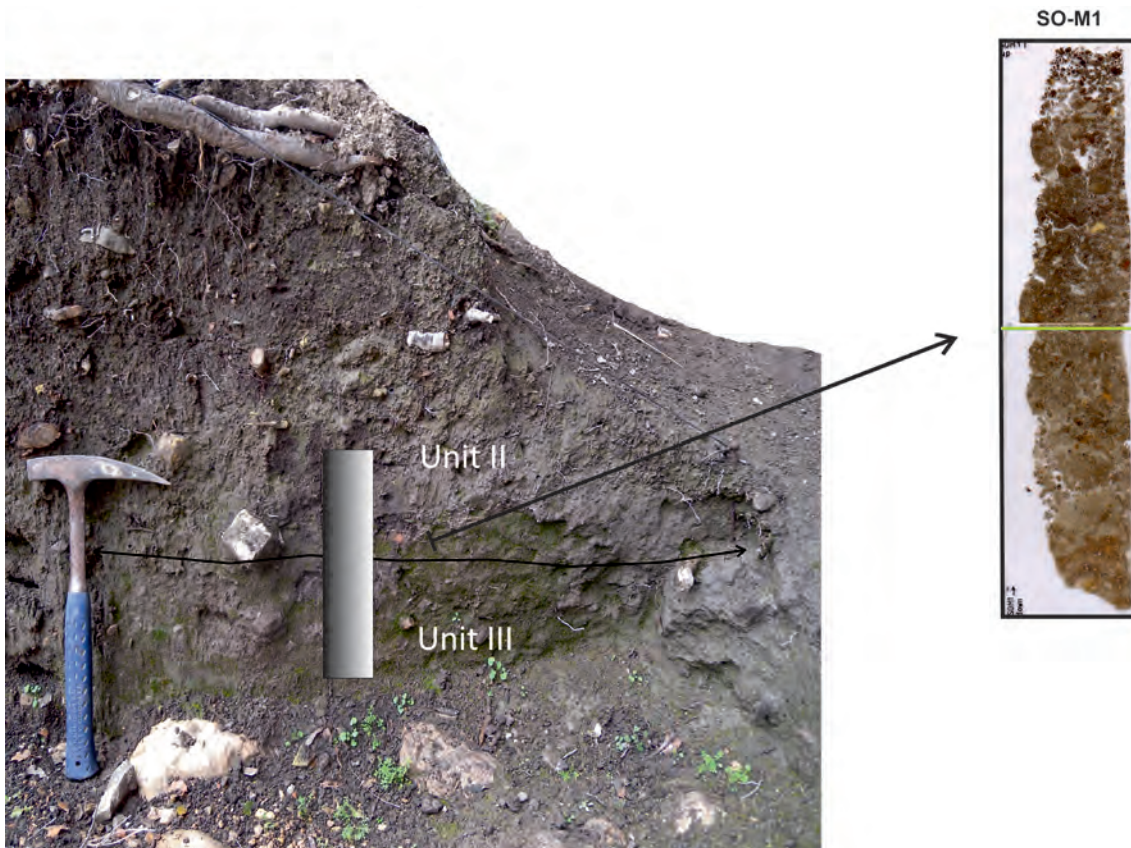
-**Units VI, Va, Vb, and Vc** (3 samples) belong to levels of the final Magdalenian and include the contact areas of the different stratigraphic levels.

-**Units II and III** (1 sample) come from Mesolithic levels and a sample of compact sediment has been extracted, two thin sections of that sample being made and each thin section corresponds to a different level.

The acronyms of the compact sediment sampling were from SO-M1 to SO-M5 with DOWN and UP division (10 thin sections in total).

For the micromorphological study the following stratigraphic units have been analyzed with the following results:

a



b

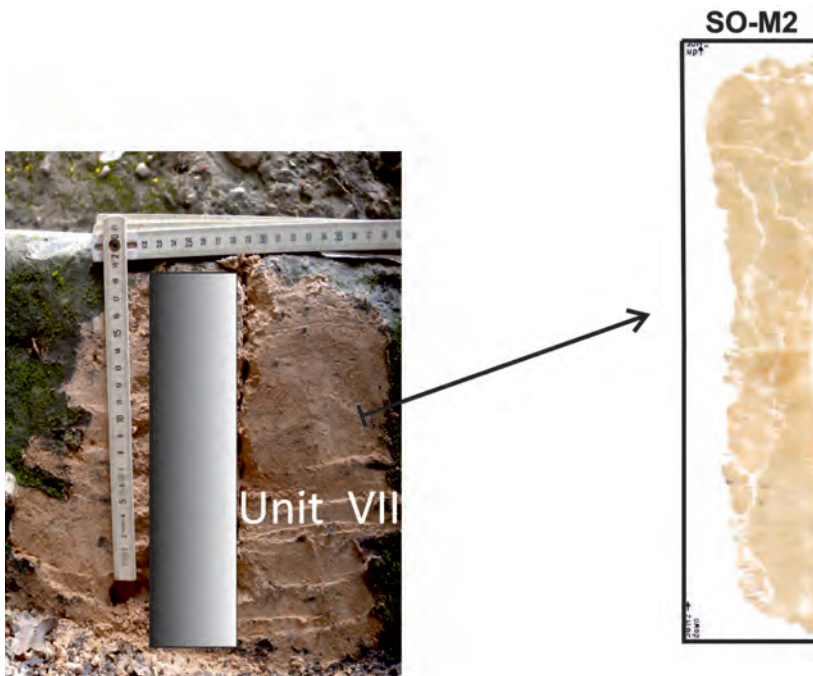


Figure 40 Location of unaltered samples and their respective thin sections: **a)** Units II and II (SO-M1 UP-DOWN) and **b)** Unit VII (SO-M2 UP-DOWN)

3. Socuevas rock shelter

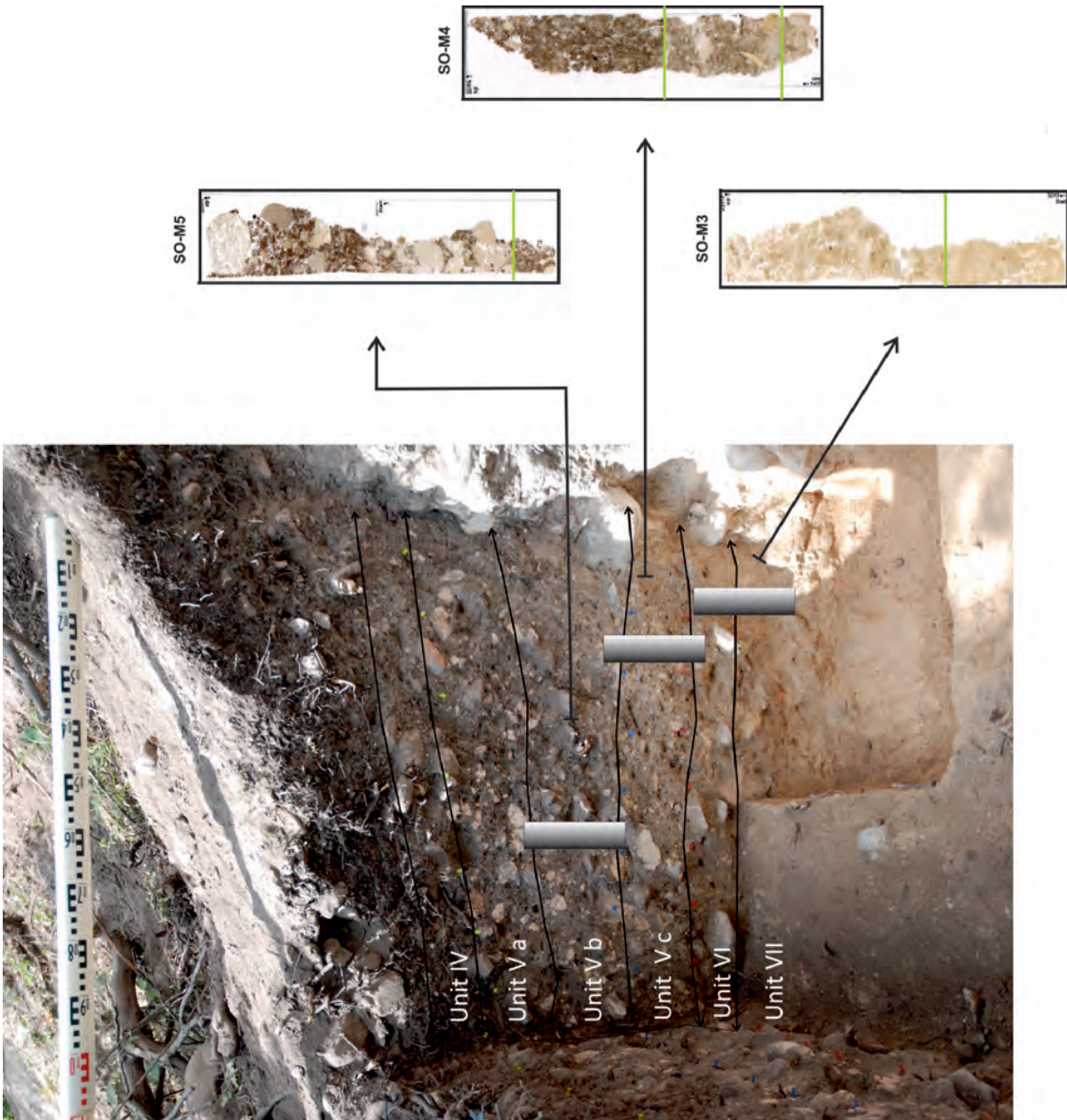


Figure 41 Location of unaltered samples and their corresponding thin sections: Units Va-VII (SO-M3 UP-DOWN, SO-M4 UP-DOWN and SO-M5 UP-DOWN)

3.7.1 Unit VII (thin sections SO-M2 UP y DOWN y SO-M3 DOWN)



Figure 42 Scanner for thin sections corresponding to Unit VII: SO-M2 UP-DOWN and SO-M3 DOWN

A stratigraphic unit corresponding to the tertiary sedimentary substrate, which is composed of alternating layers of silts and fluvial-aluvial carbonate clays (Fig. 42). Towards the roof loses the laminated character and presents a more peloidal texture, altered by the formation of calcitic aggregates and bioturbation of worms and roots, with presence of excrements. This upper part includes fragments of bone and shells of snails.

In general, the three thin sections have the same training characteristics and dynamics. Thus the groundmass of Unit VII is homogeneous with a yellowish, greyish and altered coloration by the calcitic aggregates as well as by the bioturbation activity. To ceiling the most marked novelty is the incorporation of human activity, with remains

of charcoal and bones.

As for the groundmass in the coarse material we have detected the following components: quartz grains and their distribution is unclassified, is randomly distributed, whose shape is block-tabular, the roundness of quartz granulometries are rounded and sphericity is rounded too. Finally the degree of its roughness is smooth, presenting the grains of polycrystalline to monocrystalline. On the other hand we have, the limestone component with internal presence of the foraminifera alveolina (limestone nummulitic), its presence marks its external origin, of falling limestone blocks. This fall corresponds to the limestone formation of the rockshelter itself. Its roundness and sphericity is angular and its roughness undulated. Other thick components are the presence of roots (Fig. 43a, d, e and f), which appear in a fairly fresh state, sometimes seen internal structures. The morphology of the roots is usually common, with some optimum preservation in which the different tissues can be distinguished and identified: the *epidermis* is the external part found in young parts of the plants and not very resistant and the *cortex* with all their internal cellular structures (Babel, 1975).

The shells of gastropods are also an element present in thin sections, being small organic particles (Fig. 43c) in which it is not possible to observe and identify internal structures by their size. Finally, there is carbon material (Fig. 43g, h and i) at the ceiling of the Unit VII sequence, which are likely to be drawn from Unit VI. In some fragments it is possible to verify its internal cellular structure while other fragments are of small size (microcharcoals), which are incorporated into the sedimentary matrix and difficult to identify (Fig. 43g and h). As far as the material of fine granulometry is concerned, there is an alternation between silts and carbonate clays, with the presence of very small particles of organic matter, whose aggregate system manifests as angular blocks, separated from each other in a moderate manner. The relative distribution between fine and coarse material (c / f distribution) is of loose porphyric. In this case the grains of the coarse fraction are enclosed in the fine fraction (Stoops, 2003). The gaps between the groundmass are planes (channels and *vughs*) so the overall microstructure of the corresponding thin sections of Unit VII is complex. With a crystalline *b-fabric* with calcium carbonate minerals (Fig. 43b), in which there is a concentration of micritical cementation of the matrix associated mainly to two hypotheses: one coming from the holes left by the activity of worms and roots, in phase of death and decomposition and its calcitic replacement. The second hypothesis comes from the carbonated rock substrate of the shelter's own rock. We could also indicate the presence of calcite by dissolving the calcareous material of gastropod shells.

The pedofeatures that characterize this stratigraphic unit are the presence of calcitic aggregates and aggregates of clays, iron nodules to ceiling of the sequence of this Unit VII and bioturbation processes by roots and worm activity.

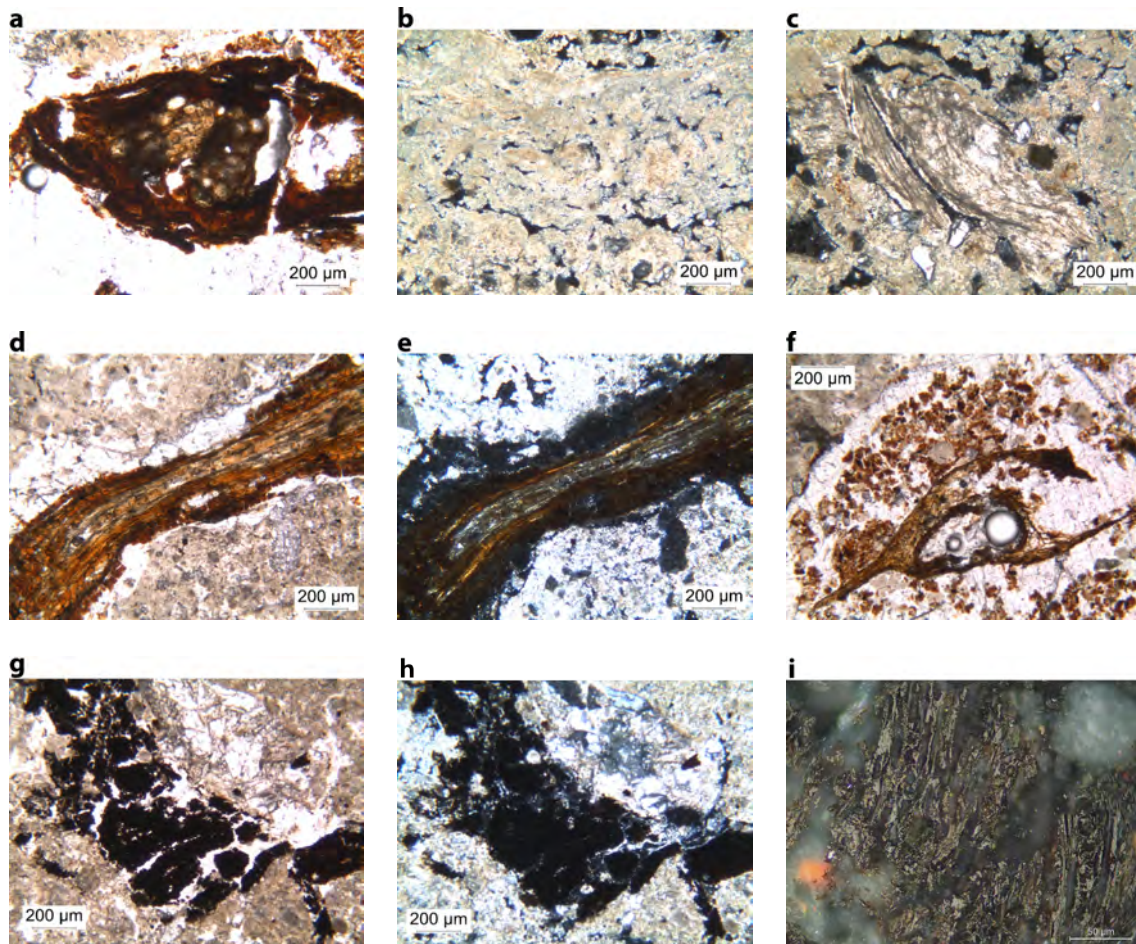


Figure 43 Photomicrographs of the Samples from Unit VII: **(a)** Section of fresh root, showing the cellular structure, PPL; **(b)** Secondarily calcitic accumulation that it attesting to plant growth in localized areas and lamination that attesting the water activity, XPL; **(c)** Fragment of shells, XPL; **(d)** Section of the fresh root, good preserve, PPL; **(e)** same as (d) but in XPL; **(f)** Section of the root showing a very advanced stage in the decomposition of litter, the organic rest residues occur as brown granules of amorphous material, PPL; **(g)** Photomicrograph showing the presence of mm-sized charcoal fragment bad preserved, cracked (maybe trampling), PPL; **(h)** same as (g) but in XPL and **(i)** same as (g) and (h) but in 50 μm , showing calcareous material replacing the cellular structure of the woody charcoal.

3. Socuevas rock shelter

It is a very homogeneous stratigraphic unit with slight internal structural changes, different to ceiling, showing the beginning of anthropic activity.

3.7.2 Unit VI (thin sections SO-M3 UP y SO-M4 DOWN)



Figure 44 Scanner for thin sections corresponding to Unit VI: SO-M3 UP and SO-M4 DOWN

A more organic unit than the previous one (Fig. 44) and very rich in pedofeatures such as bioturbation, excrements and biogenic calcitic aggregates derived from bioturbation activity, by worm and root activity. The content of anthropic origin observed may correspond to small fragments of charcoal and fragments of burned bone.

At the soil of the stratigraphic unit we can observe that it drinks from the calcareous formation of the rockshelter itself even though to the ceiling it dissipates.

The groundmass presents characteristics that are similar in the two thin sections: the coarse material present in the two thin sections is similar with the presence of circular quartz grains, rounded sphericity and smooth roughness, are polycrystalline and monocrystalline. The next coarse component present in the thin sections is the nummulite limestone with presence of alveolin foraminifera (Fig. 46g and h). Its shape and sphericity is angular and with an intermediate roughness, compared to the previous unit. In addition there is a high content of shell fragments (Fig. 45a, b, g and h and Fig. 46d). A fragment of silex has been identified (Fig. 46i).

Other coarse components are: the presence of roots of fresh character, much more abundant than in the previous unit, conserved in some occasions with its internal structure. The morphology of the roots is usually common, with an optimum conservation in some cases in which the different tissues can be distinguished and identified: the *epidermis* is the external part found in young parts of the plants and not very resistant and the *cortex* with all their internal cellular structures (Babel, 1975) (Fig. 45c and d and Fig. 46a, b, c and f). Also, the shells of gastropods and small, poorly preserved bones are observed. SO-M4 DOWN shows fragments of burned bones (Fig. 46g and h). We also found small coals (microcarbons) in some of them the internal cellular structure has been conserved, other fragments are in a state of total decomposition and incorporation into the sedimentary matrix (Fig. 46e and i).

There is a relationship between the percentage of phosphates found in the sedimentary matrix and the bone component. The bone component present in the sediment of this archaeological soil presents fragments of poorly preserved bone in a state of phosphating and dissolution. Consequently the phosphate element is united together with the sedimentary matrix. In addition to this dissolution of the bone fragments and that removal from the bone of the phosphate element and embedded in the sediment, also fills the voids of some carbon fragment that replaces its internal structure making it disappear as in the case of sample SO-M4 DOWN (Fig. 46e). This has been seen under a microscope under fluorescence analysis.

As for the fine components we observed: presence of clays and silts, calcite, also the presence of important amorphous organic material, with egg-ellipsoidal-shaped oribatid excrements (FitzPatrick, 1984). This element will normally be found within plant material with only the remaining epidermis and are rarely found among the mineral

grains. In addition, in the internal zones of some roots we have observed microscopically that some faecal mite pellets that replace the central parts of the central cellular structure of the plant material. All this being common in soils where organic matter plays a dominant and important role.

As a novelty, SO-M4 DOWN shows ash (Fig. 45e and f) from the burning of wood charcoal according to their calcitic morphology and are birefringent in XPL (Wattez and Courty, 1987).

The aggregates of the sediment are characterized by being crumbly and granular, moderately separated and not accommodated. The hollows are complex packaging, channels and *vughs* so the overall microstructure of the thin section is complex. The distribution between the coarse and fine components (c / f distribution) is of double equal enaulic. Here the fine fraction is found among the grains forming a series of aggregates (Stoops, 2003). The crystallitic *b-fabric*, with components of calcium carbonate. There is a concentration of micritical cementation of the matrix, being associated mainly to the holes left by the activity of worms and roots (Fig. 45i and Fig. 46b and c) in phase of death and decomposition. Also, due to the percolation of the water through the limestone conglomerate of the rocky substrate of the shelter itself and the carbonate sediments of the substrate of the mother rock of the Socuevas shelter. It also affects the dissolution of carbonates in sediments from gastropods or calcareous ash as post-depositional processes that modify the original sediments. The differentiation of calcareous calcite being more translucent and heterogeneous and the calcite coming from the ashes much more homogeneous and diffused.

The sample SO-M3 UP has an internal structure similar to that of Unit VII samples but with the presence of anthropic material. For its part, the sample SO-M4 DOWN will mark what will be the formation structures and their processes of the Magdalenian levels, generally moving away from the vision that we had of Unit VII. In spite of this, its sedimentary matrix is characterized by the degradation of the limestone that forms the own shelter. The anthropic presence in these thin sections increases to the top of the sedimentary sequence of this stratigraphic unit.

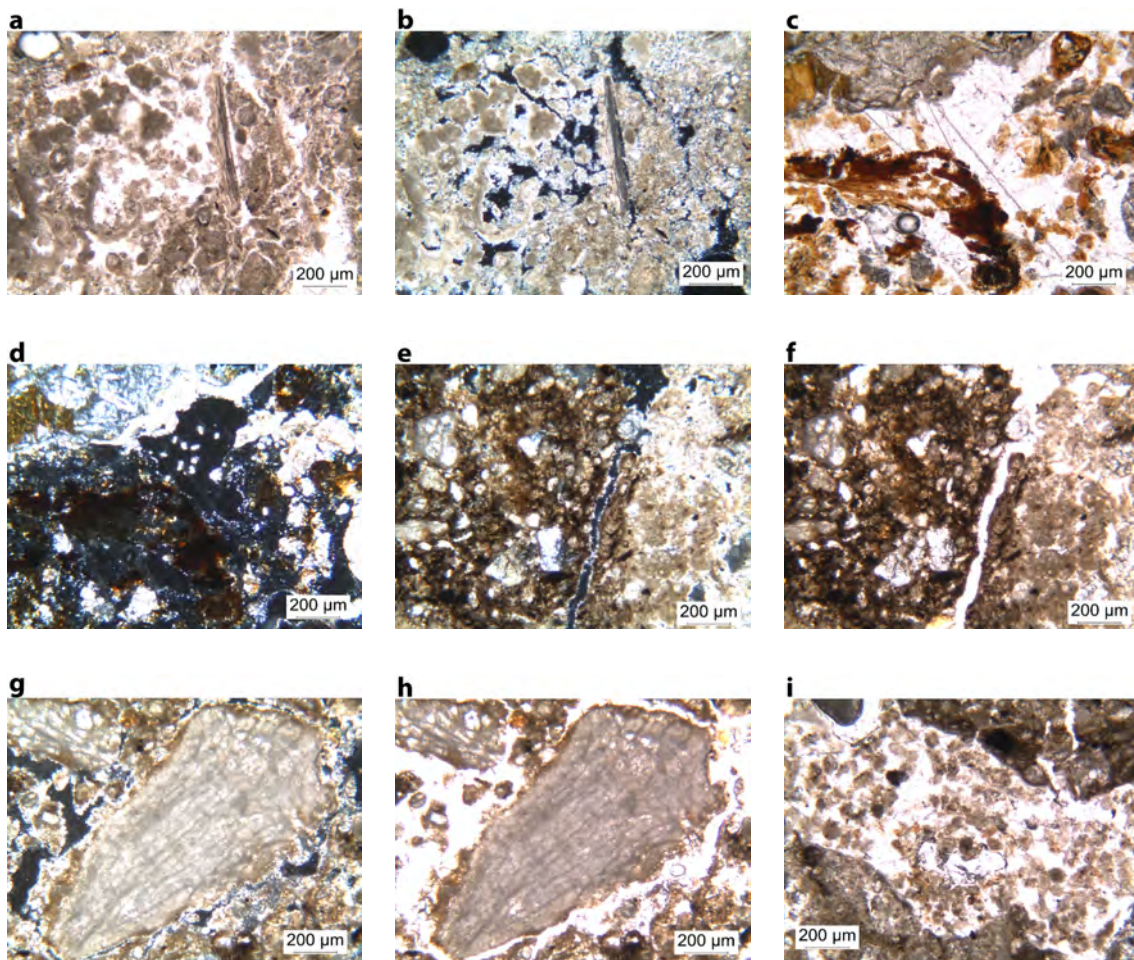


Figure 45 Photomicrographs from Unit VI: **(a)** Presence of reworked sub-rounded calcareous and clay aggregate attesting plant growth (bioturbation) and the presence of one fragment of shell, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL; **(c)** Fragment of root in decomposition and brown granules of amorphous material, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e)** Micritic matrix which includes silty-clay reddish matrix and ashes (white part), XPL; **(f)** same as (e) but in PPL; **(g)** Fragment of shell, XPL; **(h)** same as (g) but in PPL and **(i)** Secondarily cemented infillings attesting to plant growth, containing much coarse material than the surrounding soil, this material has been translocated from a different horizon (bioturbation), PPL.

3. Socuevas rock shelter

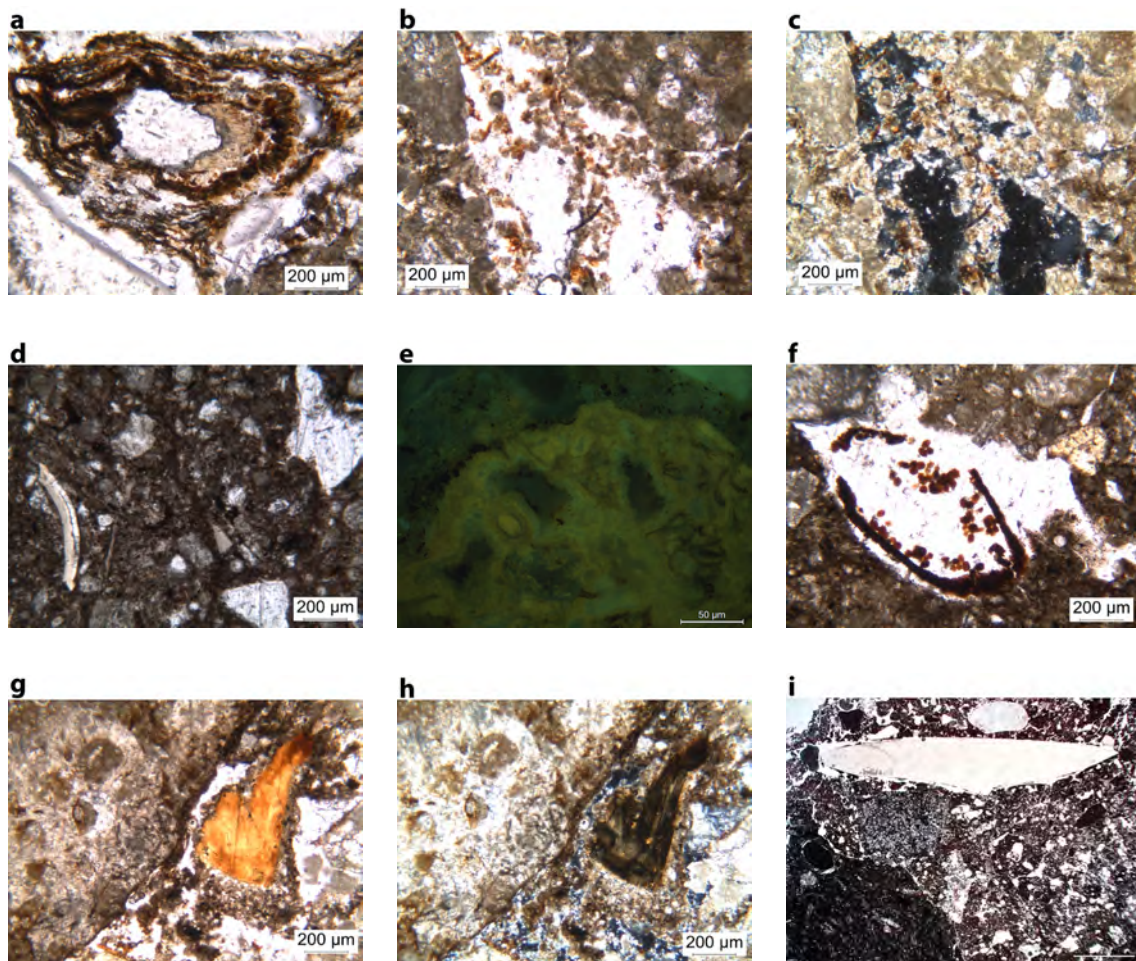


Figure 46 Photomicrographs from Unit VI: **(a)** View of the internal cellular of section of a root, PPL; **(b)** Rest of the root infilling the micritic matrix, PPL; **(c)** same as (b) but in XPL; **(d)** Massive clay matrix which include quartz grains and shells, XPL; **(e)** Rest of a charcoal that preserve the shape of the internal cellular and the external part but it is going to replace for phosphates, in fluorescence; **(f)** View of the faecal pellets of mites replacing the central tissue of plant material, PPL; **(g)** Limestone fragment rich in bioclasts and a piece of burned bone, PPL; **(h)** same as (g) but in XPL and **(i)** View of the matrix which includes microcharcoals and a piece of flint, PPL.

3.7.3 Unit Vc (thin sections SO-M4 DOWN and SO-M5 DOWN)



Figure 47 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel Vc: SO-M4 DOWN y SO-M5 DOWN

3. Socuevas rock shelter

It is a stratigraphic unit with higher organic component than the previous unit and with a higher presence of carbonated lithoclasts, of centimeter size dispersed (Fig. 47). The sedimentary matrix is composed of fine sediment of relatively massive structure and organic (dark) that includes fragments of flint, bone, shells and plant remains, roots. It presents abundant pedogenic features such as bioturbation, coprolites and biogenic calcitic aggregates derived from the activity of worms and bioturbations by the root activity.

It is a level whose sedimentary matrix moves away from the carbonate matrix that characterizes Unit VII. Now the sedimentation is more granular and more organic bringing that dark coloration to the stratigraphic unit by two ways: the organic material and the presence of charcoal.

The groundmass presents the different characteristics that are similar in the two thin sections: the coarse material is composed of quartz grains with a circular shape, rounded sphericity and smooth roughness, are polycrystalline and monocrystalline. The next coarse component present in the thin sections is limestone nummulitic with presence of alveolin foraminifera (Fig. 48c and d), compared to the previous level in this stratigraphic unit its shape and sphericity is rounded and with an intermediate roughness and a reddish coloration and yellowish. This coloration being product of the iron oxide contributions. We also find charcoals of small size (microcharcoals) that can preserve the internal structure (Fig. 48e and f). This is because the parts of the charcoal are kept stronger and more stable while the areas most susceptible to breakage are not conserved or only small fragments are preserved. A number of fragments have been identified in fairly good bone conservation (although partially fragmented) (Fig. 49e, f, g and h).

Other coarse components are: the presence of roots with fresh character, whose conservation of good character can be seen in its internal structure (Fig. 48a and b and Fig. 49a, b, c, d and i). The morphology of the roots is usually common, with some optimum preservation in which the different tissues can be distinguished and identified: the *epidermis* is the external part found in young parts of the plants and not very resistant and the *cortex* with all their internal cellular structures (Babel, 1975). Shells of gastropods and bones of small size are also observed, which according to their morphology suggest that they are microfauna. Within the anthropic material the presence of several flint fragments have been identified in this unit (Fig. 49i).

As for the fine components, we observed: presence of clays, limes, calcite and the presence of amorphous organic material, with egg-ellipsoidal oribatid mite excrements (FitzPatrick, 1984). In the internal zones of the roots we have observed that some faecal mite pellets (Fig. 49c and d) replace the central parts of the central cellular structure of the plant material being common this action in soils where the organic matter plays a dominant and important role.

As we have already observed in the previous thin sections in the sample SO-M4 DOWN and SO-M5 DOWN, there is presence of ash (Fig. 48e and f) from the burning of wood charcoals according to their calcitic morphology and are birefringent in XPL (Wattez and Courty, 1987).

The aggregates of the sediment are characterized by being moderately separated and unaccommodated crumbs and granules, the complex packing voids, channels and *vughs* so the overall microstructure of the thin section is complex. The distribution between the coarse and fine components (c / f distribution) is of double equal enaulic, where the fine material is between the grains forming small aggregates (Stoops, 2003). The crystallitic *b-fabric* with components of calcium carbonate, in which there is a concentration of micritical cementation of the matrix associating mainly to the holes left by the activity of worms and roots in phase of death and decomposition, secondary calcite. Another reason would be the percolation of the water through the limestone conglomerate of the rocky substratum of the shelter itself, which would lead to the dissolution of the carbonates and therefore there are calcitic accumulations in the sediment. On the other hand, there would be the dissolution of carbonates in the sediments coming from shells of gastropods or limestone as post-depositional processes that modify the original sediments. It is a stratigraphic unit similar to the previous one, but its potentiality increases as well as the anthropic and bioturbation activity, because of the activity of roots and worms.

3. Socuevas rock shelter

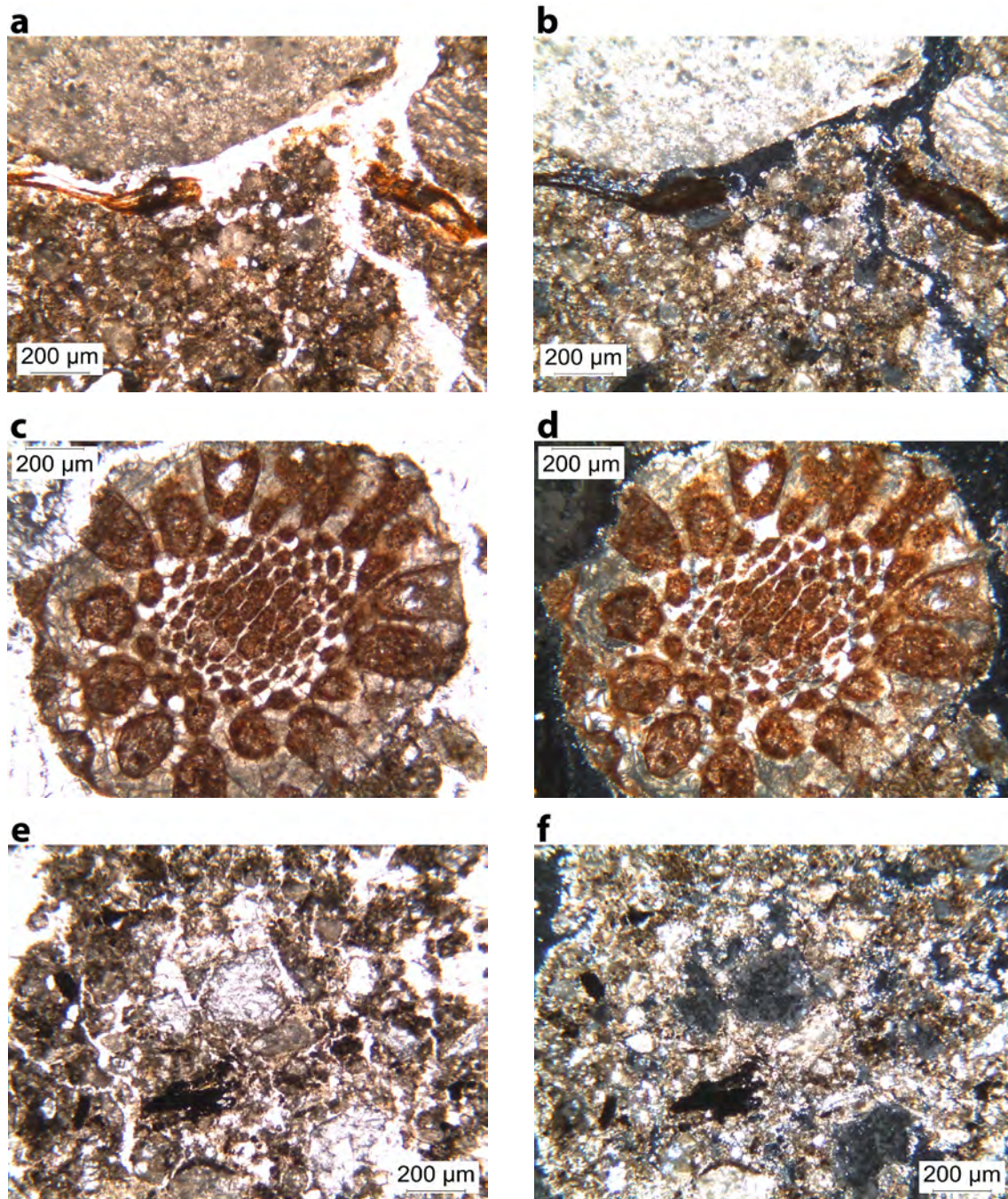


Figure 48 Photomicrographs from Unit Vc: **(a)** Limestone fragment that broke a root, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL; **(c)** Section of a bioclast from the limestone, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e)** View of the groundmass which calcareous matrix with clay aggregates, ashes, microcharcoals and fragments of quartz grains, PPL and **(f)** same as (e) but in XPL.

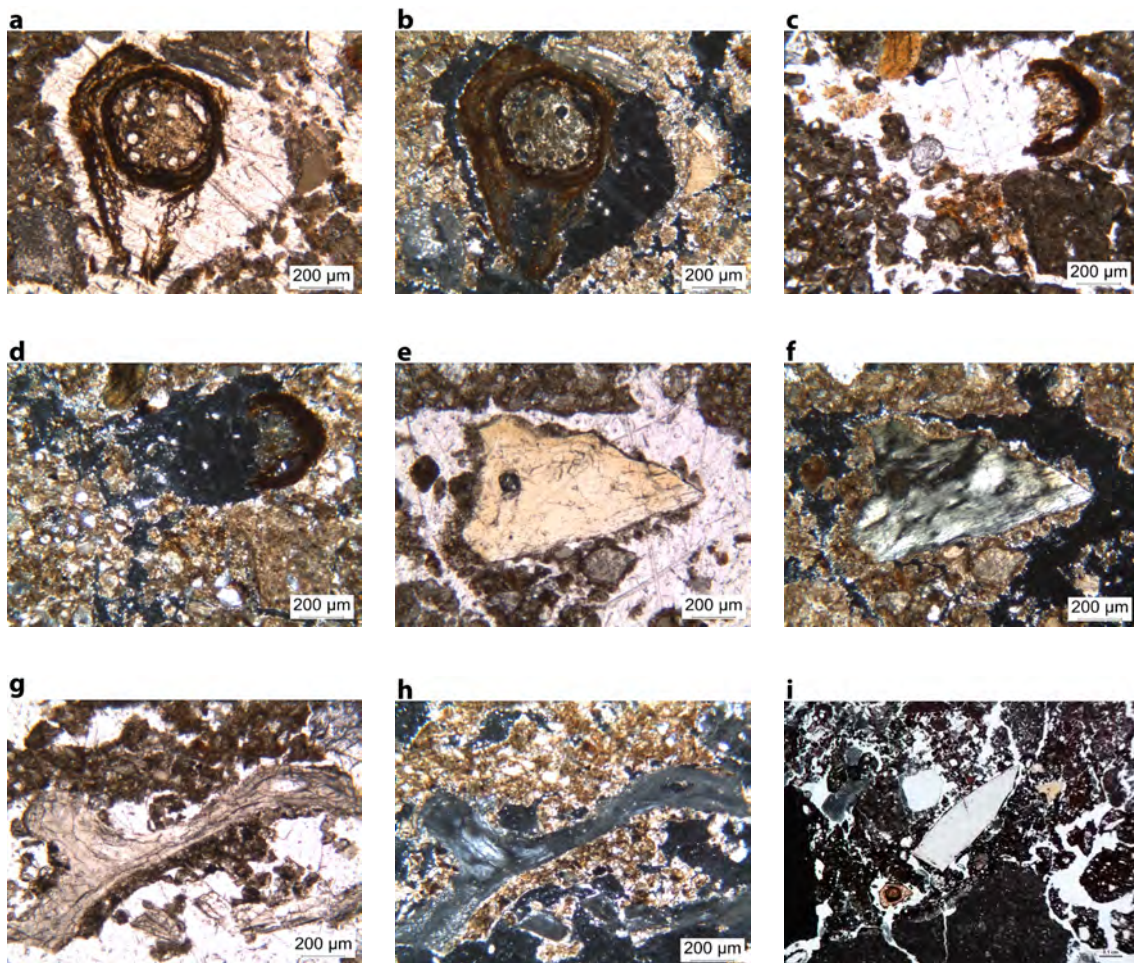


Figure 49 Photomicrographs from Unit Vc: **(a)** Root retaining the cellular structure, PPL; **(b)** Same as (a) but in XPL; **(c)** View of fragmentation section of the root and his incorporation to the sedimentary matrix, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e)** Bone fragment good preserve and partially cracked, PPL; **(f)** same as (e) but in XPL; **(g)** Bone fragment (probably from mesofauna), PPL; **(h)** same as (g) but in XPL and **(i)** View of the groundmass showing a piece of flint, section of the root, inclusions of charcoals, limestone fragments and quartz grains, PPL.

3. Socuevas rock shelter

3.7.4 Unit Vb (thin sections SO-M4 UP, SO-M5 DOWN and SO-M5 UP) and Unit Va (thin sections SO-M5 UP)

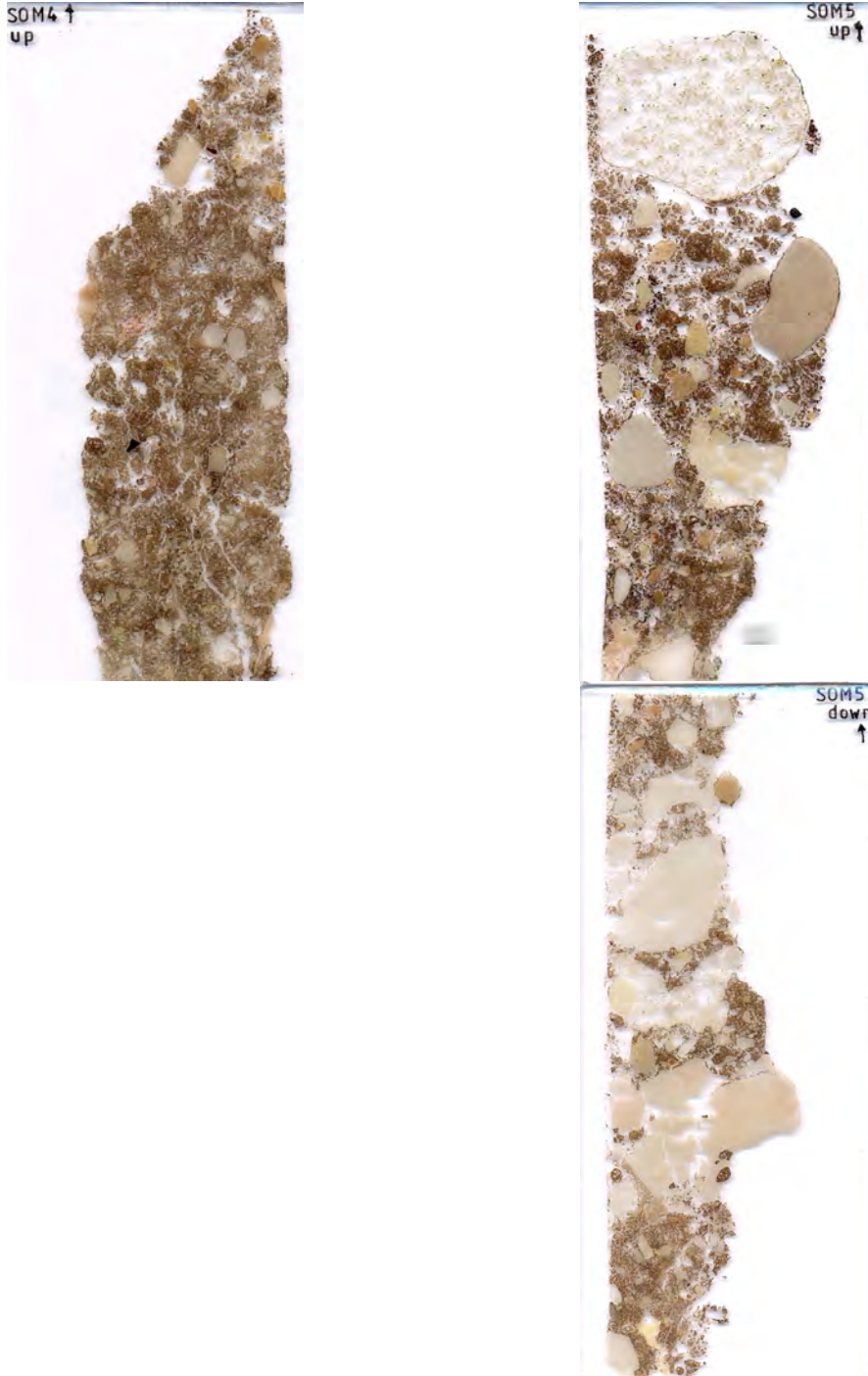


Figure 50 Scanner of thin sections corresponding to Unit Vb and Unit Va: SO-4 UP and SO-M5 UP- DOWN

These two stratigraphic units are described together because they are very similar and have very similar micromorphological features (Fig. 50). They are a unit rich in centimeter-sized carbonate lithoclasts (Fig. 50) and compared to the previous stratigraphic units, their formation is mainly due to the contribution of coarse granulometry, whose lithology is established as resulting from the limestone conglomerate. The sedimentary matrix is composed of fine sediment of relatively massive structure and organic (dark) that includes fragments of flint, bone and plant remains, roots.

The groundmass presents similar characteristics in the stratigraphic units: the coarse material, present in the two thin sections, is similar. We have identified the presence of quartz grains with a rounded shape, rounded sphericity and smooth roughness, are polycrystalline and monocrystalline. The following coarse component, present in the thin sections, is the nummulite limestone with presence of alveolin foraminifera (Fig. 51a, b, c, d, e and f). Compared to the previous level in this stratigraphic unit its shape and sphericity is rounded and with a smooth roughness and a reddish and yellowish coloration, product of the iron oxide contributions (Fig. 51a, b, e and f). It is the almost majority component in the formation of this stratigraphic unit. We have also identified small charcoals (microcharcoals), in some of them the internal cellular structure has been conserved, because it is the part and structure less susceptible to rupture. The weaker parts have been degraded and in some cases small fragments of the internal structure are preserved (Fig. 52d).

Other coarse components are: the presence of roots of a larger size than in the previous units with fresh character that preserve their internal structure (Fig. 52a, b, f and i) (Babel, 1975).

In addition, shells of gastropods (Fig. 52c and d) and small bones (Fig. 52c, e, g and h) are observed, and according to the general tone of the samples, quite poorly preserved, with internal ruptures and in a near degradation state with risk of phosphating. The phosphates are incorporated into the sedimentary matrix, being observed under fluorescence in the microscope.

The presence of amorphous organic material has been identified with egg-ellipsoidal-shaped oribatid mite excrements (FitzPatrick, 1984). In the internal zones of the roots we have observed that some faecal mite pellets (Fig. 52a) replace the central parts of the central cellular structure.

As for the fine components we have observed: presence of clays, silts and calcite. It is important the presence of the organic material, in an amorphous state, that together with the coarse limestone material make up the main components of the samples of these stratigraphic units.

3. Socuevas rock shelter

The aggregates of the sediment are characterized by being moderately separated and unaccommodated crumbly and granular, the gaps are complex packing, canals and *vughs*, so the overall microstructure of the thin section is complex. The distribution between the coarse and fine components (c / f distribution) is double equal enaulic. The fine component is among the thicker grains forming aggregates (Stoops, 2003). The *b-fabric* is crystallitic with components of calcium carbonate, in which there is a concentration of micritical cementation of the matrix associating mainly to the holes left by the activity of worms and roots (Fig. 52a and f) in phase of death and decomposition. The concentration and calcitic accumulation of the carbonate solution of the bedrock has also been identified. The carbonate solution is added in the sediments resulting from gastropods or calcareous ash as post-depositional processes that modify the original sediments.

In general the sedimentary matrix of clays and silts is almost completely annulled by the coarse limestone component and the amorphous and detritic organic material.

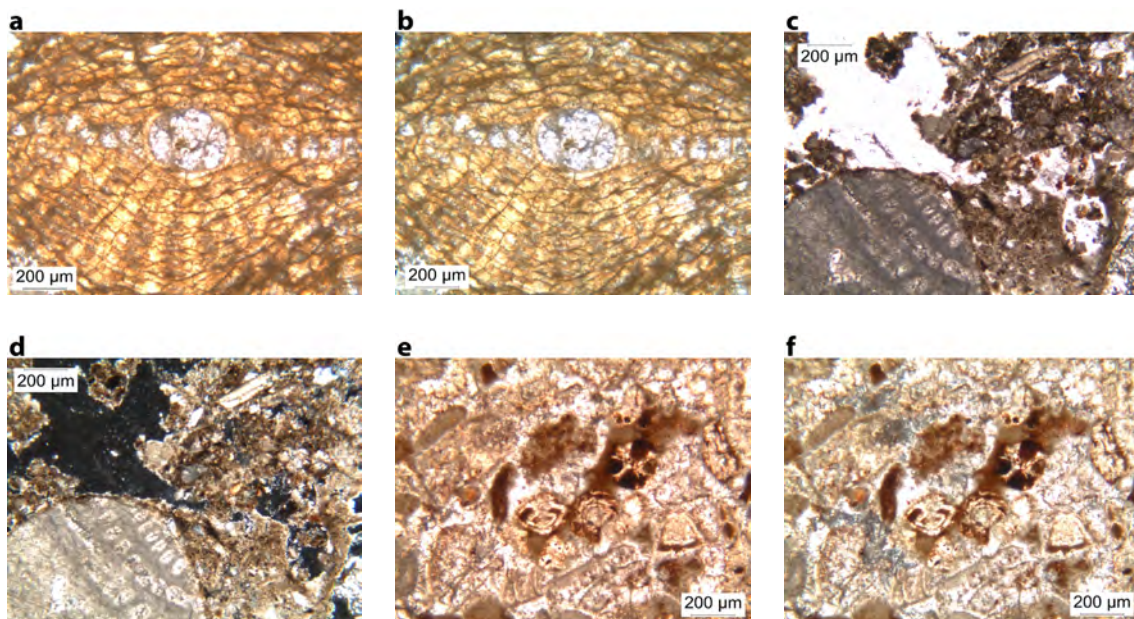


Figure 51 Photomicrographs from Unit Vb: **(a)** Detail of the bioclast from the limestone (alveoline), PPL **(b)** same as (b) but in XPL; **(c)** Detail of the bioclast from the limestone (alveoline) and the groundmass with brownish amorphous organic material and shells, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; Photomicrographs from Unit Va: **(e)** Limestone fragment rich in bioclasts, PPL and **(f)** same as (e) but in XPL.

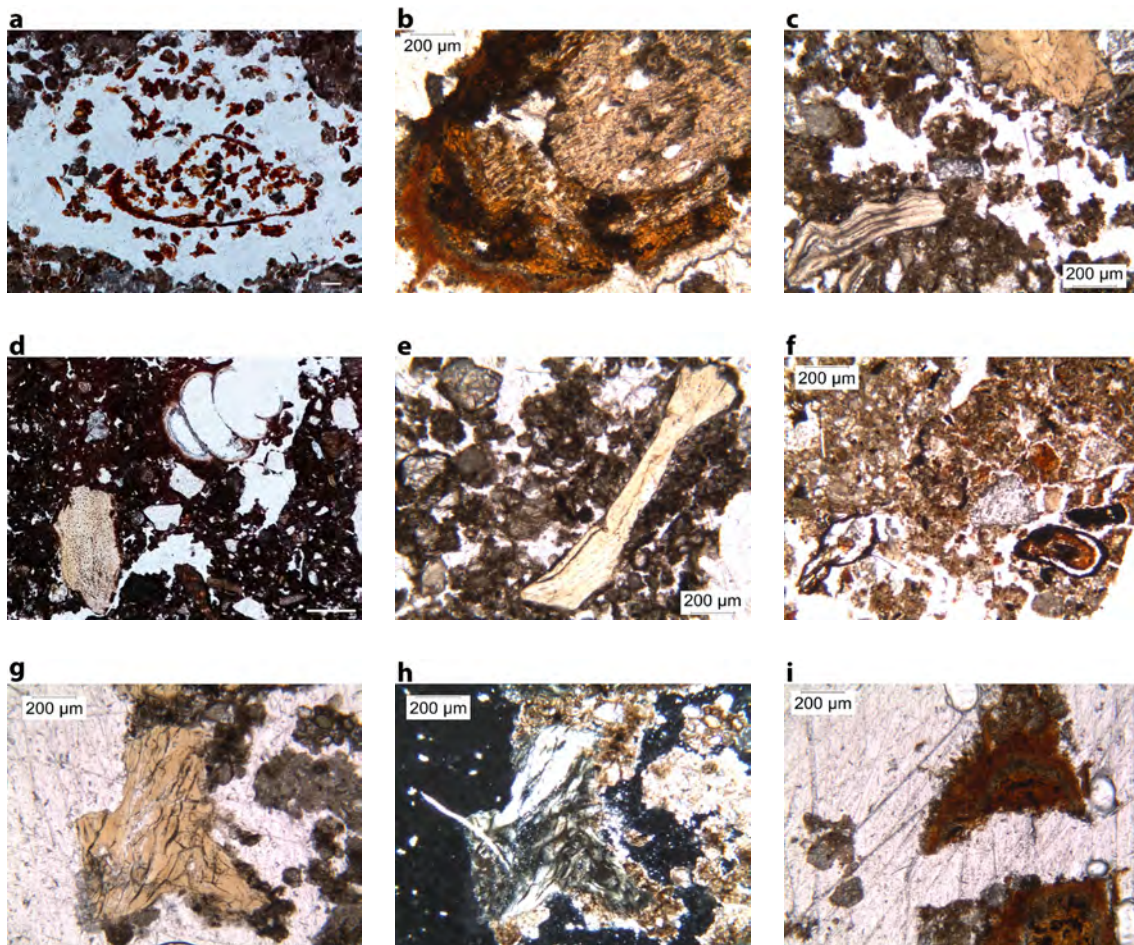


Figure 52 Photomicrographs from Unit Vb: **(a)** View of the faecal pellets of mites replacing the central tissue of plant material and surrounding amorphous material, PPL; **(b)** View of the section of the fresh root retaining the cellular structure, PPL; **(c)** Groundmass with bone and shell fragments, PPL; **(d)** Groundmass with bone and section of the gastropod, PPL; **(e)** Groundmass with quartz grains and bone fragment (probably from mesofauna); Photomicrographs from Unit Va: **(f)** Groundmass with a very advance stage in the decomposition of litter at the surface. The organic residues occur mainly as brown granules of amorphous material. Some material retaining the cellular areas are mainly living plant roots, PPL; **(g)** View or bone fragment partially cracked, PPL; **(h)** same as (g) but in XPL and **(i)** View of the section of the fresh broken root, PPL.

3. Socuevas rock shelter

3.7.5 Unit III (thin section SO-M1 DOWN) and Unit II (thin section SO- M1 UP)

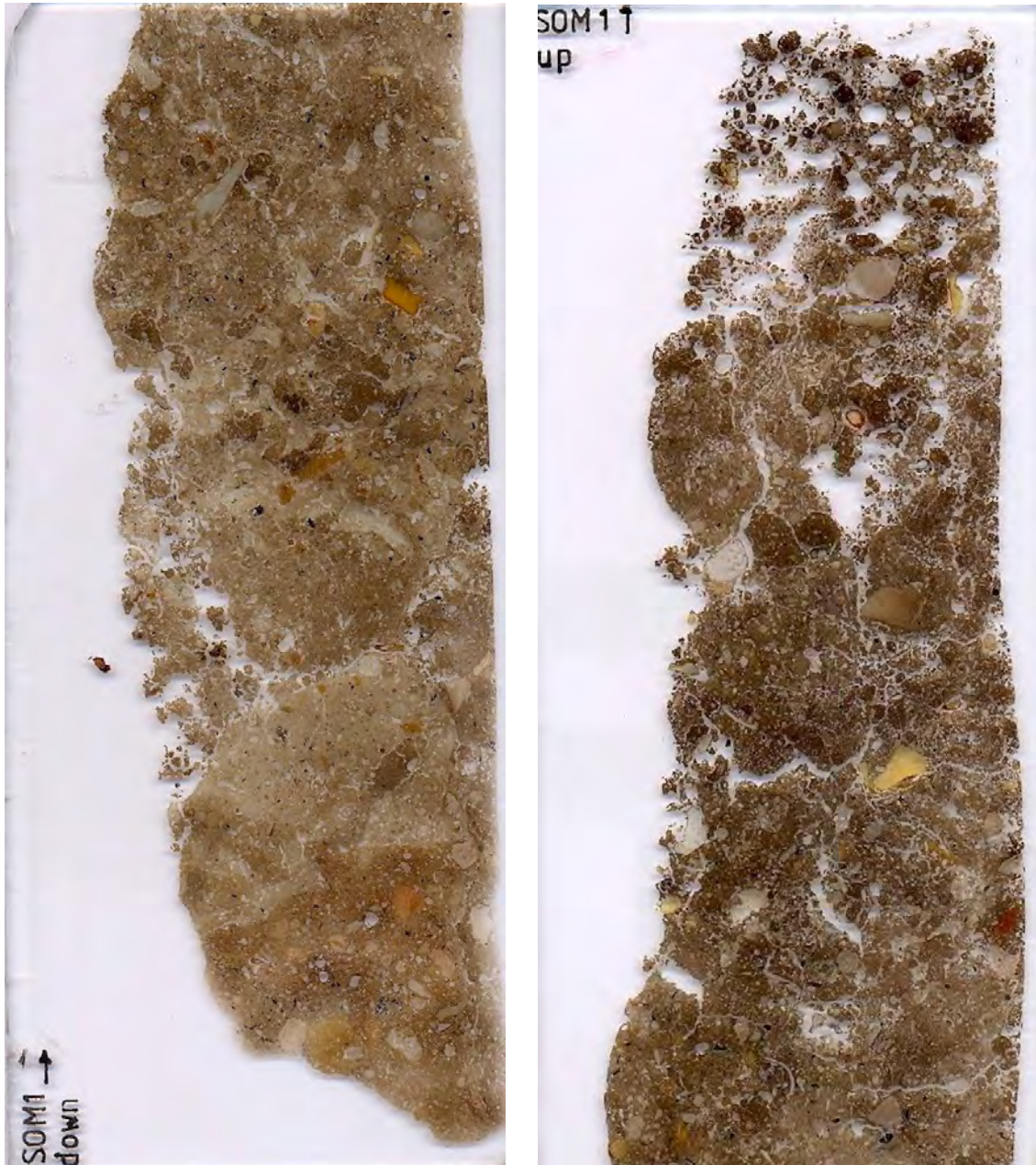


Figure 53 Scanner for thin sections corresponding to Unit III and II: SO-M1 UP-DOWN

The two stratigraphic units are described together for having similar micromorphological features (Fig. 53).

The stratigraphic Unit III has a more massive structure than the previous stratigraphic units. They present pedogenic traits such as bioturbation, presence of roots, biogenic calcite granules and excrements derived from the activity of worms.

The two units are composed of aggregates of fine sediment, peds, and abundant dark fine matrix rich in microcharcoals, ash and organic matter. It includes numerous fragments of bone and charcoal. The bone component present in the sediment of this archaeological soil presents fragments of poorly preserved bone in a state of phosphatization and dissolution, whose phosphate element is incorporated into the sedimentary matrix (Fig. 54d, e and f). In addition to that dissolution of the bone fragments, and that removal from the bone of the phosphate element and embedded in the sediment, also fills the voids of some carbon fragment that replaces its internal structure making it disappear as in the case of the sample SO-M1 DOWN, this is observed under fluorescence analysis (Fig. 54f).

There are also pedogenic features such as bioturbation and the presence of biogenic calcite roots and granules derived from the activity of worms (Fig. 54b and Fig. 55b and c).

At both levels (Units II and III) the presence of ash and microcharcoal remains is significant (Fig. 54g, h and i and Fig. 55d, e and f). Consequently, it contributes to the darkening of the sediment of these stratigraphic units, somewhat darker than the lower levels. These ashes, derived from wood, are a more or less abundant component at these levels within the sedimentary matrix. These wood ashes are composed of calcite and are birefringent in XPL with a series of interference colors with a higher order (Wattez and Courty, 1987). At lower levels, although microcharcoal and ash remains have been found, their proportion is much less than in Units II and III. This situation can be due to the loss of the ash components in these stratigraphic units: either for wind reasons, since we are talking about a open area rockshelter settlement, or to the chemical dissolution, causing it to disappear or to filter to the sedimentary register of lower levels.

The groundmass presents similar characteristics in the two stratigraphic units: the coarse material present in the two thin sections is similar. We have identified the presence of quartz grains with a rounded shape, rounded sphericity and smooth roughness, these are polycrystalline and monocrystalline. The next coarse component present in thin sections is limestone nummulitic, with presence of alveolin foraminifera. Its shape and sphericity is rounded and with a soft roughness and a reddish and yellowish coloration, product of the iron oxide contributions.

However, in comparison with the previous stratigraphic units at these levels, the coarse limestone component is not so predominant, being a more massive sedimentary structure in organic matter and in fine sediments and peds (Fig. 54b).

Other coarse components are: the presence of roots with fresh character well preserved, being able to see its internal structure (Fig. 54c). The morphology of the roots is usually common, with some optimum preservation in which different tissues can be distinguished and identified (Babel, 1975). It is also observed the gastropod shells, bones of small size, some of them under heat treatment (Fig. 55a, f and g), burned (charred from bones) (Fig. 54e). Following the general trend of fairly well conserved samples, compared to previous levels, with little risk of phosphating processes. We have identified small charcoals having preserved the internal cellular structure in some of them (Fig. 55e), being their part less susceptible to breakage. Finally, it was observed in the SO-M1 UP thin section, a flint fragment with an internal structure of chalcedony fans and internal opaque rhombohedra, corresponding to the dolomite (Fig. 55h and i).

As for the fine components we have observed: the presence of clays, silt and calcite, also the important presence of amorphous organic material, that together with the coarse limestone material, make up the main components of the samples of these stratigraphic units. A series of material remains of small size charcoals (microcharcoals) that have been identified, have been incorporated into the sedimentary matrix (Fig. 55d). There is presence of ash (Fig. 54h and i), as in previous levels, from the burning of wood charcoal, according to the charcoal characteristics conserved between the groundmass.

The aggregates of the sediment are characterized by being crumbly and granular moderately separated and not accommodated, the gaps are of complex packing, canals and *vughs*, so the overall microstructure of the thin section is complex. The distribution between the coarse and fine components (c / f distribution) is of double equal enaulic. It is observed that the fine fraction of the sediment is among the coarse granulometry forming aggregates (Stoops, 2003). The *b-fabric* is crystallitic with components of calcium carbonate, in which there is a concentration of micritical cementation of the matrix, being associated mainly to the holes left by the activity of worms and roots in phase of death and decomposition (Fig. 55b and c). The presence of this calcite is explained by the dissolution of carbonates with a calcitic accumulation of the dissolution of the bedrock. On the other hand, there would be the dissolution of carbonates in the sediments coming from shells of gastropods and calcareous ashes as post-depositional processes that modify the original sediments.

The reading of thin sections has brought to light the processes of formation of the sedimentary sequence of the Socuevas deposit. It shows different degrees of intensity of natural and anthropic activity.

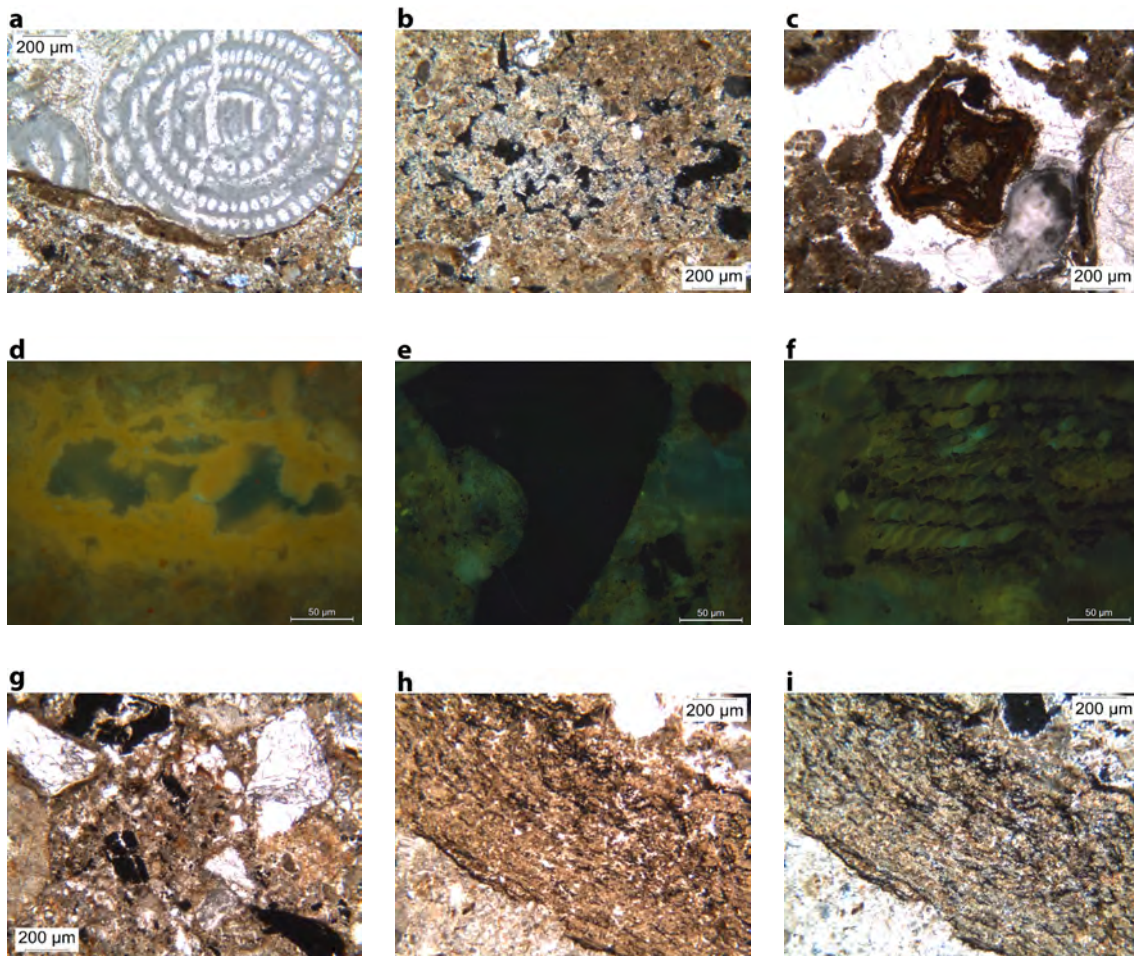


Figure 54 Photomicrographs from Unit III: **(a)** Detail of limestone fragment rich in bioclasts (alveoline), XPL; **(b)** Accumulation of secondary calcareous micritic material attesting to plant growth (bioturbation), XPL; **(c)** Detail of fresh root retaining the cellular structure, PPL; **(d)** View of bone fragment in dissolution (phosphatized), in fluorescence; **(e)** View of rounded char material derived from bones, in fluorescence; **(f)** Rest of woody material retaining partially the stronger cellular structure, replaced by phosphates, in fluorescence; **(g)** Detail showing silty clay reddish matrix with some inclusions of charcoal and sand size quartz grains. The large grain at center-left is weathered limestone, PPL; **(h)** Rest of woody material retaining the stronger cellular structure, replaced by the calcareous groundmass and accumulation of ashes, PPL and **(i)** same as (h) but in XPL.

3. Socuevas rock shelter

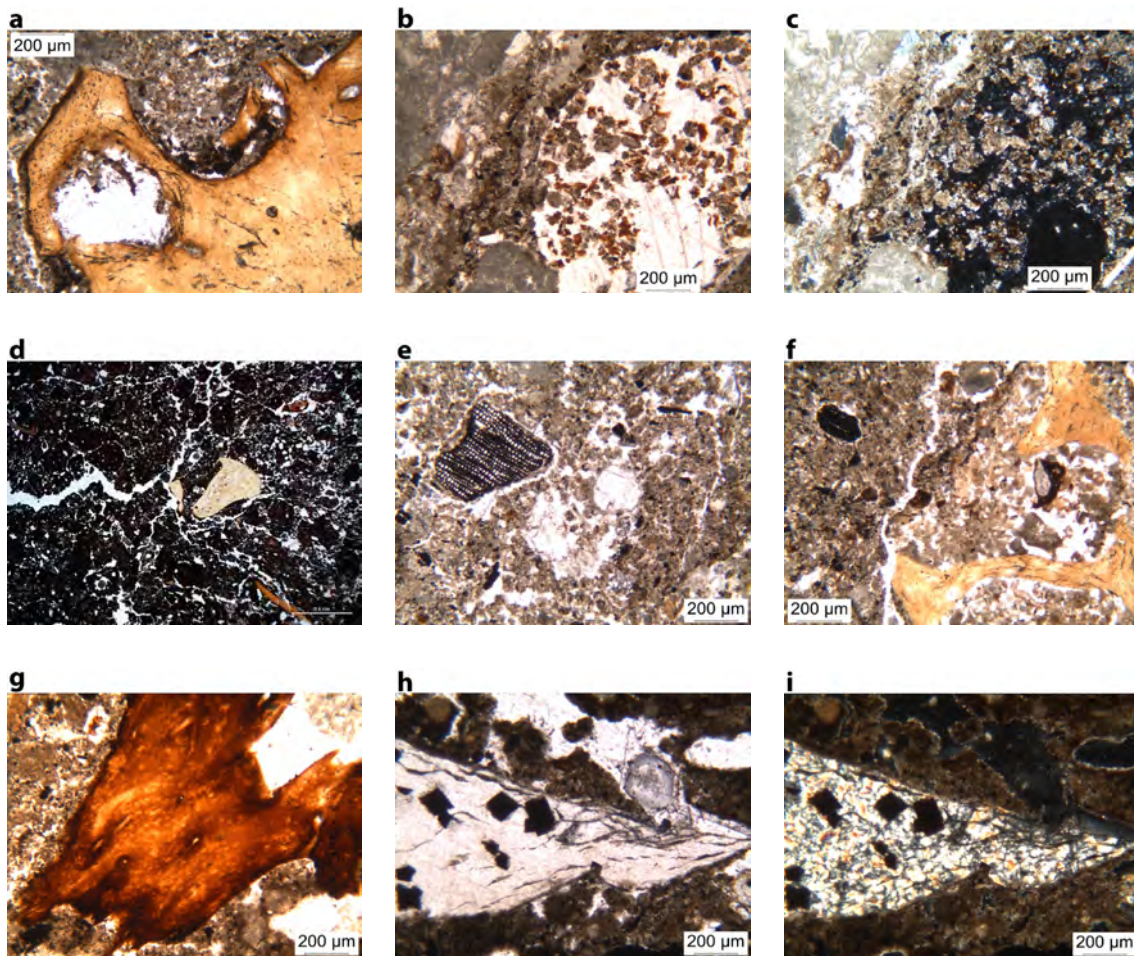


Figure 55 Photomicrographs from Unit II: **(a)** Partially heated bone fragment, PPL; **(b)** Reworked groundmass by plant material. Secondarily cemented infillings attesting to plant growth, containing much coarse material than the surrounding soil, this material has been translocated from a different horizon (bioturbation) and brown granules of amorphous material, PPL; **(c)** same as (b) but in XPL; **(d)** Detail of the groundmass showing silty clay blackish matrix with some inclusions of microcharcoals and sand size bones, some are burned, PPL; **(e)** Bioturbated groundmass with a inclusion of a charcoal showing the cellular structure of the original plant material, PPL; **(f)** Detail of the groundmass showing silty clay brownish matrix with some inclusions of microcharcoals and sand size bones, partially burned and rounded amorphous material, PPL; **(g)** Detail of strong heterogeneous burned bone, PPL; **(h)** Detail of flint fragment with radiating fans of chalcedony and inclusions of dolomite crystals, PPL and **(i)** same as (h) but in XPL.

Several fundamental aspects in the formation of the sedimentary sequence of the coat are intermingled: the natural factor, the anthropic factor and the post-depositional processes that disfigure the original image of the formation of these archeological soils. In addition, these thin sections readings can characterize climatologically each of the episodes, as we will see later.

3.8 Discussion

Through the geoarchaeological analysis, we have reconstructed the sedimentary record and the sedimentary history of the Socuevas site, which we will see below. The processes of formation of the deposit are different according to the location of each stratigraphic unit in the stratigraphic frame. Consequently, the sediments origin and their dynamics of formation have been individually discussed for each stratigraphic unit. All the results obtained from the granulometric analysis (Fig. 56), X-ray diffraction (Fig. 56), X-ray fluorescence (Fig. 56), Carbon and Nitrogen (Fig. 56) and the Principal Components (Fig. 56) and the reading of thin sections (Table X) are discussed below.

3.8.1 Characterization of the stratigraphic units of the site

The stratigraphic units of the Socuevas archaeological site have been characterized with the following results (Table X):

Unit VII

Three samples of loose sediment and two thin sections reflecting similar results (Table X) were analyzed from this stratigraphic unit. It is a level that is in contact with the degradation of the bedrock of the site. Its calcareous character can be perceived in all the analyzes carried out. It corresponds to the tertiary sedimentary substrate, where the alternation of silts and carbonate clays are of fluvial-alluvial character. Towards the ceiling loses the calcareous character as a whole and incorporates the anthropic elements as well as a growth of the organic material.

The granulometric analysis presents its low percentages in coarse granulometry (gravel), in comparison to the other levels. Percentages increase as the sedimentary sequence progresses. Its formation is represented by the very intense presence of sand and mud. In spite of this, X-ray diffraction and fluorescence analyzes have given results whose percentages of calcareous content are high. These percentages are represented by a unit rich in calcitic aggregates. Their origin is diverse: on the one hand we have the degradation of the bedrock with a dissolution of carbonates and on the other hand the bioturbation activity of worms and roots that are replaced by secondary calcite.

3. Socuevas rock shelter

Unit-Samples	Granulometry	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	% C/N	Sediment description	Micromorphology, General description and notes
II-SO-1d	Gravel: % 48,98; sand: % 25,01; silt: % 22,60 and clay: % 2,91	Calcite: % 73,34; Quartz: % 19,47 and Clay minerals: % 7,2	Ca: % 46,78 and Si: % 10,67	7,3329	50,44371728	Sand-silty sediments but with high presence of centrimetric limestone coarse clasts. High content in organic material. Reddish gray sediments. With a thickness of 20-25 cm.	Sample SO-M1 UP: Composed of aggregates of fine sediment, peeds, and abundant dark fine matrix rich in microcharcoals, ash, and organic matter. It includes numerous fragments of bone and charcoal. Also there are many pedogenic features as the bioturbation and presence of roots and calcite biogenic granules derived from the activity of earthworms
II-SO-1c	Gravel: % 51,17; sand: % 25,39; silt: % 21,09 and clay: % 2,39	Calcite: % 81,3; Quartz: % 13,82 and Clay minerals: % 4,88	Ca: % 45,67 and Si: % 9,96	5,9238	46,33050274		
III-SO-1b	Gravel: % 58,93; sand: % 19,76; silt: % 19,26 and clay: % 2,05	Calcite: % 77,11; Quartz: % 19,24 and Clay minerals: % 3,64	Ca: % 43,09 and Si: % 12,78	3,3097	65,37538494	Sand-silty sediments but with high presence of centrimetric limestone coarse clasts. High content in organic material. Reddish gray sediments. With a thickness of 30-35 cm.	Sample SO-M1DOWN: It has similar characteristics to Unit II. Differing in its most massive texture. Also there are many pedogenic features as the bioturbation and presence of roots and calcite biogenic granules derived from the activity of earthworms
III-SO-1a	Gravel: % 57,75; sand: % 21,08; silt: % 18,67 and clay: % 2,49	Calcite: % 73,96; Quartz: % 19,92 and Clay minerals: % 6,12	Ca: % 39,06 and Si: % 15,2	5,0283	91,07814527		
Va-SO-5b	Gravel: % 56,21; sand: % 17,38; silt: % 22,72 and clay: % 3,68	Calcite: % 69,93; Quartz: % 23,91 and Clay minerals: % 6,17	Ca: % 38,14 and Si: % 16,7	6,7851	57,7064855	Silt-sandy sediments but with high presence of decimetric limestone coarse clasts. Dark reddish gray sediments. With a	Sample SO-M5 UP: The sedimentary matrix consists of fine sediment with relatively massive and organic (dark) structure which includes fragments of flint, bone and plant remains, roots
Vb-SO-5a	Gravel: % 63,46; sand: % 15,90; silt: % 17,61 and clay: % 3,03	Calcite: % 79,17; Quartz: % 17,48 and Clay minerals: % 3,35	Ca: % 38,21 and Si: % 15,65	4,2789	70,68837413	Silt-sandy sediments but with high presence of decimetric limestone coarse clasts. Reddish gray sediments. With a thickness	Samples SO-M4 UP, SO-M5 DOWN & SO-M5 UP: It has similar characteristics to Unit Va
Vc-SO-4a	Gravel: % 50,59; sand: % 20,16; silt: % 24,95 and clay: % 4,30	Calcite: % 68,13; Quartz: % 20,77 and Clay minerals: % 11,1	Ca: % 35,97 and Si: % 16,79	5,0127	117,1575944	Silt-sandy sediments but with high presence of decimetric limestone coarse clasts. Reddish gray sediments. With a thickness of 15-20 cm.	Samples SO-M4 DOWN & SO-M5 DOWN: The sedimentary matrix consists of fine sediment with relatively massive and organic (dark) structure which includes fragments of flint, bone, shells and plant remains, roots. It has abundant pedogenic features as bioturbation, excrement and aggregates calcitic biogenic derived from the activity of earthworms and bioturbation by the activity of roots
VI-SO-3b	Gravel: % 61,41; sand: % 16,01; silt: % 19,26 and clay: % 3,28	Calcite: % 74,23; Quartz: % 19,61 and Clay minerals: % 6,16	Ca: % 35,01 and Si: % 17,75	4,0096	108,746118	Silt-sandy sediments but with high presence of decimetric limestone coarse clasts. Pink- reddish sediments. With a thickness of 30-35 cm.	Samples SO-M3 UP & SO-M4 DOWN: Unit less organic, but very rich in pedologic features as bioturbation, excrement and added calcitic biogenic derived from the activity of earthworms and bioturbation by the activity of roots. The content of anthropogenic origin observed could correspond to small pieces of charcoal
VII-SO-3a	Gravel: % 48,63; sand: % 21,32; silt: % 25,89 and clay: % 4,16	Calcite: % 74,36; Quartz: % 15,19 and Clay minerals: % 10,45	Ca: % 38,32 and Si: % 16,47	3,7930	96,01437025	Silt-sandy sediments but with high presence of millimeter limestone coarse clasts. Pink- reddish sediments. With a thickness of 40-45 cm.	Samples SO-M2 UP & DOWN & SO-M3 DOWN: Unit which corresponds to the tertiary sedimentary substrate and is composed of alternating layers of fluvial-alluvial silts and clays carbonated. Towards the roof it loses the laminated nature and presents a texture more peloidal, altered by the formation of calcitic aggregates and bioturbation of earthworms and roots, attested by a large presence of excrements
VII-SO-2b	Gravel: % 35,93; sand: % 31,78; silt: % 31,78 and clay: % 4,10	Calcite: % 78,04; Quartz: % 16,48 and Clay minerals: % 5,48	Ca: % 38,38 and Si: % 16,65	4,9965	108,9421075		
VII-SO-2a	Gravel: % 34,86; sand: % 32,24; silt: % 29,25 and clay: % 3,58	Calcite: % 73,34; Quartz: % 19,47 and Clay minerals: % 7,2	Ca: % 35,39 and Si: % 18,82	3,7996	121,2999453		

Table X Recompilation of main data of Socuevas, the sediment description and the micromorphological study: general description and notes

The determination of Carbon and Carbon and Nitrogen has given very similar results in the percentages of Carbon present in the samples corresponding to this stratigraphic unit. The Carbon in this unit is not as abundant as in the higher units. In any case, the element Carbon acts as one of the main sources of energy and Nitrogen as fundamental intermediary in the synthesis of proteins being necessary to support the development of microorganisms and roots (Porta *et al.*, 2003). This stratigraphic unit does not have an excessive activity in organic material. Carbonates are represented in a higher degree and proportion.

The reading of thin sections proves these processes, where its calcitic formation is shown with an alternation of sands, silts and carbonated clays. Toward ceiling loses the laminated character and presents a more peloidal texture. In the upper part it includes fragments that can be linked to the anthropic activity (bones and microcharcoals).

Unit VI

This stratigraphic unit is characterized by more formative elements than the previous stratigraphic level (Table X), with the difference that the anthropic factor is more intense. It is a unit richer in organic material and very rich in edaphic features. It has a sedimentary process based on sand, clays and silt and with superficial runoff processes that provides fine sediments and gravel and blocks due to gravitational runoff.

Consequently, the granulometric analysis has given higher percentages in gravel compared to the previous stratigraphic level. With a considerable descent in the percentage of sands, clays and silts, since it is further away from its base sedimentation with the rocky substrate of the site.

X-ray diffraction and fluorescence analyzes give percentages of elevated calcareous elements very similar to the previous stratigraphic unit. These percentages are represented in the calcareous accumulations of the dissolution of the calcareous material of gravels and blocks, because of its continuous fall of ceiling and wall of the shelter. In addition, the activity of bioturbation by activity of roots and worms (witnessed in the reading of thin sheets) provides secondary calcite, replacement. Other elements are represented by the terrigenous formation of the sediment as they are minerals of the clay. Its origin is of natural deposition and surface and gravitational runoff (attached to a slope). The anthropic element is represented by minerals with phosphatic phases coming from bone remains but in a low proportion.

The Carbon values due to the determination of Carbon and Carbon and Nitrogen remain low but with a progressive increase to ceiling of the sequence. Nitrogen is represented in lower percentages. Increasingly, the Carbon in this unit functions as a major source of energy and Nitrogen as a fundamental intermediary in protein synthesis being necessary to support the development of microorganisms and roots (Porta *et al.*, 2003).

Finally with the analysis of thin sections we can do a microsedimentary study with results of being a more organic unit than the previous one. Very rich in edaphic features, like the bioturbation that is reflected in the excrements and the biogenic calcitic aggregates derived from the activity of worms and roots. They are carbonate sediments with an increasing gradual incorporation of the organic material and anthropic material. This last activity is represented in small fragments of charcoal and bones.

Unit Vc

This stratigraphic unit corresponds to a component with a sedimentary matrix composed by fine sediment with a massive and organic structure (dark), much more intense than in the previous levels (Table X).

The granulometric analyzes have given results with a decrease of the gravel percentage. Despite this, they are still considerable percentages. The percentages of clays and silts play an important formative role in this unit.

As for the results of X-ray diffraction and X-ray fluorescence, they have brought to light the high percentage of calcareous material in the sediment. In addition, the terrigenous minerals contain high percentages. Minerals of anthropic origin with phosphatic phases have been detected with a slight increase.

The results obtained from the determination of Carbon and Carbon and Nitrogen show an increase in the percentage of Carbon while the Nitrogen appears with very low percentages. This is due to an increase in the intensity of human activity with fires and with the increase of organic material in the unit. Here, Carbon acts as one of the main sources of energy and Nitrogen as a fundamental intermediary in protein synthesis being necessary to support the development of microorganisms and roots (Porta *et al.*, 2003).

The reading of thin sections has reflected a series of pedogenic features such as bioturbation by the activity of worms and roots generating biogenic calcitic aggregates. The material of anthropic origin is reflected with fragments of flint, charcoals and bone. So the sedimentation is formed by calcareous base sediments, abundant organic material and anthropic activity.

All this analyzes prove to have an increase in the intensity of the activities of these human groups and their preservation in the sedimentary history of the deposit. As well as a double natural and anthropic sedimentation.

Unit Vb and Unit Va

These two stratigraphic units have very similar features and have been characterized together with some differences (Table X). They are units with formative features very similar to the previous stratigraphic unit. The sedimentary matrix is composed of fine sediment with a relatively massive and organic structure, giving a dark coloration to the sediments.

The granulometric analyzes determine that its base sedimentation is of fine materials of sand, clays and silts, but with a superiority of the elements deposited by processes of gravity runoff, represented with the gravels. Thus, a period of continuous falls of gravels and blocks of the wall and roof of the shelter is observed.

Consequently, the percentages corresponding to the calcareous material are represented in the X-ray diffraction and X-ray fluorescence analyzes. There is an increase of the calcareous material to detriment of the minerals considered terrigenous. Minerals with phosphatic phases and linked to human activity suffer a slight and significant increase compared to previous levels.

In Unit Vb the percentage of Carbon described in the results of the determination of Carbon and Carbon and Nitrogen appear with a decrease of the percentages with respect to the previous units. The percentage of Nitrogen appears very similar to the previous unit. While in the Unit Va the percentage of both elements increases considerably. All this is due to the continuous fall of blocks and gravel from the wall and roof of the shelter that do not allow the survival of the organic element in Level Vb. In both units, Carbon also functions as one of the main energy sources and Nitrogen as a fundamental intermediary in the synthesis of proteins being necessary to support the development of microorganisms and roots (Porta *et al.*, 2003).

The reading of thin sections of both levels shows a carbonate sedimentation with a presence of important organic material. This carbonate material corresponds to the degradation of the calcareous elements and have formed calcitic accumulations. But it also corresponds to the activity of bioturbation by worms and roots forming calcitic aggregates (secondary calcite). It is a rather detritic unit composed also by fine sediments of clays and silts with a massive structure and very organic.

Unit III

It is a unit that is located above the conglomerate terrace of the shelter. Its sedimentary character is conditioned by this situation and by the anthropic activity (combustion structures), much more intense than in the previous units (Table X).

This unit has a very massive structure and very rich in charcoals and microcharcoals and organic material giving dark colorations to the sediment.

The granulometric analyzes have brought to light that this level contains very high percentages in gravels, causing their contact with the conglomerate terrace and the falls of blocks and gravel of the own shelter. The percentages of sands, clays and silts suffer a slight regression in favor of gravel. Although the basic sedimentation are of those sands, clays and silts.

The calcareous character of the sediments is reflected in the analysis of X-ray diffraction and X-ray fluorescence. This percentage is connected by the calcareous component of the rockshelter and by calcareous ashes derived from human activity. Here, the elements related to the calcareous material are reflected in their high percentages. The minerals related to the terrigenous activity are still not very abundant. The minerals related to anthropic activity with phosphatic phases are represented in the results, although with very low percentages.

The percentage of Carbon after the determination of Carbon and Carbon and Nitrogen reflects a slight decrease of the percentage of Carbon and Nitrogen. Calcareous elements have survived better than these organic elements. The Carbon, in any case, works as one of the main sources of energy in this unit and Nitrogen as fundamental intermediary in the synthesis of proteins being necessary to support the development of microorganisms and roots (Porta *et al.*, 2003). This percentage is represented by the organic material burned and linked to the combustion structures identified at this unit, as well as the unburned organic material present in the soil.

The reading of thin sections proves that it is a unit with a calcareous and organic massive structure. Here the anthropic activity is reflected in the charcoals and bones, where it has been reflected its poor conservation. In the case of the bone material some fragments have suffered their dissolution, in some cases complete and incorporating the phosphates to the sedimentary matrix. In the case of the charcoals some fragments are recognized in their internal cellular structure, other fragments filled their structure by phosphates that replace the carbon material, destroying their cellular structure. This level is characterized by its pedogenic features such as bioturbation from the activity of worms and roots forming calcitic aggregates.

Unit II

The granulometric analysis has brought to light a slight decrease in the coarsest granulometries (gravel), with the advantage of sand, clays and silts fractions (Table X). These last elements are the base sedimentation of this unit.

The analysis of X-ray diffraction and X-ray fluorescence shows the calcareous character of these archaeological soils. They are closely related to limestone conglomerate. These calcareous ashes are linked to human activity.

The percentages of Carbon and Nitrogen, reflected by the analysis of determination of Carbon and Carbon and Nitrogen, show a slight increase of their percentages in reference to the previous stratigraphic unit. They are superior to the previous units, except Unit Va. This is related to the organic material (very present in these samples) near the surface area of the sequence, and to the charcoals due to the activity of combustion structures. The Carbon, in any case, in this unit works as one of the main sources of energy and Nitrogen as fundamental intermediary in the synthesis of proteins being necessary to support the development of microorganisms and roots (Porta *et al.*, 2003).

The micromorphological study through the reading of the thin sections has shown that this unit is composed of aggregates of fine sediment, peds and with abundant dark fine matrix, very rich in microcharcoals, ash (combustion structures) and organic material. The sediments include fragments of bone, flint and charcoal.

There are also pedogenic features such as bioturbation by the activity of roots and granules of biogenic calcite derived from the activity of worms and roots.

3.8.2 Sedimentary formation processes of the site

There are several formative processes in the Socuevas archaeological site. Therefore they will be analyzed individually (Fig. 56). Besides the natural processes of formation, the anthropic factor in the sedimentary history of the site is a fundamental feature to analyze. Finally, knowing how the post-depositional processes were, help us understand better how our soil has evolved throughout its sedimentary history.

3.8.2.1 Natural formation processes

The accumulations of gravity produce a common type of deposit, called *éboulis*. *Éboulis* production is much more complex than originally thought (Bertran, 1994; Lautridou and Ozouf, 1982). *Éboulis* consist of large rocks separated from the walls and ceiling, or by individual grains released by the disintegration of the bedrock by dissolution (Donahue and Adovasio 1990, Goldberg and Arpin 1999 and Golberg and Macphail, 2006). This action is the majority in the Socuevas site.

In the shelter throughout the sequence, although more intensely late in the Pleistocene, there is a fall of the calcareous material caused by the freezing and thawing of water. This water has been filtered in cracks and fissures of the bedrock, called cryoclastic deposition (Bonifay, 1956, Laville *et al.*, 1980, Schmid, 1963 and Golberg and Macphail, 2006). The dismemberment or the wear of rock blocks occurs by dissolution, but is noticeably less prominent than freezing thawing results (Golberg and Macphail, 2006).

A variety of techniques and parameters have been used, such as grain size and shape (angularity and roundness) as cryoclastic indicators (Laville *et al.*, 1980).

The formation of the sediments of the Socuevas stratigraphic sequence is an indicator of the weather and frosts, the acidity (pH) and the calcium carbonate content. It has been considered that the fall of the coarse material as well as its wear, in a continuous way in the end of the Pleistocene, represent relatively cold and humid climates. On the other hand, the sediments of the beginnings of the Holocene, characterized by their high content of organic material, were developed in more temperate conditions, but with the continuity of the humidity.

In the sedimentation of the base of the archaeological site of Socuevas, the main contributions come from the fine sediments, clay-sandy. Several episodes of sedimentation of clasts of a larger size are added. They are coming from the fall of the wall and roof of the limestone conglomerate itself. There is a general stability in the granulometric and mineralogical formation, in which some larger gravel components are minority and increases as it goes to the ceiling of the sedimentary sequence. A situation that coincides with what has been developed and characterized during the excavation processes. The Pleistocene-Holocene transit is reflected at the end of Unit IV, with the habitual falls of blocks of the wall and visor of the conglomerate. They are very visible in

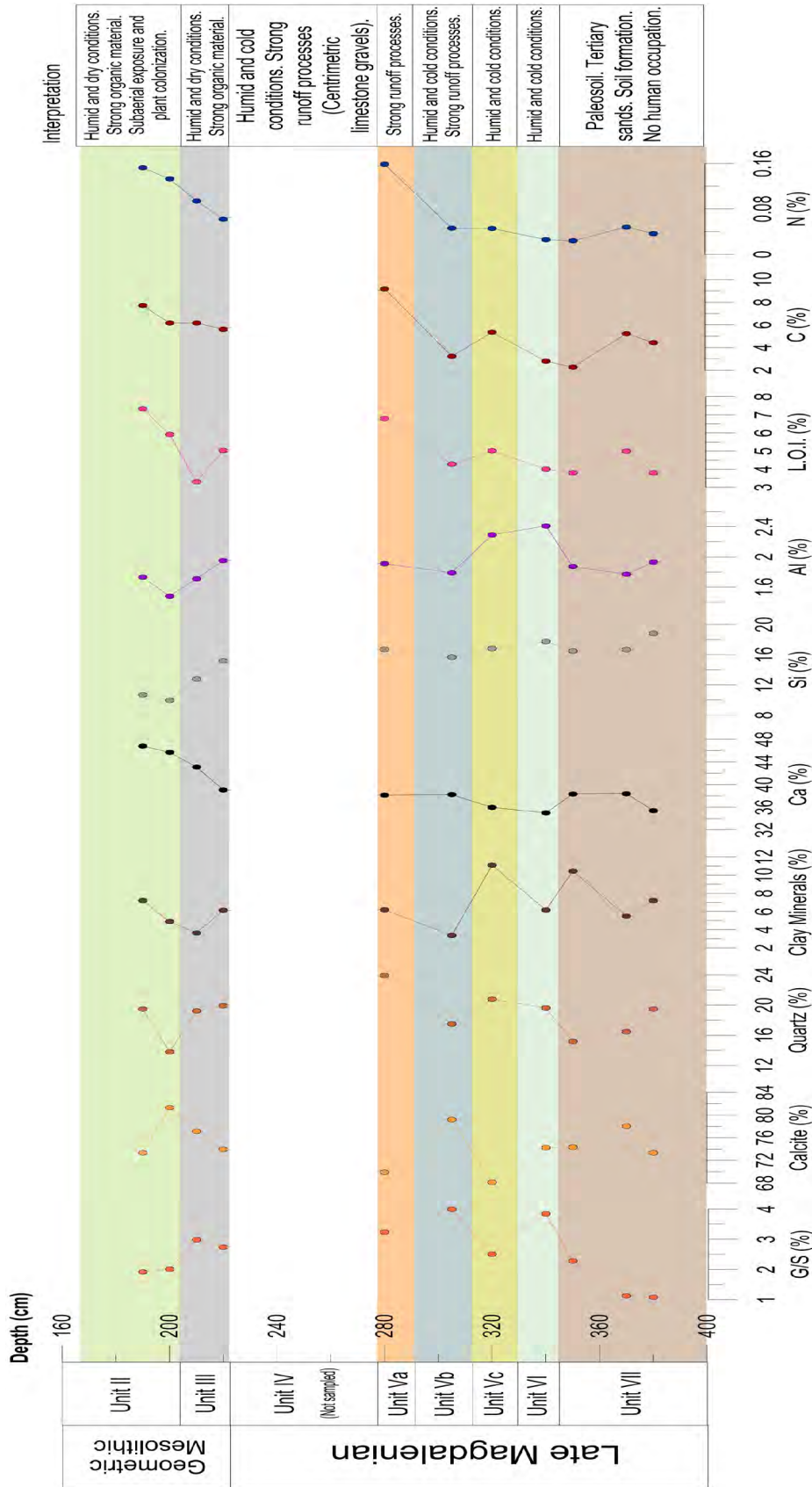


Figure 56 Recopilation of main data and the interpretation of the sequence of Socuevas

the granulometry and in the reading of thin sections in the Unit Vc, in which the same lithology, shape and sphericity of the pebbles of the conglomerate of the shelter are observed.

The base sediment comes from the tertiary sedimentary materials, sandy silts. As well as from the carbonate conglomerate itself, from the substrate on which the shelter settles and from which it develops. Here, there is a natural sedimentation that consists of two different routes: on the one hand, fine granulometry produced by surface runoff. On the other hand, very coarse granulometry with the same lithologies as the carbonate conglomerate of the shelter, as well as the erosion of the contiguous slope of the shelter. These elements may include re-elaborated units coming from the roof cracks, the runoff (Goldberg and Bar-Yosef, 1998, Macphail and Goldberg, 2000) and the eolian contribution.

3.8.2.2 Anthropogenic formation processes

The human groups settled in the Socuevas shelter, during the last phases of the Magdalenian and the Mesolithic, established in soils with terraced form. Besides the natural sedimentation of the shelter, these communities contribute with sediment to the processes of formation of the deposit of Socuevas, influencing the subsequent feedback of the archeological site.

The first human occupations in the site happen in the deposits just above the rocky substratum (at the ceiling of Unit VII), finishing their activity in the Mesolithic substrate (Unit II). This occupation is manifested by the presence of a series of characteristics. These characteristics are sometimes shown in a very discreet way and at other times, in a very prominent way with combustion structures, fragments of bones (in some thin sections they were dissolved and with corrosion processes getting to have a risk of disappearance of the bone material), and finally the presence of lithic material. In spite of this, a bigger contribution of the anthropogenic contributions in the sediments of the upper stratigraphic units, corresponding to Units II and III of the Mesolithic, is observed *de visu* and also in the reading of thin sections. Anthropogenic remains such as bones and combustion structures as well as the presence of charcoals are more abundant than at lower units. All this can be observed both *in situ* and in the observation of thin sections.

The most prominent elements are hearths and other characteristics associated with fire (Singer and Wymer, 1982, Goldberg and Bar-Yosef 1998, Marean *et al.*, 2000 and Meignen *et al.*, 2001).

During the reading of the thin sections, it was detected that in the Upper Levels II and III there was presence of ashes and microcharcoal remains, all contributing to the darkening of the sediment of these stratigraphic units. Anthropogenic components in thin sections such as wood ash are a more or less abundant component at these

units within the sedimentary matrix. These wood ashes are composed of calcite and are birefringent in XPL with a series of interference colors with a superior order (Wattez and Courty, 1987). The identified charcoal fragments contain visible plant tissue structures, which may become identifiable. On the other hand we have identified the presence, in some units, of burned bones (Units II, III, V and VI), they have their presence in the study at a microscopic level. All this forms a substantial component found in the study of the different stratigraphic units at macro and micro levels. So, the result of the presence of the microcharcoals, with the remains of ash, and finally the burned bones identified during the study and reading of thin sections, beside the discovery of a series of combustion structures during the excavation processes, confirms that the anthropogenic factor influences the processes of soil formation by modifying the primary state of the sedimentary record. It was identified that the activity carried out by these human groups was intense and continuous.

These combustion characteristics provide high-resolution information to human activities and fire-related technologies, including fuel type, duration and intensity of the burning, cleaning, trampling and pouring (Meignen *et al.*, 2001).

These are therefore, very active soils, in which these human groups trample, contribute with sediments and materials (bones, charcoals). Together with the natural sedimentation and on the other hand the post-depositional sedimentation define the sedimentation of the deposit.

3.8.2.3 Post-depositional processes

The post-depositional processes observed in the sequential course of the different stratigraphic units, are marked by bioturbation activity, either by root activity (floraturbation) or by worms (faunaturbation). It usually takes the form of accumulation and oxidation of organic material, and the precipitation and dissolution of various minerals in the sediments, including the bones. The most common process is the precipitation of calcium carbonate (Gillieson, 1996; Hill and Forti, 1997 and Golberg and Macphail, 2006). In addition we have the factors of disturbance by the displacement of those unconsolidated elements, by gravitational effects. This action comes from continuous falls of blocks coming from the calcareous conglomerate of the rock shelter. Whose intensity and presence also varies according to the plant mass of our environment, the angle of fall and the size of the eroded and transported elements.

The chemical elements of water and plant roots and their decomposition and percolation change the soils from their original state. Carbonated water that drips onto sediments can lead to total impregnation. The dissolution of calcium carbonate can result from a number of factors. Among the most prominent are the acidic conditions produced by the decomposition of organic material and carbonic acid (Golberg and Macphail, 2006). Acid derived from carbon dioxide dissolved in water as it passes through

the soil. Associated to this carbonate solution is the transformation and formation of a series of phosphate minerals (Karkanas *et al.*, 1999; Weiner *et al.*, 2002). As organic material degrades, the quantity and availability of Al, K, and Fe increase, while nitrogen and sulfur decrease. Over time, as organic material continues to decline, but still under acidic conditions, clay minerals begin to degrade, releasing Al and Fe, and the possible formation of authentic opal (Golberg and Macphail, 2006).

These contributions modify the anthropic elements, so the implications of these diagenetic changes are many. The most obvious is the one located to the total dissolution of the bone (Goldberg and Bar-Yosef, 1998). Therefore, the distribution, presence or absence of bones, may be largely a function of geochemical processes and not of human activities (Golberg and Macphail, 2006).

As we go to ceiling within the stratigraphic sequence, the sedimentary matrix presents with a loose structure of aggregates, with the presence of excrements of small animals, mesofauna and there is a progressive increase of the porosity, reflected in the creation of channels and cameras and *vughs* as voids.

The root material is often presented as fresh, preserving its *epidermis* and central cellular structure, being key in the post-depositional processes. But we also see it reflected as a formation process contemporaneous with the formation of the archaeological soil. Since at the microscopic level and in the reading of the thin sections we observe the voids that leave the roots once dead and disintegrated and integrating in the groundmass, as well as the calcite record that is also integrated in the groundmass and coating the voids. This action is also perceptible on a macroscopic scale.

In addition, in the internal areas of some roots we have observed at the microscopic level, in the reading of the thin sections, that some faecal mite pellets replace the central parts of the central cellular structure of the plant material. This action is common in soils where organic material plays a dominant and important role.

Most of the organic elements observed in thin sections and on a macroscopic scale, are the organic wastes and their decomposition that normally occurs in the superficial part of our soils. The components of organic material are a common component of faecal material in the fauna of the soil (FitzPatrick, 1984).

In addition to the action of bioturbation by root activity, we also have the activity of earthworms that is identified more precisely at microscopic scale and with the reading of the thin sections of the sedimentary record. This action is expressed by the reelaboration with a circular and globular form of the original sediments and soils (Stoops, 2003). This activity is considered in all stratigraphic units being more present in the looser sediments of Unit II and III as well as in Unit Vc, being these more susceptible to the presence and activity of earthworms as well as for root activity.

In general the bioturbation activity constitutes as an important effect in the post-depositional processes, playing a very important role in the modification of the main components of the primary or original sedimentary register. Some processes have been reelaborated by activity of animals or by the vegetal matter.

The bioturbation favours the participation of secondary carbonates, such as micritical cementation of the matrix. The presence of calcite in some stratigraphic units (Units VI-II) is a product of the percolation of the calcareous ashes, produced in the fires in the structures of combustion. This is why we see reflected in Units VI-Vc that the bone component is not preserved under optimum conditions in which internal breaks, dissolution and phosphates are observed.

X-ray diffraction and X-ray fluorescence analyzes have hierarchized the elements and defined their fluctuations according to the different stratigraphic units. Indicating an increase of calcareous elements to the ceiling of the sedimentary register. Also the determination of C / N and LOI that indicates that the activity of organic Carbon increases considerably and progressively to ceiling.

3.8.3 Controls and environmental changes in the archaeosedimentary record

The Socuevas deposit has, as we have observed, a sequence and a sedimentary history very extensive and rich in sedimentological features. All analyzes reflect a marked climatic instability from the late Pleistocene to the early Holocene.

The end of the Pleistocene is marked by an increase in the cryoturbation, as occurs in other caves in Western Europe (Macphail *et al.*, 1994 and Schiegl *et al.*, 2003). Variations in sedimentation have occasionally been associated with Pleistocene climatic fluctuations, as observed from the evidence associated with the fauna (Andrews *et al.*, 1999).

Evidence of human occupation at the site is documented and recorded from the late Pleistocene. The entire Magdalenian sequence is marked by its carbonate sediments with a slight and progressive increase of the growth of the organic material. That is, when conditions allow, the plant mass grows and is introduced in the sediments of the sequence. The growth of the vegetal mass occurs in previous periods in palaeosoils but also in recent moments. There is a difference in the order of the colours under microscope having intense brown and light colours the younger material while the older plant material has darker colorings.

The morphology of the roots is usually common, with some optimum preservation in which the different tissues can be distinguished and identified: the *epidermis* is the external part found in young parts of the plants and not very resistant and the *cortex* with all their internal cellular structures (Babel, 1975). However, older organic material is totally detritic and incorporated into the sedimentary matrix.

3. Socuevas rock shelter

It is observed throughout the Magdalenian sequence the calcitic accumulations, in an intense way by the dissolution of the bedrock and of the blocks and gravels, product of the continuous fall of the conglomerate of the shelter. This indicates that it is a period of environmental instability, very pronounced in periods during the Pleistocene-Holocene transition. The material produced by the anthropic hand has been registered in the sedimentary sequence but not in a very intense way. This could be either by its loss or because the carried out activities were not very intense or did not remain sufficient time in the shelter. Perhaps this absence of intensity in the activity of these groups is the climatic instability with intense cold and humidity. Also under glacial conditions the areas corresponding to the site and its location were colonized by vegetation and cryoturbation and an active solifluction (Straus, 2017).

However, it is during the early Holocene when we observe a higher and intense accumulation of indicators of human activity (structures of fire, charcoals, ashes and burned bones). The large accumulation in organic material has been observed throughout the mesolithic sequence. This suggests that this is a period with conditions in a temperate and relatively humid environment. Due to this tempering of the climate we observe that the intensity of the activity is bigger being reflected in the sedimentary history of the soil of the deposit.

The geoarchaeological analysis has brought to light that the study of sedimentary sequence can determine the environmental changes in the sedimentary record. Observing in our case, a period of climatic instability of cold and humidity, with continuous falls of blocks and gravel in the late Pleistocene and its transition to the Holocene. But a climate tempering has been observed at the beginning of the Holocene with the continuation of humidity. All this can give us a clue of the intensity or not of human activity in the archaeological site.

3.9 Conclusions

The formation of the stratigraphic sequence in rock shelters has special geoarchaeological studies, since they can give a faithful testimony of environmental changes and past human activities (Golberg and Macphail, 2006). The detailed study of the deposit through micromorphology and other micro-techniques has revealed many new insights into the interpretation of geological and archaeological records, both in the Pleistocene-Holocene transitional periods. The matter of bone preservation and the associated diagenesis, for example, not only they have ramifications in the interpretation of the archaeological record, but also in the evaluation of the dates derived from the objects and deposits that surround them (Golberg and Macphail, 2006).

In this recreation we have taken into account the description of the different stratigraphic units, as well as the characterization and identification of them according to the composition, texture, hardness and coloration of the sediments during the excavation processes. In addition, all this will be unified with the archaeological context that we have in the Socuevas deposit.

The studies of palynology, carpology and anthracology have not yet completed their future results, which will improve the knowledge of the plant material and tree mass of the Socuevas site.

We have recognized that in the processes of formation of the deposit there are involved: a sedimentation of background characterized by contributions of fine sediment (clay-sand) and episodes of sedimentation of larger clasts (Units Va-Vc). Such sediment would come from the erosion of tertiary sedimentary materials, sandy silts and carbonate conglomerates from the substrate on which the shelter (Unit VII) is set and developed, and would be deposited by surface (fine sediment) and gravity (gravel and blocks).

The data obtained from the analysis of determination of Organic Carbon and Carbon and Nitrogen have given results of progressive growth to ceiling of the percentage of Carbon in the sample analyzed of the stratigraphic sequence.

The mineralogical and geochemical data present similar compositions throughout the sequence, coinciding with the composition of the rocky substratum (Unit VII) and point to a homogeneous origin of the sedimentary matrix of the stratigraphic units of the deposit. This is due to the erosion of the rocky materials that formed the shelter and the adjacent slope.

The data obtained from the analysis of main components (PCA) have given results of the formation of a series of processes of a relation between sedimentation rate (contribution of clays) and formation of edaphic horizons. They are of pleasing soils, more or less vegetated. In addition there is an important detritic contribution of surface runoff, which is sometimes combined with carbonate sedimentation in the form

of clasts and / or derived from large presence of ash (hearths) (as is the case for Units II and III) and as in the micromorphological study has been shown with the presence of calcite derived from ashes. Likewise, when more limestone clays are deposited by fall, cryoclastia, there is also erosion of edaphic profiles (soils), resedimentation of iron oxides, and a lower presence of vegetation, contribution of S. All this, would fit very well in a colder and more arid interval (Pleistocene-Holocene transition), as the PC indicates, giving more positive values in Units VI and V.

The micromorphological features of the different units are generally similar, and are basically characterized by the presence of abundant pedogenic features such as the presence of bioturbations and root remains, as well as calcitic aggregates and excrements derived from the activity of worms or the presence of terrestrial snails, together with a high content of organic material. These characteristics allow us to interpret the different units as a sequence of agradant soils formed by the development and amalgamation of vegetated soils on the sediments derived from the rocky substratum.

The reading of thin sections shows that the bone material, that in some occasions and in some sections of the stratigraphic units appears in low proportions, has suffered dissolution of the bone material, as in some cases have been phosphated. It has also been possible to differentiate that the calcite presented in the X-ray diffraction and X-ray fluorescence, reflects its present proportions of the sediment of our soils, but that the reading of thin sections analyzes, characterizes and differs how this limestone works and if it is primary or secondary and where it comes from. So all the analytics used can be a complement and sometimes complete the knowledge we have about the sedimentary record.

The archaeological content integrated in the sediment obeys to two patterns different to each other. The first one is in the Magdalenian levels, and is characterized by a relatively high concentration of relatively large fragments of bone and fragments of flint, with the presence of charcoals being low. However, the levels of mesolithic chronologies present a high proportion of microcharcoals and small bone fragments and shells of bivalves, as well as high concentration of organic material. These differences could be due to different types of patterns of human occupation, as to intensity and activities carried out by these communities, from the shelter of Socuevas during the Magdalenian ends and Mesolithic.

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

CHAPTER 4: MARTINARRI ROCK SHELTER (OBÉCURI, TREVÍÑO)

4.1 Introduction.....	157
4.2 Description and formation of the rock shelter.....	159
4.3 Geological context.....	161
4.4 Archaeological and chronological context.....	163
4.4.1 Archaeological context.....	163
4.4.2 Chronological context.....	169
4.5 Stratigraphic sequence.....	174
4.6 Geoarchaeological analysis: Results.....	182
4.6.1 Samples studied.....	182
4.6.2 Granulometries.....	184
4.6.3 X-Ray Diffraction.....	189
4.6.4 X-Ray Fluorescence.....	197
4.6.5 Determination of Organic Carbon and Nitrogen.....	202
4.6.6 Data Statistics: Principal Component Analysis.....	206
4.7 Micromorphological and petrological analysis: Results.....	212
4.7.1 Unit 103.....	215
4.7.2 Unit 102.....	219
4.7.3 Unit 101 and 100.....	223
4.7.4 Unit B1.....	227
4.7.5 Unit B1 (MH-5).....	233
4.7.6 Petrological analysis.....	236
4.8 Discussion.....	241
4.8.1 Characterization of the stratigraphic units of the site.....	241
4.8.2 Sedimentary formation processes of the site.....	251
4.8.2.1 Natural formation processes.....	251
4.8.2.2 Anthropogenic formation processes.....	255
4.8.2.3 Post-depositional processes.....	256
4.8.3 Controls and environmental changes in the archaeosedimentary record.....	257
4.9 Conclusions.....	258

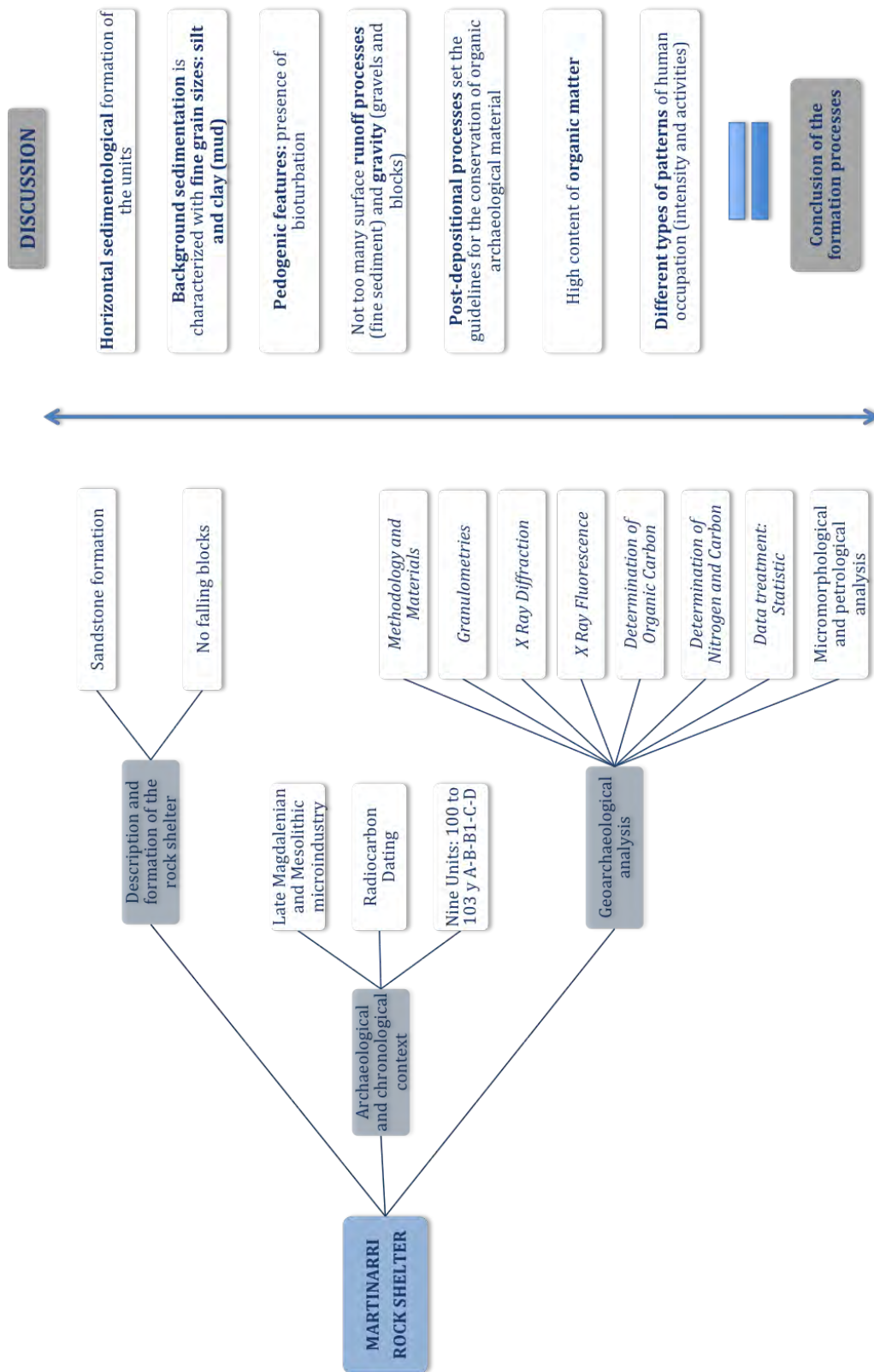


Figure 57 Flow chart of the results chapter on the site of Martinarri

4.1 Introduction

In the Introduction chapter of this Doctoral Thesis, the region of the upper Ebro valley was studied in terms of its location, geology, climate and vegetation, and the series of archaeological sites in the region were described. One of these sites is Martinarri rock shelter (Obécuri, Treviño). This chapter will concentrate on its study, compile the geoarchaeological results, and then discuss the final interpretations obtained (Fig. 57). In addition, the archaeology will be described as regards the materials and sedimentological studies carried out during the different field seasons. The aim is to situate Martinarri within the prehistoric map of the upper Ebro valley in the periods of the Pleistocene-Holocene transition.

Martinarri Rock-shelter is located in the town of Obécuri (Treviño) with the UTM coordinates 538.840 - 4.723.191 (Fig. 59a). The place-name of Martinarri refers to a wood next to Izki Natural Park (Urturi, Alava). Its position in the very dense wood makes it difficult to find until one is very close to it (Fig. 58). For this reason, for a long time it was unknown to archaeological research. In contrast, the place was known to local inhabitants, who used Martinarri Rock-shelter as a shelter and as an area of pasture.

The geographic location of Martinarri frames it within a large group of archaeological sites of similar chronology and relatively near to each other. These sites are the rock shelters of Mendandia (Sáseta, Treviño) and Montico de Charratu (Albaina, Treviño) (Fig. 58).

Martinarri was discovered by an archaeological surveying programme in the 1990s, which aimed to identify and study a series of caves dated in the Mesolithic and Neolithic in the province of Álava and the County of Treviño. In this surveying, Martinarri rock shelter was discovered through topographic, ethnographic and geological information about the County of Treviño (Alday *et al.*, 2012e).

The excavation of the site was then planned, and carried out from 2008 to 2010 and from 2013 to 2015, under the supervision of Alfonso Alday and with a large interdisciplinary team from several universities.

The fieldwork documented a series of units dated in the late Magdalenian and early Mesolithic. One particular characteristic of the site is the identification of three areas (Fig. 59c, d y e) with different activities and structures, according to the distribution of the archaeological evidence:

- a) **Inner Zone:** sheltered by the overhang and the place for domestic tasks and resting. It is formed by a hearth, post-holes and a lithic assemblage which, depending on the units, is based on the pairing of endscrapers/backed elements.

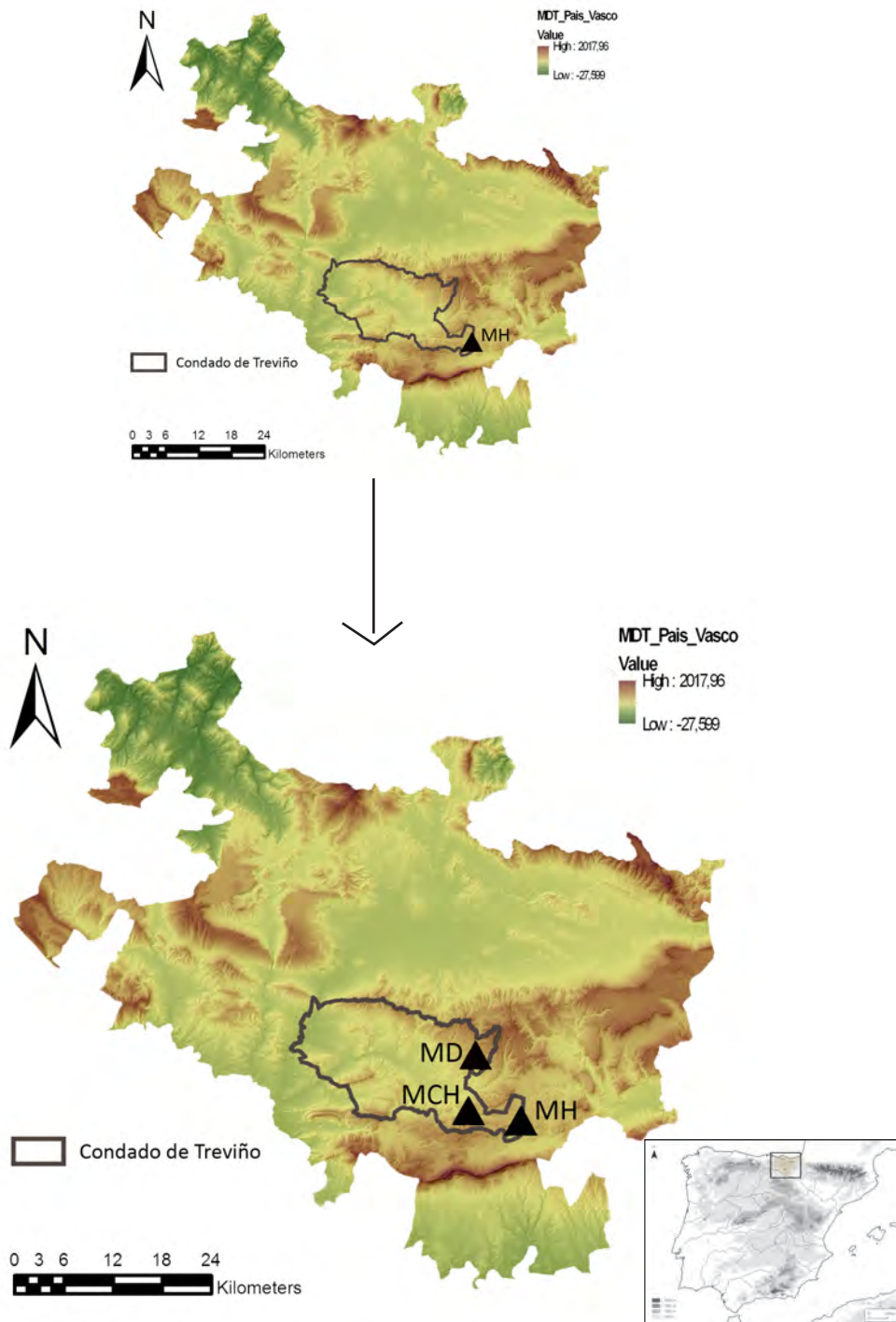


Figure 58 Location of the site of Martinarri and sites with similar chronologies: MD (Mendandia) and MCH (Montico de Charratu)

- b) **Middle Zone:** on the edge of the overhang, characterised by a structure formed by numerous pieces of sandstone. Some large stone slabs on a slight slope would make water flow outwards. A large structure made of different kinds of stones concentrated a large lithic assemblage that is more diversified than in the Inner Zone.
- c) **Outer Zone:** outside the previous structure and with less anthropic sedimentation. Most faunal remains are found here (mainly limb bones, cranial elements and teeth).

Logically, each area possesses its own sedimentary characteristics, which must be analysed separately. The micromorphological study cannot study all the Outer Zone, as some vital information is missing due to the study still being in progress. Therefore, some aspects of the analysis have been regarded as future perspectives.

The archaeological research performed to date attests a human occupation in a period from the late Pleistocene to the early Holocene. The archaeological record, together with the sedimentological description made during the excavation process and the geoarchaeological analysis with X-Ray Diffraction, X-Ray Fluorescence, Organic Carbon determination, Nitrogen and Carbon determination, and micromorphological study, enable a conclusive interpretation about the deposit formation processes, its sediments, human interference in the formation processes and the post-depositional processes that altered the original picture of the primary sedimentation.

Two occupation phases have been documented, in which the climate conditions would surely have been colder in the Pleistocene, whereas climate amelioration would have occurred in the Holocene. This would explain the consolidation of the occupation. The density of archaeological material and the formation processes of the sediments at the site are the best reflection of intense activity of the last hunter-gatherers.

4.2 Description and formation of the rock shelter

Martinarri is a rock shelter in Obécuri (Treviño) in the upper Ebro valley, with human occupations in the late Pleistocene and early Holocene.

The location of Martinarri is a little different from other occupations in contemporary sites. Unlike Atxoste and Socuevas (but like Mendandia, Kanpanoste and Kanpanoste Goikoa), it is not next to a stable watercourse, only a stream that flows discontinuously. The constant flow of the River Ega is only found to the south of its catchment area. However, large peat bogs and wetlands are found within its area.

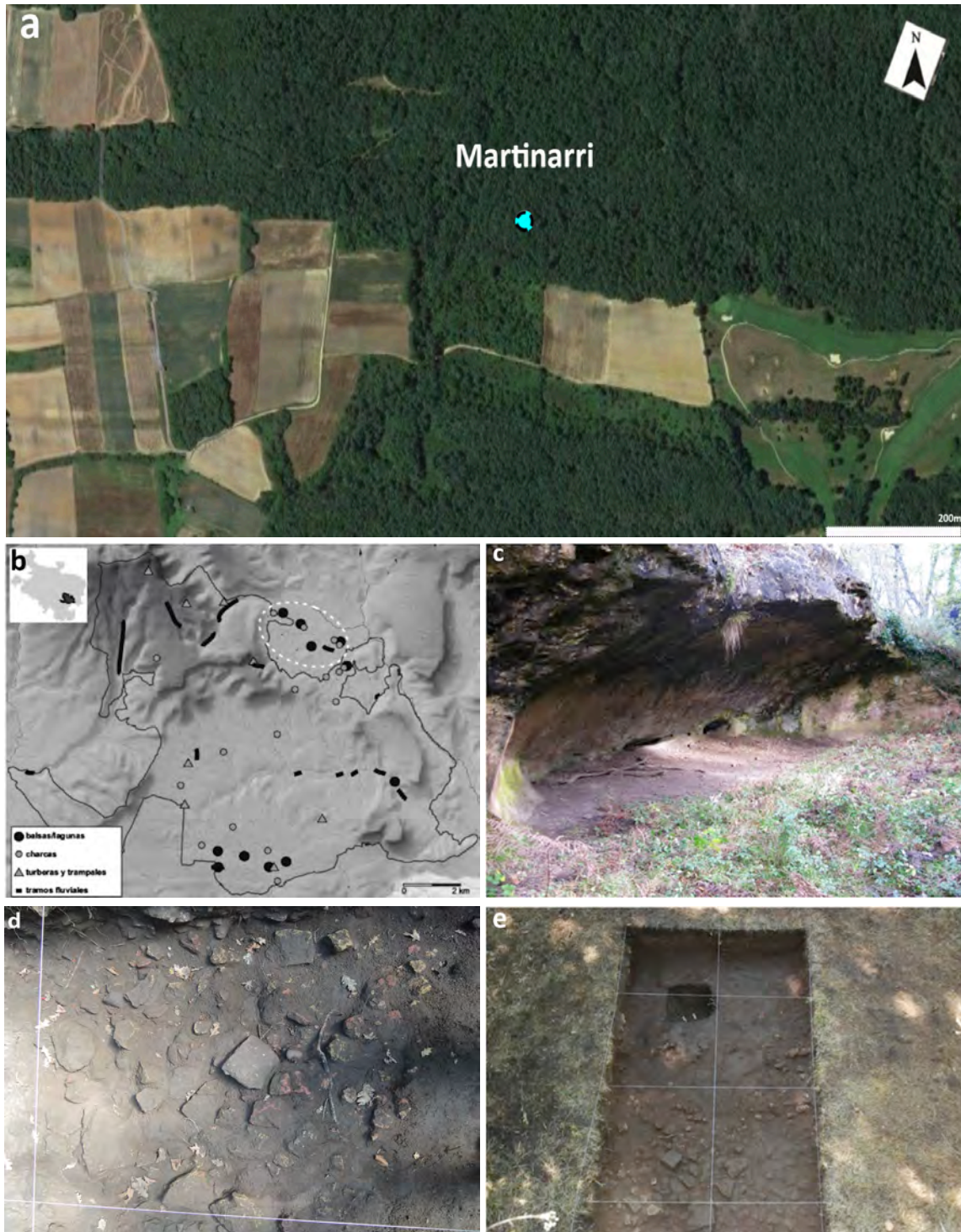


Figure 59 a) Aerial view of Martinarri rock shelter (from Google Maps); b) Map of Izki with the position of wetlands and water courses (after Gainzarain, 2012); c) Inner Zone; d) Middle Zone and e) Outer Zone at Martinarri rock shelter (Photos: A. Alday)

4. Martinarri rock shelter

Similarly, there are no flint outcrops near Martinarri that prehistoric groups might have used. They would have resorted to the outcrops at Loza and Treviño, which are about twenty kilometres away. They also travelled to more distant sources (Urbasa) and flint from the northern coast has also been documented. This means that the groups who sheltered at the site went to those places to obtain flint and shows that they possessed detailed knowledge about the region. Owing to the large number of remains found in the excavations and their varied typology, it seems that these groups occupied Martinarri rock shelter for a relatively long period of time. The importance of the structures that have been identified support this.

The site of Martinarri is a quite large rock shelter. The roof, which today reaches a height of nearly 2.5 metres, protects an area 15 metres long and 3 to 4 metres deep. It faces south and receives most of the daily insolation. A large terrace in front of the shelter was also occupied. The shelter is well preserved and must resemble its appearance in prehistory as no collapse processes or large-scale alterations can be appreciated. It is a shelter suitable for a medium-sized group in the Magdalenian and Mesolithic (Alday *et al.*, 2012e).

It belongs to the same geological formation as can be seen in Izki Natural Park (Fig. 59b), in a large basin between several limestone ridges. The rock shelter is located on sand and gravel deposits, in an isolated area with small sandstone outcrops, many of them in the form of rock shelters. Its lithology is of sandstone, with coarse granulometry in which the quartz grains can be seen *de visu*. This is a detritic sedimentary rock with certain inter-granular porosity and a large proportion of quartz and feldspar grains. This is also observed in the micromorphological study and the mineralogical components and elements, as well as by the petrological study of sandstone cobblestones affected by rubefaction and retrieved during the excavation.

The morphology of the sandstone is easily susceptible to flaking off and falls. However, the excavated sediments were not affected by this, except in very specific places and times.

4.3 Geological context

The geological context of Martinarri Rock shelter is shown in the geological map of the Haro area (Fig. 60), Sheet No. 170 of the Spanish Geological and Mining Institute (IGME).

As stated above, Martinarri is within the same geological region as Izki Natural Park in Alava (Alday *et al.*, 2012e). This region is formed by a large basin between limestone hills, covered by an extensive forest. In the *Campanian*, a vast area formed by sand and gravel formed in this region, which led to the formation of small sandstone

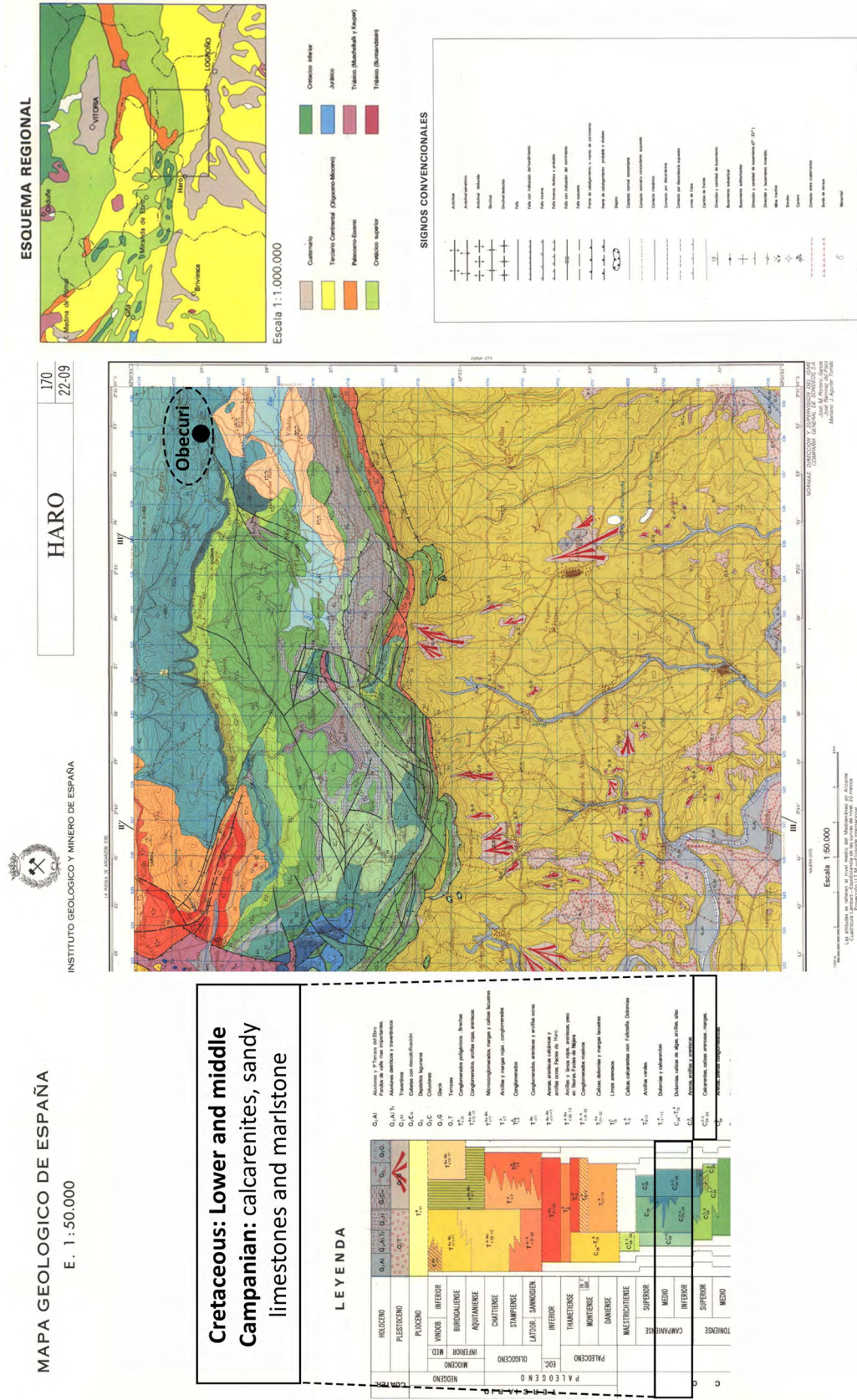


Figure 60 Sheet No. 170 of the geological map (modified from the IGME), with the code C 3-2 / 24-25

outcrops. The area around Martinarri is enclosed between hills that separate it from the Arraia valley to the north, the Sierra de Cantabria in the south, the ridges on the Alava and Navarre border in the east and the Arlucea-Marquínez Ravine in the west (Alday *et al.*, 2012e).

Martinarri Rock shelter is located on the northern edge of the Haro geological map. Its geological formation is *Upper Cretaceous (Upper Santonian and Lower and Middle Campanian)* with calcarenites, sandy limestone and shale (with the code C³⁻² / 24-25 on the geological map). A monoclonal series outcrops here, dipping towards the north. Sandy biomicrites include a series of microfossils (*Marssonella sp.*, *Idalina antiqua* and *Nummofallotia*) while at the top, in the shales and limestone, foraminifera (*Globotruncana ventricosa*, *Cibicides excavata*, *Lutuola irregularis* and *Gyroidinoides nitida*) confirm their *Campanian* age (Wiedmann, 1964; Ramírez del Pozo, 1971).

4.4 Archaeological and chronological context

The fieldwork at the site of Martinarri unearthed cultural sequences including archaeological materials from the late Pleistocene and early Holocene.

The fieldwork was divided into two periods (2008-2010 and 2013-2015) in which the usual excavation protocols were followed. The excavated area was divided into metre squares and each one was sub-divided into nine sectors. The layers were dug separately in each sector, depending on the stratigraphic unit, in spits 5cm thick, individualising the different archaeological units. The sediment from each sector was dry-sieved with fine screens. Part of the sediment was kept in order to be floated and collect plant remains. All the archaeological material was washed and inventoried. When necessary, the inorganic material was submerged in a primary solution with 10% nitric acid and a secondary wash in water with diluted sodium bicarbonate (Alday *et al.*, 2012e).

The stratigraphic units in the Inner Zone of the rock shelter and the area at the boundary of the overhang were individualised in the 2008 to 2010 field seasons. The later seasons from 2013 to 2015 extended the excavated area towards the Outer Zone, from where part of the excavated material is still being studied and analysed. The stratigraphic sequence in the outer area has been seen to be somewhat different.

4.4.1 Archaeological context

The excavations unearthed a series of specific stratigraphic units and sub-units, which were integrated within their respective horizons (Fig. 61 y 66).

In the 2008-2015 excavations, the Inner Zone of the rock shelter and the limit of the overhang were the main areas excavated (Fig. 62).

The first unit that was differentiated was the Superficial Unit, where a series of charcoal stains were identified among the sediments and interpreted as recent anthropic remains. After this superficial layer had been cleaned, the first archaeological remains were found, still with charcoal from recent fires. When this second layer had been cleaned, archaeological material appeared, but not in abundance. The finds included faunal remains, flint reduction waste, cores and their rejuvenation flakes, two endscrapers, retouched blades and a truncation. However, modern materials like glazed pottery and pieces of glass were found with these prehistoric materials.

Two stratigraphic sub-units were differentiated within this stratigraphic unit. SU.2 is a sub-circular negative structure that reaches Unit 102. It has been interpreted as the result of an illegal dig. The second sub-unit is SU.3, affected by the modern dig. Finally, SU.39 is a modern sub-circular negative structure. Its fill, SU.40, contains little archaeological material and some modern remains like glazed ceramics and glass fragments (Alday *et al.*, 2012e).

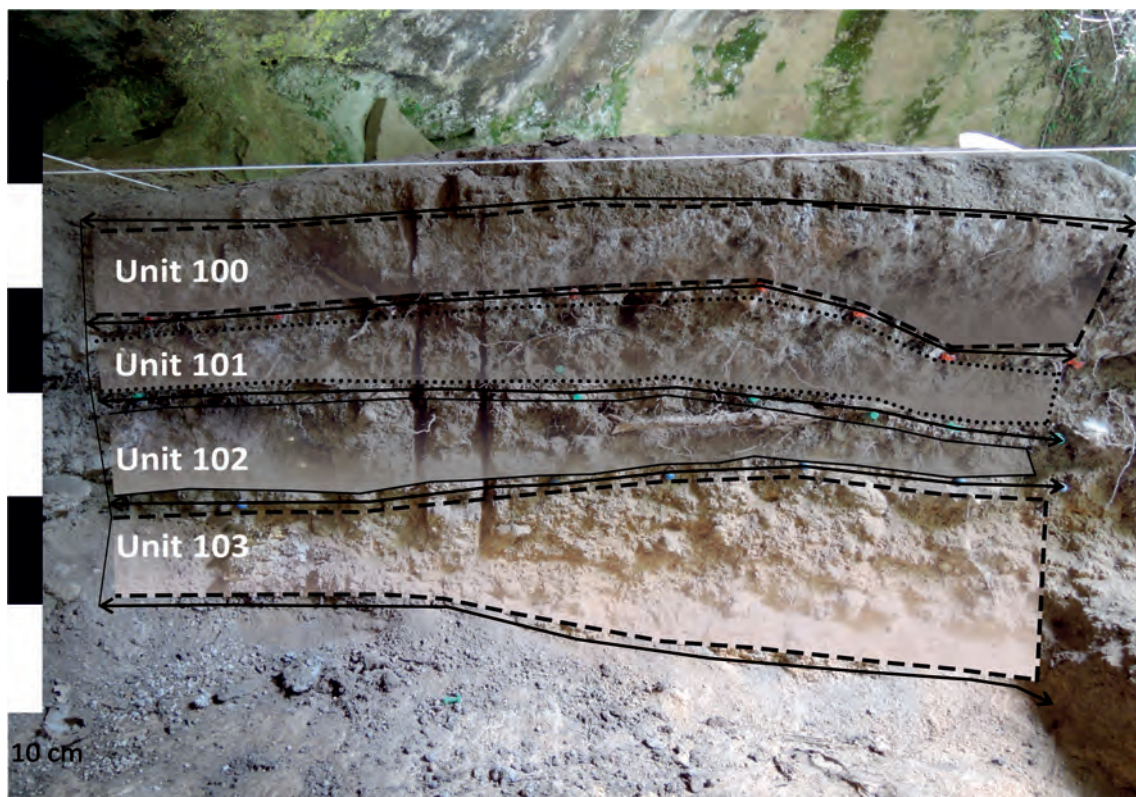


Figure 61 Colour identification of the sequence Excavation of the Inner Zone at the site of Martinarri

4. Martinarri rock shelter

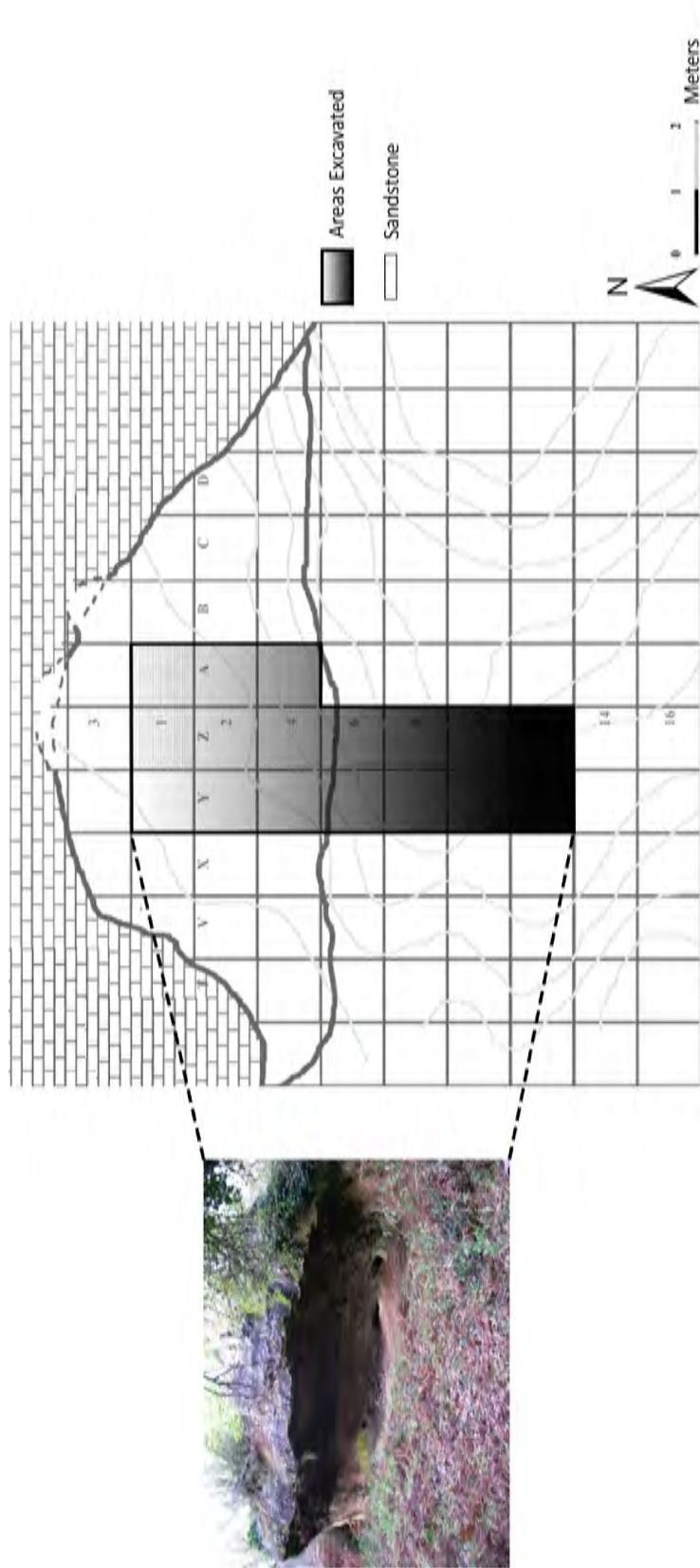


Figure 62 Excavated area at the site: 2008-2015 field seasons

The next stratigraphic unit is Unit 100. With 15 cm deep. Some stains of charcoal and fifteen small post-holes have been identified (Fig. 64a). Fourteen of the post-holes are concentrated in Square Z1 and the other in Square A1. They are circular or oval in shape, about 3 to 5cm in diameter and some of them are full of charcoal.

These are probably the result of contemporary action to hold posts that formed a structure. Whereas the first layers of Unit 100 yielded modern materials, with greater depth prehistoric remains were found. The lithic assemblage consists of a thousand remains of reduction debris, 40 blades and a series of cores and flakes. About 40 retouched pieces include 18 backed elements, some triangles, slots and denticulates, some sidescrapers and 10 endscrapers. While faunal remains are not very abundant, nearly 500 bone fragments have been recorded.

A stratigraphic sub-unit called SU.1 with a doubtful prehistoric origin (Fig. 63) has been identified in this Unit 100. It is a charcoal stain whose reddish and compacted centre with ashes did not hold any archaeological remains. The origin of this combustion structure is probably due to modern shepherds who place wood on the ground and light fires to make the rock shelter more inhabitable (Alday *et al.*, 2012e).

The following unit is Unit 101 (up to 23 cm deep) in which archaeological material is very abundant and fully prehistoric. The lithic assemblage consists of about 5000 pieces. These are mostly reduction waste, with thirty rejuvenation flakes, ten burin spalls, about 48 cores and 100 blades. The retouched material includes 160 retouched pieces; nearly half are backed elements, small segments and triangles, 22 retouched blades (Fig. 64b), truncations, slots and denticulates, 40 endscrapers and a hammerstone. The osseous remains consist of 2700 bones, which are quite fragmented and small, which hinders their identification (Alday *et al.*, 2012e). Within this unit, a post-hole belonging to stratigraphic sub-unit is in Squares A1 and Z1. It is circular or oval in shape, 5cm in diameter and 12cm deep. Two flint flakes were found inside it. It may have been formed when inserting a post (Alday *et al.*, 2012e).

The next stratigraphic unit in which archaeological material was found is Unit 102 (20 cm deep). There is a big slab that occupied part of the unit. The lithic and osseous remains were covered by a carbonated layer which hampers the identification of the archaeological material until it has been cleaned. The archaeological wealth is significant as about 7300 lithic pieces have been found; 3500 pieces of reduction waste with rejuvenation flakes, core edges, crest blades, cores, burin spalls and 150 unretouched blades. The other pieces are dominated by backed elements, 40 retouched blades and 57 endscrapers, as well as burins, slots and truncations, sidescrapers and perforators (Fig. 64c). A series of ultra-microlithic triangles were also retrieved. The faunal assemblage consists of 5100 bone fragments. Some identifiable elements are teeth and micro-fauna bones. Another significant artefact is a pendant made from a red deer atrophied canine tooth (Fig. 64c), as well as some pieces of ochre, charcoal, sandstone plaques and a bone

awl (Alday *et al.*, 2012e).

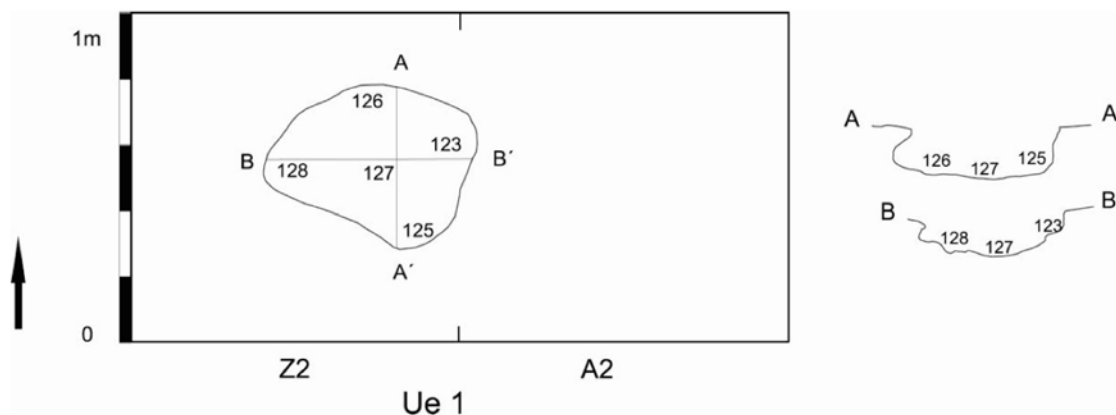


Figure 63 Stratigraphic sub-unit SU.1 (Drawing by A. Alday)

A different stratigraphic sub-unit called SU.4 (Fig. 65a) has been found in this Unit 102. It was formed by boulders placed in an oval shape and despite the scarcity of charcoal it has been defined as a combustion structure in the middle of the rock shelter. It was in Square Z2, and it has been noted that many of the lithic objects in this area have suffered thermal treatment. About 500 lithic objects were found in this sub-unit, dominated by debris, four rejuvenation flakes and three cores. The retouched assemblage consists of a truncation, denticulate and two endscrapers. About 250 faunal remains are very fragmented and small, hindering the identification of taxa. A series of sandstone plaques and charcoal was also found in this structure (Alday *et al.*, 2012e).

Unit 103 (15 cm deep) was the next unit differentiated during the excavation, the last stratigraphic unit before reaching bedrock and the last unit in the Inner Zone of the rock shelter. The archaeological record is very abundant with 1400 lithic remains, mostly waste, 42 blades, numerous rejuvenation flakes and seven cores. The retouched artefacts include a series of endscrapers (Fig. 64d y Fig. 65b) 15 backed elements (on blades rather than points) truncations, denticulates, a burin and sidescrapers.

About 980 bone fragments were retrieved, some of them identifiable, such as teeth and remains of microfauna.

Other objects include two sandstone plaques and charcoal (Alday *et al.*, 2012e). A sandstone mortar (Fig. 65c y d) was also found in this stratigraphic unit, in the part below the sandstone plaques.

This archaeological record belongs to the units in the Inner Zone of the rock shelter. The excavation of the Outer Zone of the site was carried out from 2013 to 2015,

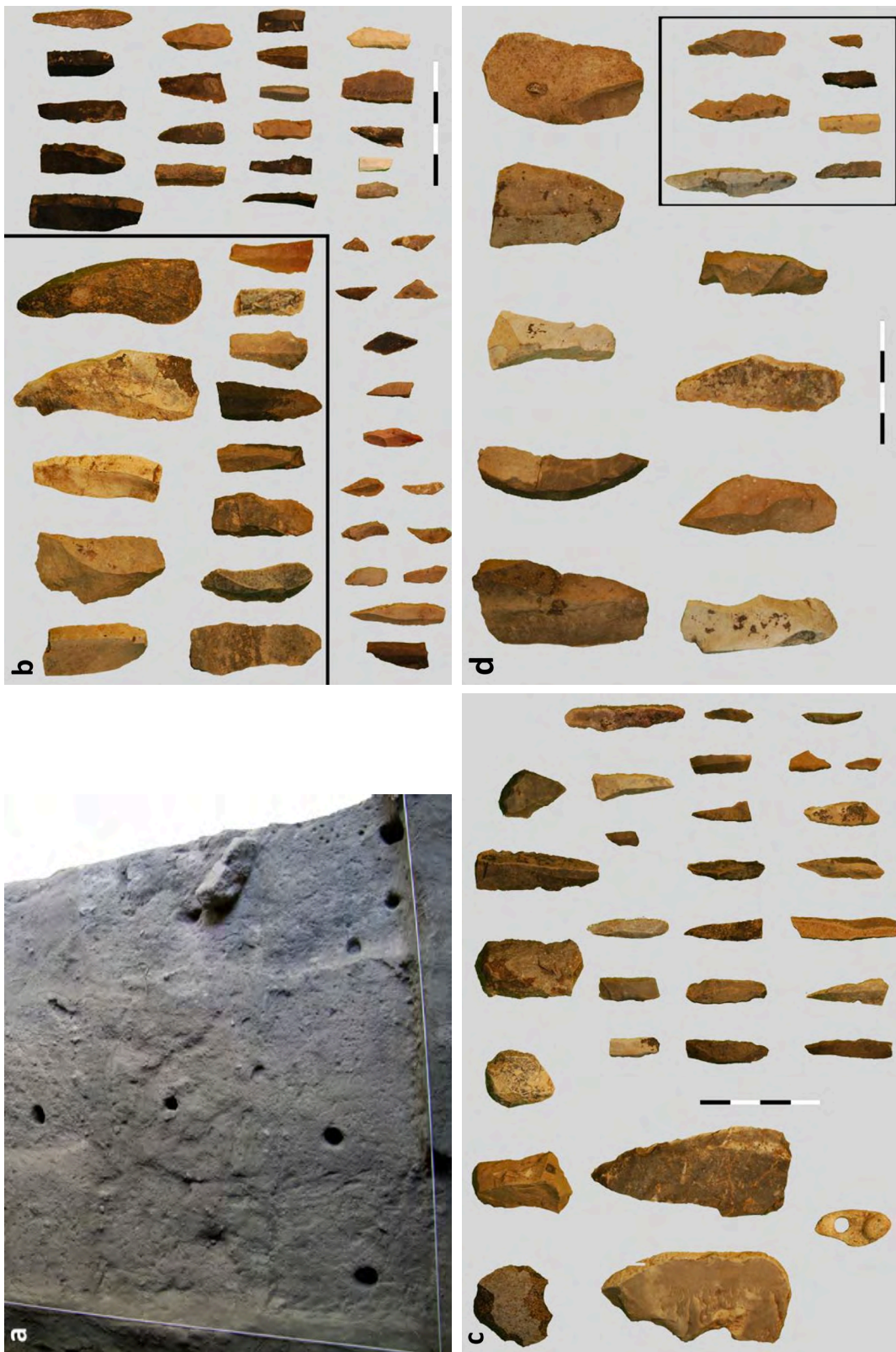


Figure 64 a) Post-holes in Unit 100; b) Retouched blades from Unit 101; c) Archaeological material belonging to Unit 102 and d) Lithic remains from Unit 103 (Photos: A. Alday)

and different stratigraphic units from those in the Inner Zone were identified (Fig. 66a, b y c). These are still in the course of study, but the preliminary results are presented here.

Units A (35 cm deep) and B (15 cm deep) have been differentiated. Unit A corresponds to the superficial layer where only modern materials of no archaeological interest were found.

Abundant prehistoric archaeological remains have been found in Unit B. The lithic assemblage consists of 460 flint fragments, but few are retouched. Some 546 bone remains were recorded.

The excavations in the 2014 and 2015 field seasons (Outer Zone) documented Units B1, C and D. The decision to use a different nomenclature for the stratigraphy of the exterior of the rock shelter was intended are not determined by the known inside during the excavation process. But in logic, both have some correspondence.

Unit B1 (35 cm deep), which is entirely prehistoric, yielded nearly 2000 lithic objects. Some of these are retouched: 14 denticulates, 20 backed pieces, 13 slots, 40 cores, 8 endscrapers and geometrics. The bone assemblage consists of 4200 fragments including 150 teeth.

The following archaeological remains were found in Unit C: It is an absolutely anthropic unit. In these sediments are settled a series of ferruginous formation slabs from far away, which also brought sandstone pebbles, at least two types, which also provided small quartz pebbles. That all this was a remarkable effort for those communities. Perhaps for the improvement of the site. Which we will propose later. In addition to it, fires had to be fired quite frequently. 2400 remains of flint (including retouched elements like 50 backed pieces, 60 cores, 24 endscrapers, sidescrapers, segments, etc.) and 3000 bone fragments, including 100 teeth and mandible fragments.

The last identified unit is Unit D (25 cm deep), with about 380 lithic objects, including 50 backed elements, 60 cores, 24 endscrapers, sidescrapers, segments, etc. Also bone fragments have been recorded: 30 fragments of teeth and antler.

4.4.2 Chronological context

The division of the stratigraphy into units, plus the characteristics of their archaeological assemblages, define a full chronological sequence at Martinarri. Supported by a series of radiocarbon dates (some of them unpublished), the sedimentary processes and occupations at the site can thus be situated chronologically (Table X and Fig. X).

Four radiocarbon dates have been obtained for the archaeological record at Martinarri, supporting the attributions of the remains found and catalogued. In this way,

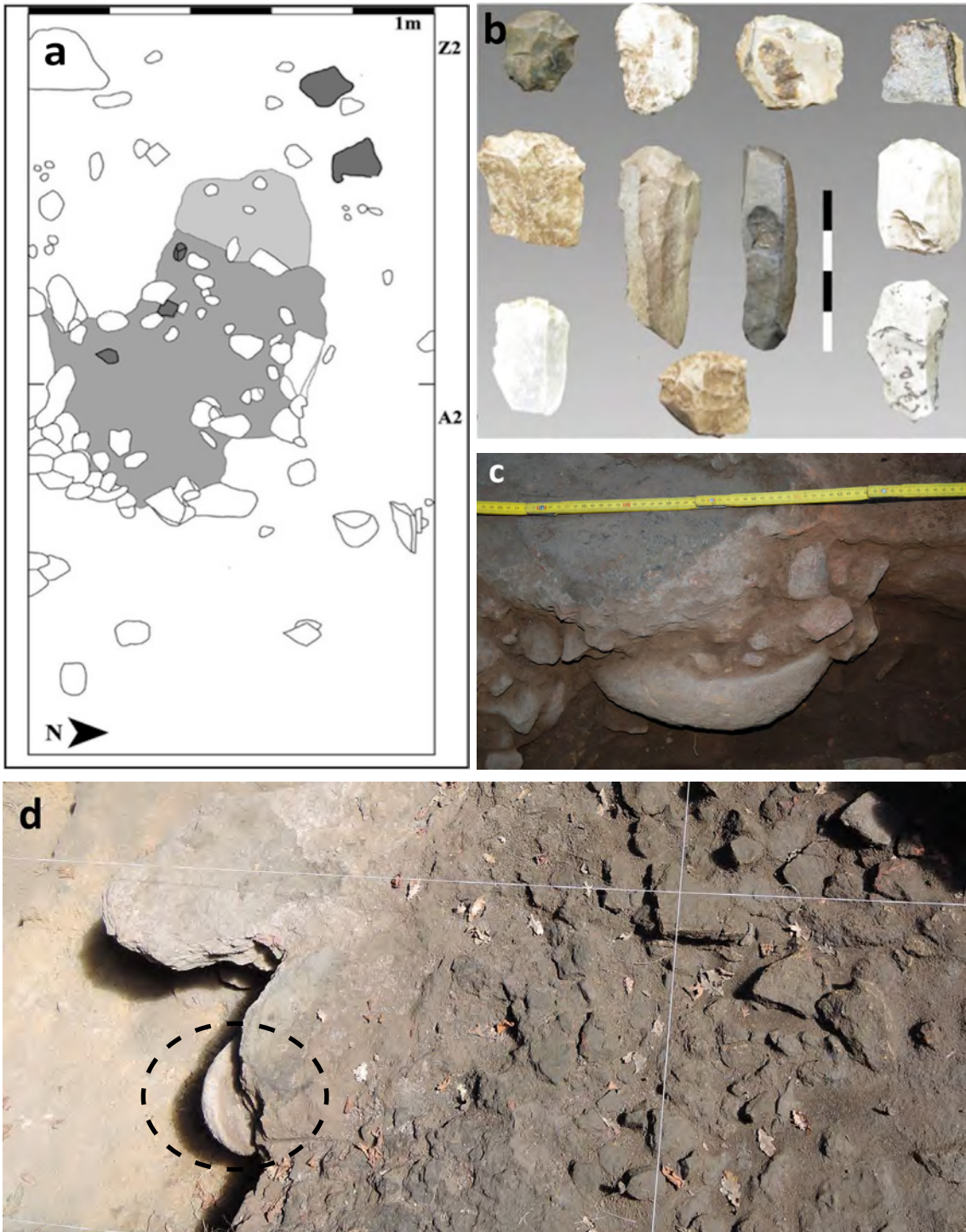


Figure 65 a) Combustion structures in Stratigraphic Unit SU.4 (from (Alday et al., 2012); b) Endscrapers found in Unit 103; and c/d) sandstone mortar belonging to Unit 103 (Photos: A. Alday).

the understanding of the occupations by the human groups will be more complete, and they can be inter-related to nearby sites of a similar age (Table XI and Fig. 67).

Four dates for the occupations at Martinarri have been published (Alday *et al.*, 2012e) and two are still unpublished. All these radiocarbon determinations were performed on individual bone samples. The first occupation, in Unit 103, is dated in the late Pleistocene, in the late Magdalenian. The lithic assemblage concords with the remains in Atxoste Rock shelter (Vírgala, Álava), Anton Koba (Oñati, Guipúzcoa) and Kukuma (Araia, Álava), displaying a typological diversity in the lithic industries.

According to the radiocarbon date, this first occupation is contemporaneous with occupations at Socuevas, Atxoste, Kukuma and Anton Koba. All the archaeological records suggest the late Magdalenian. At these sites, unlike contemporary sites on the northern coast, the assemblages are dominated by backed elements and endscrapers, with few burins. The absence of an osseous industry in this part of the upper Ebro valley is another difference from the coastal sites. However, at the site of Martinarri, exceptionally a pendant was found, made from a red deer atrophied canine tooth, as well as some pointed implements.

The oldest occupation at Martinarri, in Unit 103, corresponds to the end of the Pleistocene, with a date on a bone sample from Square A2 at a depth of 146 cm of 13,800-13,560 cal BP (Alday *et al.*, 2012e). This date is compatible with dates at nearby

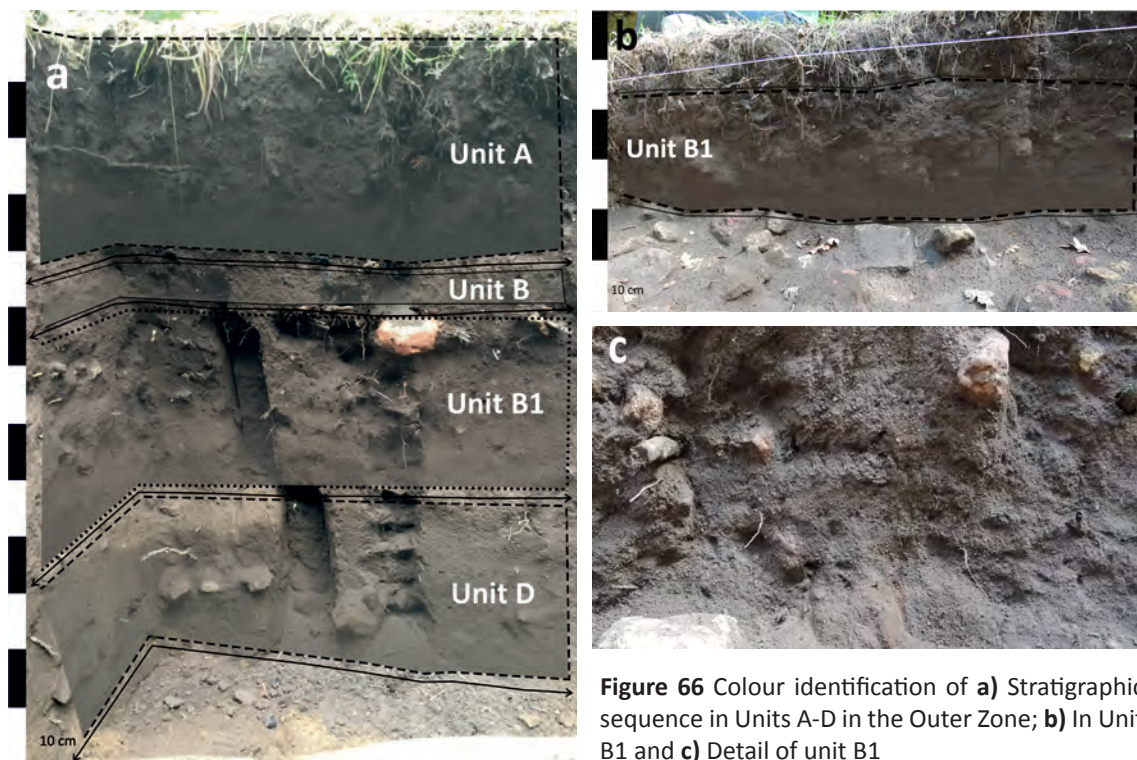


Figure 66 Colour identification of **a)** Stratigraphic sequence in Units A-D in the Outer Zone; **b)** In Unit B1 and **c)** Detail of unit B1

sites. These are Atxoste with five dates ($11,720 \pm 70$ BP, $11,730 \pm 80$ BP, $11,690 \pm 80$ BP, $11,760 \pm 70$ BP and $11,800 \pm 60$ BP) (Barandiarán *et al.*, 2006), one at Kukuma ($11,550 \pm 130$ BP) (Baldeón and Berganza, 1996), and two dates for units in Anton Koba ($11,800 \pm 330$ BP and $11,700 \pm 180$ BP) (Armendáriz, 1997) and Socuevas ($13,990-13,800$ cal BP, $13,450-13,290$ cal BP and $13,440-13,290$ cal BP). It can also be extrapolated to sites further away from Martinarri, such as Unit II at Zatoya (Abaurrea, Navarre) with the

Unit	Depth	Reference	Material Pretreatment	Radiometric value		Calibration CalPal 2 Sigma
B1	129	BETA 410010	Bone collagen	7280	30	8169-8020 cal BP
B1	128	BETA 410009	Bone collagen	9790	40	11256-11170 cal BP
102	135	GrA-46014	Bone collagen	8455	45	9560-9400 cal BP
103	146	GrA-45940	Bone collagen	11890	50	13960-13560 cal BP

Table XI Radiocarbon dates for the site (calibrated with the Oxcal programme): Units B1, 102 and 103

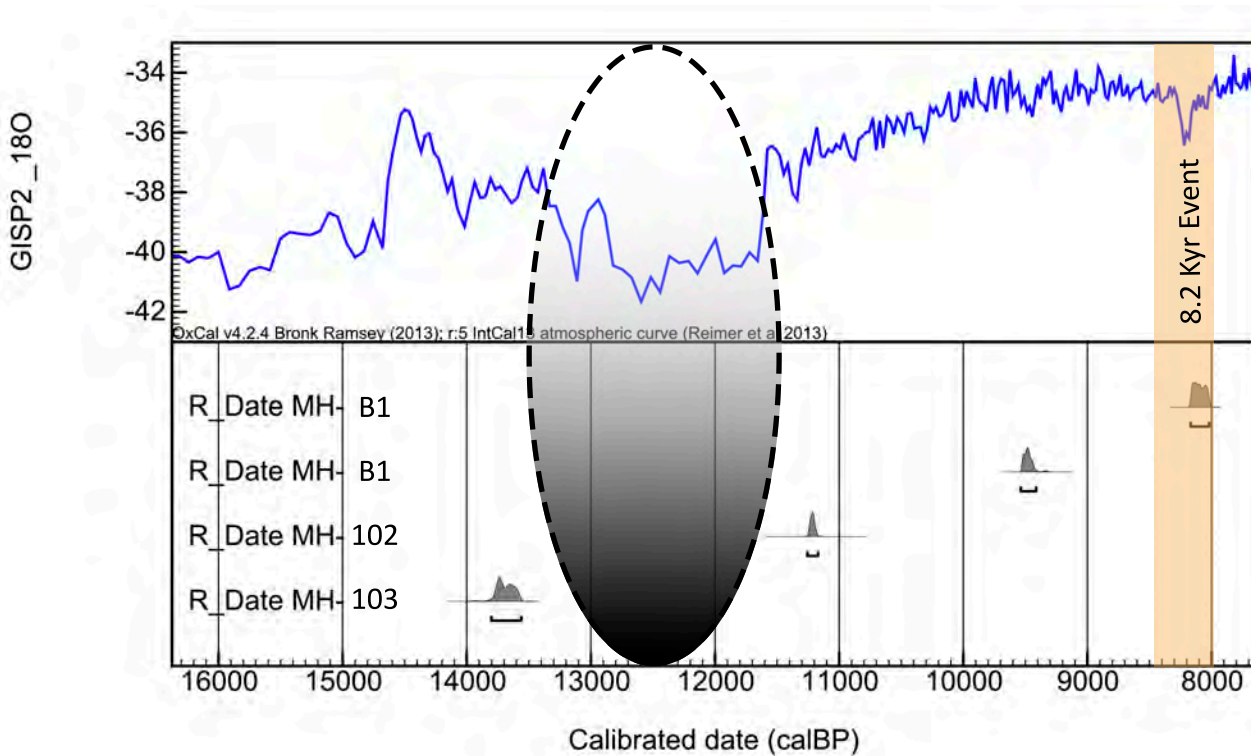


Figure 67 Calibrations and GISP2_180 data for the site, using the Oxcal programme. Note the hiatus clearly showing that Martinarri was unoccupied, coinciding with a cold phase. Identification of the 8.2 Kyr event

4. Martinarri rock shelter

dates $11,840 \pm 240$ BP, $11,620 \pm 360$ BP and $11,480 \pm 270$ BP (Barandiarán and Cava, 1989), Unit II at Laminak II (Berriatua, Biscay) with a date of $11,700 \pm 140$ BP (Berganza and Arribas, 1994), Unit II at Santa Catalina (Lekeitio, Biscay) dated to $11,460 \pm 420$ BP (Arribas, 2005) and Unit r2 Abauntz (Arraiz, Navarre) in $11,760 \pm 90$ BP (Utrilla *et al.*, 2010).

It was between this occupation and the following Unit 102 (in Fig. 67 it can clearly be seen that Martinarri was unoccupied at that time) that the overhanging roofs at the rock shelters of Atxoste and Socuevas collapsed.

Unit 102 is dated in the Holocene. Its Mesolithic industries, characterized in this occupation phase by small blades, match the typical first phases of Mesolithic microblade units. The presence of some geometrics allow this occupation to be attributed to the Sauveterrian, with some nuances.

The date from Unit 102, obtained for a bone sample from Square Z2 at a depth of 128 cm, is 9,537-9,414 cal BP. Similar chronological and industrial traits are known at nearby sites. Other comparable dates have been obtained at Atxoste: $8,840 \pm 50$ BP and $8,760 \pm 50$ BP (Alday and Cava, 2006c), and Kanpanoste: $8,200 \pm 70$ BP and $7,920 \pm 100$ BP (Cava, 2004) (Table XII). Their assemblages correspond to the Mesolithic of slots and denticulates.

No dates were obtained for Units 101 and 100, but the inventory and study of their lithic assemblages indicate that they are very similar to Unit 102, with a high proportion of endscrapers and backed pieces.

Two unpublished dates have been obtained for different depths of Unit B1 in the Outer Zone at Martinarri. Also obtained for bone samples, they are from Square Y8, at depths of 135cm ($11,256-11,170$ cal BP, corresponding to a Mesolithic phase) and 120cm ($8,169-8,020$ cal BP). These coincide with Mesolithic cultures but also with the 8.2kyr event. A large body of literature has been published about that climate event, which has been correlated to such historical processes as neolithisation in Europe (Berguer and Guilaine, 2009). It has also been set in the context of the Iberian Peninsula, as at Artusia Rock shelter (Unzué, Navarre) near Martinarri. There, the sedimentary record displays characteristics of aridity and significant deforestation at the time of the climate event (García-Martínez de Lagrán *et al.*, 2015). Also at Kanpanoste Goikoa, the arboreal cover declined at about $8,400-7,950$ cal BP (Iriarte-Chiapusso, 1998). As no palynological or carpological studies have been carried out at the site of Martinarri, this aspect cannot be analysed further to determine whether any environmental and human changes are recorded within the sedimentary record at the rock shelter.

More radiocarbon dates are still required for the other units in the Outer Zone to be able to complete the chronological study at Martinarri.

4.5 Stratigraphic sequence

The stratigraphy was defined and characterised according to the composition, texture, hardness and colour of the sediments (Table XIII y XIV) during the excavation. A series of stratigraphic units were differentiated: Units 103, 102, 101 and 100 in the Inner Zone (Fig. 68) and Units A, B, B1, C and D in the Outer Zone (Fig. 69 y Fig. 70). A more precise series of stratigraphic units has also been identified. The thickness of the sediments in Martinarri Rock shelter is not too great, nearly a metre in the Inner and Outer Zones, and *a priori* the sedimentary changes are gradual. However, the complete observation, with more variations in the formation processes of the sediment, will be performed at a microscopic scale.

Yacimiento	Nivel	Referencia	Valor radio-métrico		Calibración CalPal 2 sigmas	Caracterización tecnológica	Bibliografía
Anton Koba	VIII	I-16236	11800	330	14880-12920	AZ	Armendáriz 1997
Anton Koba	VIII	I-17479	11700	180	13970-13210	AZ	Armendáriz 1997
Atxoste	VI	GrA-15700	8510	80	9600-9400	MD	Alday y Cava 2006
	VI	GrA-15699	8760	50	9990-9550	MD	Alday y Cava 2006
	D	GrA-13473	8840	50	10250-9650	MD	Alday y Cava 2006
	E	GrA-35141	9450	50	10860-10540	ML	Alday 2002
	VIb2	GrA-35142	9510	50	11170-10570	ML	Alday 2002
	E2	GrN-26664	9510	150	11300-10380	ML	Alday 2002
	VI	GrA-15858	9550	60	11190-10630	ML	Inédita
	E	GrN-26663	9650	150	11390-10550	ML	Inédita
	E2	GrN-26665	9820	150	11870-10670	ML	Inédita
	VIIc	GrA-23107	11690	80	13800-13360	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
	VIIb	GrA-22865	11720	70	13810-13450	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
	H	GrA-19870	11730	80	13810-13450	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
	VIIc	GrA-22866	11760	70	13810-13530	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
	VIIc	GrA-22900	11800	60	13830-13550	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
	F	GrN-26666	11910	170	14420-13380	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
	F	GrN-26667	11960	180	14630-13390	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006
F2	GrA-19554	12070	60	14340-13700	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006	
G	GrA-19502	12200	90	14780-13820	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006	
H2	GrA-19503	12540	80	15280-14680	MG	Barandiarán <i>et al.</i> 2006	
Berniollo	II	I-14786	9940	490	13000-10040	ML	Baldeón y Berganza 1996
Kukuma	Lecho 11	Ua-2625	11550	130	13700-13180	MG	Baldeón y Berganza 1996
Martinarri	102	GrA-46014	8455	45	9560-9400	ML	Inédita
	103	GrA-45940	11890	50	13960-13560	MG	Inédita
Mendandia	V	GrA-6874	8500	60	9580-9420	ML	Alday 2005
M Charratu	II	I-10767	14470	200	18010-17130	MG?	Baldeón <i>et al.</i> 1983
Las Orcillas1		Beta-252434	8610	50	9690-9490	ML	Fernández Eraso <i>et al.</i> 2010
Portugain	I	GrN-14097	10370	90	12690-11890	AZ	Barandiarán y Cava 2008
Urratxa	II	Ua-11433	10240	100	12690-11890	AZ	Muñoz y Berganza 1997

Table XII Relation with sites with similar chronologies to Martinarri (from Alday *et al.*, 2012e)

4. Martinarri rock shelter

During the first field season, the Superficial Unit (Fig. 68) with a thickness of about 3cm was defined and characterised. It consists of surface *humus*, characterised by loose and slightly powdery sediments. In the second semi-spit, the sediments are sandy and brown, as the vegetal component gradually disappears, although the action of roots still continues. The granulometry in this unit reflects the sand component with the very occasional presence of the coarse-medium fraction. It includes some charcoal stains giving a darker appearance to beds within the sediment in the unit. The outer part of this Superficial Unit is grass cover with dark brown charcoal sediment due to recent bonfires. The action of roots means that the sediment is not compact and is granular.

Stratigraphic sub-units SU.2, SU.3, SU.39 and SU.40 within this Unit display a similar sedimentology to the unit, but are less compact as the earth is loose because of recent activity (Alday *et al.*, 2012e).

The next stratigraphic unit is Unit 100 (Fig. 68) with a mean thickness of 15cm. The sediment texture is sandy and very compact. The presence of roots continues to be latent in this unit, but the coarse fraction is virtually absent. During the excavation, a series of sandy layers were noted, the consequence of falls from the rock shelter roof which gave a yellow and reddish colour to the sediment (Alday *et al.*, 2012e). These are intercalated with charcoal stains giving darker tones to the sediment.

SU.1, 7cm thick, was differentiated in this unit. It is a charcoal stain with a reddish centre and ashes, the result of modern fires, and the sediment is characterised as very compact (Alday *et al.*, 2012e).

Unit 101 follows (Fig. 68), with a mean thickness of about 23cm. The sedimentation is sandy in the inner part, and looser than in the outer part. The coarse fraction is significant and constant: clasts, quartz grains and small stones fallen from the wall and roof. In the inner part, the colour is light brown, whereas in the outer part the sediments are darker with small reddish and light brown beds (Alday *et al.*, 2012e). This variation is due to the greater exposure to plant growth, greater humidity in the substrate and the degradation of the sandstone, which gives the sediments their reddish and light brown colouring.

This unit also includes SU.5 with a thickness of 12cm, filled by SU.6, dark sediment with a loose sandy texture and sedimentary matrix similar to Unit 101 but more loose (Alday *et al.*, 2012e).

The next unit to be differentiated in the excavation was Unit 102 (Fig. 68). With a mean thickness of 20cm, it is characterised by very compact sediment, with a large proportion of sand and lighter in colour than the previous units. This unit does not escape the action of roots, but they are present to a much lesser extent than in the overlying units. Represented by a large number of lithic and osseous remains, it was

overlain by a layer of sand that covered those objects (Alday *et al.*, 2012e). In the outer parts of this unit, the sediments are less compact and the colour is lighter, with reddish tones (iron oxides), due to the degradation of the sandstone.

Unit 102 included the stratigraphic sub-unit SU.4, in Square A2 and Z2, with darker sedimentation and an oval shape. It is associated with boulders of different sizes, roundedness and sphericity (Alday *et al.*, 2012e). The sediments are very compact and dark with greyish beds. Interpreted as a hearth because of its shape, the colouring of the sediments is a consequence of the charcoal and ash resulting from the thermal processes. Its sedimentary matrix resembles that of Unit 102.

Unit	Samples	Depth (cm)	Munsell Soil Color Chart	Color
B1	MH-g	105	2.5YR 3/2	Dusky red
B1	MH-f	115	2.5YR 3/2	Dusky red
B1	MH-e	125	10YR 3/4	Dark yellowish brown
100	MH-d	110	5YR 5/3	Reddish brown
101	MH-c	120	5YR 5/3	Reddish brown
102	MH-b	130	5YR 5/3	Reddish brown
103	MH-a	140	7.5 YR 7/8	Reddish yellow

Table XIII Characterisation of sediment colour in Units 100-103 and B1 with the Munsell Chart: MH-a-g.

Finally, Unit 103 was differentiated at the base of the Inner Zone at Martinarri rock shelter (Fig. 68). It is about 15cm thick and in contact with the bedrock at its base. For this reason, it contains elements caused by the degradation of the bedrock (sandstone). The sedimentary matrix is granular, less compact than in the overlying unit and with a high proportion of the coarse fraction. It is yellow and reddish in colour because of the iron oxides in the rock.

The Outer Zone at the site of Martinarri is formed by Units A, B, B1 and D, which are about 70 or 80cm thick depending on the part of the excavation. They consist of non-compact sediments with a high organic matter content. The clayey-silty sediment contains a sandy fraction due to the quartz component. Their colour is dark brown with some reddish or yellow beds from the degradation of the gravel fraction whose lithology is sandstone.

4. Martinarri rock shelter

Unit	Samples	Depth (cm)	MUNSELL SOIL COLOR CHART	COLOR
A	MH-S21	80	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-S20	85	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-S19	90	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-S18	95	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-S17	100	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-S16	105	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-S15	110	5YR 3/3	Dark reddish brown
B	MH-S14	115	5YR 3/3	Dark reddish brown
B	MH-S13	120	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-S12	125	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-S11	130	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-S10	135	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-S9	140	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-S8	145	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-S7	150	7.5YR 4/4	Brown
B1	MH-S6	155	7.5YR 4/4	Brown
D	MH-S5	160	7.5YR 4/4	Brown
D	MH-S4	165	7.5YR 4/6	Strong brown
D	MH-S3	170	7.5YR 5/8	Strong brown
D	MH-S2	175	7.5YR 5/8	Strong brown
D	MH-S1	180	7.5YR 6/8	Reddish yellow

Unit	Samples	Depth (cm)	MUNSELL SOIL COLOR CHART	COLOR
A	MH-E20	85	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-E19	90	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-E18	95	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-E17	100	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-E16	105	5YR 3/3	Dark reddish brown
A	MH-E15	110	5YR 3/3	Dark reddish brown
B	MH-E14	115	5YR 3/3	Dark reddish brown
B	MH-E13	120	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-E12	125	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-E11	130	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-E10	135	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-E9	140	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-E8	145	5YR 3/3	Dark reddish brown
B1	MH-E7	150	7.5YR 4/4	Brown
B1	MH-E6	155	7.5YR 4/4	Brown
D	MH-E5	160	7.5YR 4/4	Brown
D	MH-E4	165	7.5YR 4/6	Strong brown
D	MH-E3	170	7.5YR 5/8	Strong brown
D	MH-E2	175	7.5YR 5/8	Strong brown
D	MH-E1	180	7.5YR 6/8	Reddish yellow

Tables XIV Characterisation of sediment colour in Units A, B, B1 and D with the Munsell Chart: MH-E1-20 and MH-S1-21

Unit A was excavated without sub-dividing the squares into sectors. It reached a thickness of 15cm. It corresponds to the modern herbaceous layer with a large organic component, abundant roots of various diameters and a silty structure (Fig. 70).

Unit B, up to 20cm thick (although varying in different areas), gradually loses the organic nature of the overlying unit (Fig. 70). The earth is still silty, more brown and less black, with some roots and now some stones. Some sandstone plaques also occur. The sediment is finer than in Unit A. It should be stressed that from the second semi-spit in its excavation, some internal differences were seen, as in areas nearer the rock shelter, on the edge of its overhang, the earth becomes more compact (whereas it is very loose in general) and roots disappear, the sediments are lighter in colour and some areas that are hard to excavate may appear.

The next unit to be differentiated is Unit B1, up to 40cm thick. It is characterised by the lighter colour of the earth, which becomes brown, the gradual loss of organic matter, the larger proportion of the sandy component (the silt fraction is lost) and the more common presence of sandstone in the medium fraction (Fig. 69 y Fig. 70). However, the sediment has still suffered bioturbation. With depth, a more compact horizon slowly appears from north to south. It is lighter in colour and contains a large proportion of sandstone boulders. It was provisionally interpreted as an anthropic structure possibly related with hearths (Fig. 71).

Unit C, 20cm thick, is only observed in the squares nearest the rock shelter. It is characterised by the lighter colour of the sediments. There is a small proportion of organic matter and the presence of roots has decreased although they still appear. Sandstone cobbles that have suffered rubefaction due to thermal action are still present (producing a yellowish-red colouring) but are less common with depth.

Finally, Unit D was identified during the excavation, very similar to the overlying unit apart from the high proportion of the sand fraction (quartz grains) in the granulometry. It reaches a thickness of 25cm, depending on the square (Fig. 70). The gradual loss of sandstone cobbles and organic matter is noticeable. However, the effect of bioturbation is still visible in the sediment. It is a silty and granular sediment, easily excavated.

4. Martinarri rock shelter



Figure 68 Identification of Units 100-103 in the Inner Zone of the site



Figure 69 Identification of Unit B1 in the Outer Zone of the site



Figure 70 Identification of Units A, B, B1 and D in the Outer Zone of the site

4. Martinarri rock shelter



Figures 71 Layer and boulders turned red by thermal action, on the boundary of the overhang of the rock shelter in Unit B1 (Photos: A. Alday)

4.6 Geoarchaeological analysis: Results

The results obtained from the geoarchaeological and micromorphological analysis are presented in the following subsections. Chapter 2 referred to the applied methodology. A final interpretation of the different processes of formation of the archaeological soil, how the human factor affects these processes and whether the post-depositional processes modify or not the image of the original formation of the sedimentary register of the shelter Of Martinarri.

4.6.1 Samples studied

Seven samples of loose sediment were collected corresponding to the entire sequence of Magdalenian and Mesolithic late. These seven samples of loose sediment correspond to the same areas in which the sediment samples were selected in the internal zone and others in the external zone (Units 100, 101, 102, 103 of the inner zone of the shelter in the square Z1 and the Unit B1 of the outer zone of the rock shelter in the square Z8). On the other hand, twenty-one samples of loose sediment were collected in the South Court, Table Z12, every 5 cm from the base to the surface covering the entire stratigraphic sequence. And from the East Court, square Z12, twenty samples of loose sediment were collected every 5 cm from the base to the surface covering the entire stratigraphic sequence. The two courts correspond to Units A, B, B1 and D.

These loose sediment samples have been used for the analysis: granulometric, X-ray diffraction and fluorescence, determination of Organic Carbon and determination of Nitrogen and Carbon.

The acronym used in each sample is as follows (Figs. 72):

- MH a, b, c, d, e, f and g; correspond to Units 103, 102, 101, 100 and three of Unit B1 (7 samples).
- MH-S from 1 to 21; correspond to Units A, B, B1 and D (21 samples).
- MH-E from 1 to 20; corresponding to Units A, B, B1 and D (20 samples).

4. Martinarri rock shelter

a



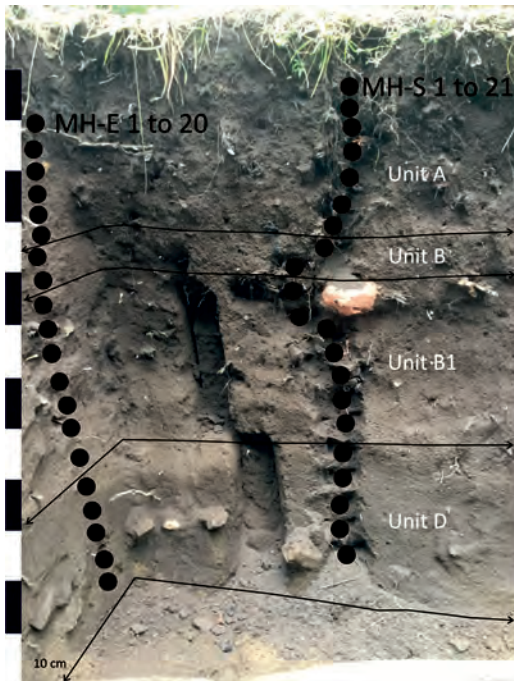
● Loose sediment samples

b



● Loose sediment samples

c



● Loose sediment samples

Figures 72 Samples of loose sediment extracted from the reservoir: **a)** Units 100-103: MH-a-d, **b)** Unit B1: MH-e-g and **c)** Units A, B, B1 and C: MH-E1-20 and MH-S1-21

4.6.2 Granulometries

Samples of different stratigraphic units present in different stratigraphic sequences (profiles) of the Martinarri settlement have been characterized granulometrically.

In the Tables XV, XVIa and b (Appendix Chapter 4-Table A4) the results obtained are shown as well as the most significant variables of the samples analyzed. The thicker granulometries were also taken into account when calculating the grain size percentages of the samples, by calculating the total weight of the sample and the final weight of the fine fraction after passing through the sieve (1,250 mm). The following variables were extracted from the statistical analyzes of the samples: textural group, skewness, *kurtosis* and percentages of gravel, sand, silt, clay and mud (sum of silt and clay). All this, in order to characterize granulometrically the samples and to observe modifications and the functioning of the processes of formation of the stratigraphic sequence of the Martinarri rock shelter.

The granulometric characteristics of the analyzed samples are quite variable, depending on the profile (internal and external profiles of the shelter) and the stratigraphic unit in which they are framed.

It has been possible to differentiate two groups of sediments very differentiated from each other, depending on whether they are in the sequence of the interior or outside of the rock shelter, the interior ones being thicker in general.

In the granulometric sequence of the interior zone of the Martinarri rock shelter, the four loose sediment samples show characteristics that point to a clear granodecrescente sequence (Appendix Chapter 4-Table A1). They belong to different textural groups, Unit 103 (MH-a) is a mud (mud: limos + clay), Units 102 and 101 belong to the group of sandy mud and finally Unit 100, close to the surface, belongs to Group of muddy sand. The four samples have a fairly symmetrical particle size distribution.

Characteristically, the percentage of gravel is relatively high (in comparison to external sequences) and decreases progressively towards the granulometric sequence of the interior of the Martinarri rock shelter corresponding to units 103, 102, 101 and 100 (samples MH-a-d). Up from 48% to 5,89%.

The basal units, 103 and 102, present a high percentage in the gravel fraction (43,43-48%) and lower sand percentages (4,86-12,17%). An anticorrelation of the two granulometric fractions is observed (Fig. 73).

At the top of the sequence, units 101 and 100, have a low percentage of gravel (28,93-16,59%) and a high percentage in arenas (75,87-70,67%). The content of silt and clay is more variable, decreasing upwards in the sequence (from 51,7% to 31,9%), but with a recovery towards high values (47,8%) in unit 101.

4. Martinarri rock shelter

In the intermediate zone 3 samples belonging to Unit B1 (MH-e to MH-g) have been collected (Fig. 73). In them the proportion of the coarse fraction falls significantly with respect to the samples of the internal zone (5,89 to 8,80%), increasing progressively from floor to ceiling. The sandy fraction is predominant (57,12-75,87%) and the percentages of silt (34,91-15,37%) and clay (0,82-2,07%) are very low. The three samples are poorly classified and included in the textural group of muddy sand and finally have a positive bias (Appendix Chapter 4-Table A1).

Unit	Samples	Depth (cm)	% Gravel	% Sand	% Silt	% Clay	% Mud	G/S
B1	MH-g	105	8,80	70,68	19,52	1,00	20,52	0,12
B1	MH-f	115	7,92	75,87	15,38	0,83	16,21	0,10
B1	MH-e	125	5,89	57,12	34,91	2,07	36,98	0,10
100	MH-d	110	16,59	46,54	34,03	2,84	36,87	0,36
101	MH-c	120	28,93	23,24	43,99	3,84	47,83	1,24
102	MH-b	130	48,00	12,17	36,24	3,59	39,83	3,95
103	MH-a	140	43,43	4,86	44,01	7,69	51,70	8,93

Table XV Granulometric percentages of MH-a-g samples

In the outer zone of the shelter 2 profiles were sampled covering the entire stratigraphy of the excavated site so far. One of the sequences sampled belongs to the **East Court** (MH-E1 to 20) of the Martinarri site, where a sample of sediment was collected every 5 cm. The 20 samples of loose sediment analyzed, presented similar results, are eminently silty-sandy with a low percentage of gravels (5,88-16,79%), as can be seen in Table XVIa. All samples vary between very poorly classified and poorly classified (Appendix Chapter 4-Table A2). Samples of MH-E1 to MH-E9 and MH-E11 belong to the sandy sludge group, while the other samples, MH-E10 and MH-E12 to MH-E20 are muddy sands. In general, the most significant is a high percentage of sands (25,98-81,36%), especially at the top of the stratigraphic sequence. In the limo and clay fraction (mud) they present lower percentages (10,47-67,24%) although the limos are dominant in the basal half of the stratigraphic sequence. Thus, it is observed that sands and silts anticorrelate, when the sand fraction increases, the limo fraction decreases and vice versa, drawing a tendency towards more sandy samples from base to ceiling of the stratigraphic sequence. With regard to the coarser granulometry, two intervals are observed in which 2 maxima are recorded, at the ceiling of unit D and base of unit B1, and at ceiling of unit B and base of unit A, with values close to 20 % And 15% respectively (Fig. 74).

a

Unit	Samples	Depth (cm)	% Gravel	% Sand	% Silt	% Clay	% Mud	G/S
A	MH-E20	85	5,89	73,03	19,95	1,13	21,08	0,08
A	MH-E19	90	8,17	81,36	9,92	0,55	10,47	0,10
A	MH-E18	95	8,27	75,22	15,78	0,73	16,51	0,11
A	MH-E17	100	8,20	75,18	15,88	0,73	16,62	0,11
A	MH-E16	105	12,92	61,65	24,30	1,13	25,43	0,21
A	MH-E15	110	14,56	59,21	25,03	1,20	26,23	0,25
B	MH-E14	115	13,69	54,81	29,78	1,73	31,50	0,25
B	MH-E13	120	7,03	61,36	30,03	1,58	31,61	0,11
B1	MH-E12	125	7,25	53,89	36,82	2,04	38,86	0,13
B1	MH-E11	130	9,66	41,83	45,71	2,80	48,51	0,23
B1	MH-E10	135	6,12	57,83	33,89	2,16	36,05	0,11
B1	MH-E9	140	5,27	44,43	46,89	3,41	50,30	0,12
B1	MH-E8	145	6,80	45,29	45,11	2,80	47,90	0,15
B1	MH-E7	150	6,35	26,41	62,28	4,96	67,24	0,24
B1	MH-E6	155	16,79	31,29	47,76	4,16	51,92	0,54
D	MH-E5	160	11,94	25,98	57,41	4,67	62,08	0,46
D	MH-E4	165	7,59	39,92	47,96	4,53	52,49	0,19
D	MH-E3	170	11,60	36,07	48,27	4,07	52,33	0,32
D	MH-E2	175	8,46	29,29	56,48	5,77	62,24	0,29
D	MH-E1	180	8,25	28,81	55,51	7,43	62,94	0,29

b

Unit	Samples	Depth (cm)	% Gravel	% Sand	% Silt	% Clay	% Mud	G/S
A	MH-S21	80	9,60	80,91	9,04	0,45	9,49	0,12
A	MH-S20	85	7,00	75,42	16,83	0,74	17,58	0,09
A	MH-S19	90	5,44	69,98	23,64	0,95	24,59	0,08
A	MH-S18	95	7,25	73,18	18,74	0,83	19,57	0,10
A	MH-S17	100	9,14	73,50	16,44	0,91	17,35	0,12
A	MH-S16	105	6,83	68,01	24,04	1,12	25,16	0,10
A	MH-S15	110	5,91	62,47	29,73	1,88	31,61	0,09
B	MH-S14	115	6,09	71,37	21,13	1,41	22,54	0,09
B	MH-S13	120	10,48	45,92	41,00	2,60	43,60	0,23
B1	MH-S12	125	8,65	63,40	26,49	1,46	27,95	0,14
B1	MH-S11	130	6,29	74,69	17,81	1,22	19,02	0,08
B1	MH-S10	135	6,93	55,66	35,37	2,05	37,41	0,12
B1	MH-S9	140	5,30	73,49	19,98	1,23	21,21	0,07
B1	MH-S8	145	3,94	54,76	38,81	2,50	41,31	0,07
B1	MH-S7	150	3,23	66,29	28,55	1,94	30,48	0,05
B1	MH-S6	155	4,47	56,65	36,40	2,48	38,88	0,08
D	MH-S5	160	9,08	71,46	17,73	1,73	19,46	0,13
D	MH-S4	165	7,53	48,64	40,32	3,51	43,83	0,15
D	MH-S3	170	15,54	34,12	46,62	3,72	50,34	0,46
D	MH-S2	175	14,06	45,38	36,78	3,78	40,57	0,31
D	MH-S1	180	8,42	47,80	39,75	4,03	43,77	0,18

Tables XVI Granulometric percentages of the Units A, B, B1 and C samples: a) MH-E1-20 and b) MH-S1-20

4. Martinarri rock shelter

Unit D is characterized by its high content of mud (52,33-62,94%) and sand (25,98-39,92%). It presents low percentages of gravel fraction (8,25-11,94%).

Unit B1 presents a high content in the sand fraction (26,40-57,83%) and in the mud fraction (36,05-67,24%), as well as a low percentage in the gravel fraction (5,26-16,79%).

In Unit B it is characterized by a high sand content (54,81-61,36%) and a decrease of the mud fraction in comparison to the previous groups (31,50-31,61%). It also shows a slight increase in the gravel fraction from base to ceiling (7,03-13,69%).

Unit A contains a high content of fractions sand (59,21-81,36%) and mud (10,47-26,23%), although it is lower than in previous units. It presents a progressive descent, from base to ceiling of the sequence, of the gravel fraction (5,88-12,92%).

In the sedimentary registry of the **South Court** (MH-S1 to 21) of the Martinarri rock shelter it happens practically the same thing. The same granulometric variations are observed as in the East Court. Twenty-one samples of loose sediment, one every 5 cm, were analyzed, covering the whole of the stratigraphic sequence (Table XVIb).

The most significant difference with respect to the East court is that the proportion of the sandy fraction is more abundant and the finer granulometries (silt and clay) are less abundant. The textural group of all samples is that of muddy sand, except the sample MH-S3, which is sandy mud (Appendix Chapter 4-Table A3).

In general, the most significant is a high percentage of sands (34,12-80,91%), especially at the top of the stratigraphic sequence. In the slime and clay fraction (mud) they present lower percentages (9,49-50,34%) decreasing their presence from base to ceiling of the sequence. Thus, it is observed that sand and fine fraction (silts and clays, mud) anticorrelate, when the sand fraction increases, the fine fraction decreases and vice versa, drawing a tendency towards more sandy samples from the base to the ceiling of the stratigraphic sequence. In relation to the thicker granulometry, gravels, 2 intervals are observed in which 2 maxima are recorded, along unit D, and in unit B, with values close to 16% and 12% respectively (Fig. 75).

Unit D is characterized by its high sand content (34,12-71,46%) and the mud fraction (19,46-50,34%). It presents the highest percentages of the gravel fraction of the sequence (7,53-15,54%).

Unit B1 has a high content of fractions sand (55,66-74,69%) and mud (19,02-41,31%). It has low percentages in the gravel fraction (3,23-8,65%).

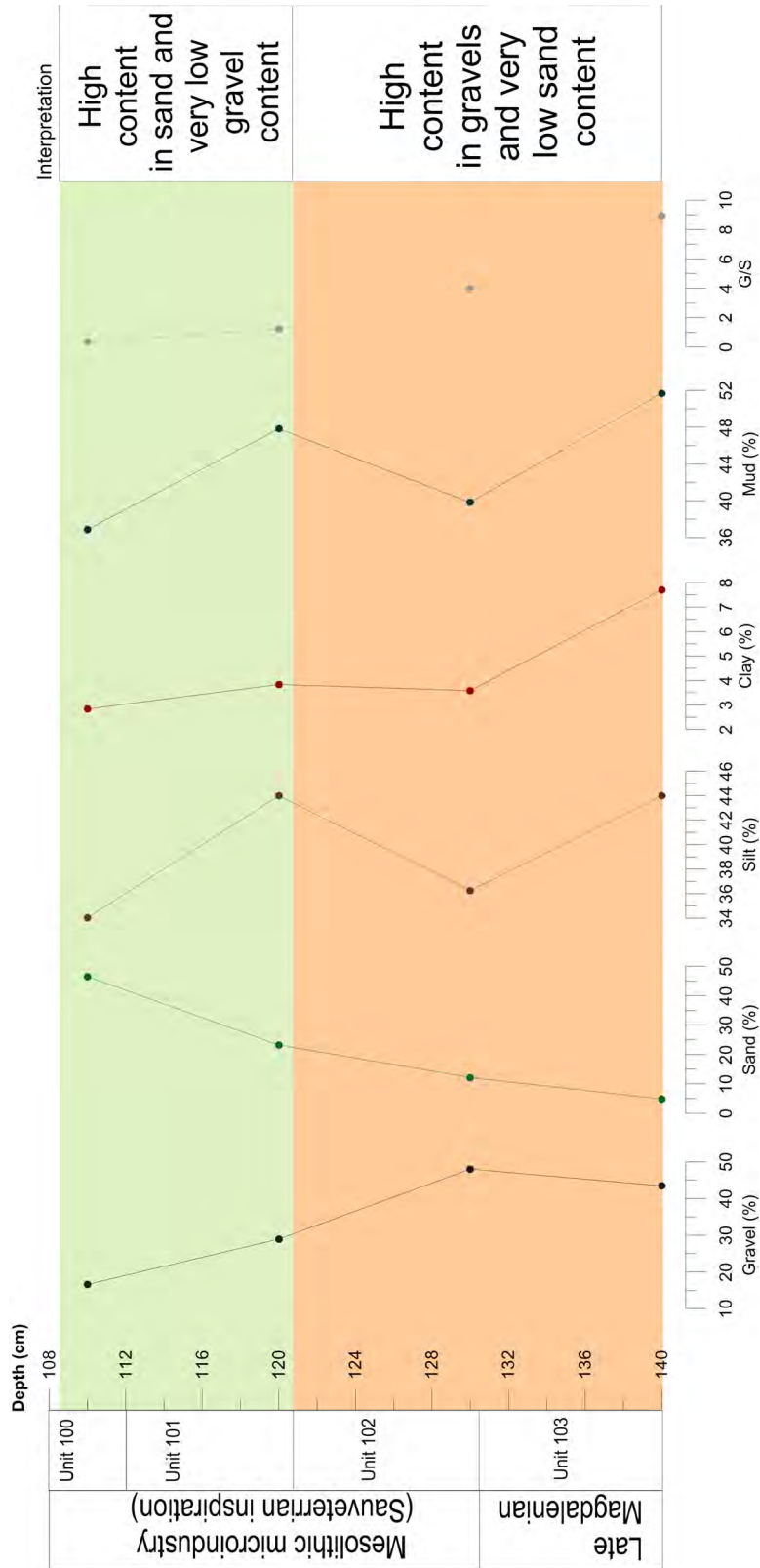


Figure 73 Representation of the percentages of the analyzes: Granulometrics along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (MH-a-g)

4. Martinarri rock shelter

Unit B is characterized by a high sand content (45,92-71,37%) and a slight increase in the mud fraction (22,54-43,60%) compared to the previous units. There was a slight increase in the gravel fraction (6,09-10,48%).

Unit A is characterized by a high content of fractions sand (62,47-80,90%) and mud (9,49-31,61%), although they are somewhat lower than in previous units. It presents relatively low contents of the gravel fraction (5,44-9,60%).

4.6.3 X-Ray Diffraction

Mineralogically, almost all the samples analyzed in the different profiles of the Martinarri deposit have similar mineral compositions, with some significant differences mentioned below (Tables XVII and XVIIIa and b).

Samples from the inner area of the rock shelter (MH-a to MH-g, units 100, 101, 102 and 103) have given similar results, the majority being quartz (Percentage interval). The percentages of quartz increase from base to ceiling (38,76- 84,67%). The dolomite has a majority content with quartz between 32,64 and 33%. Calcite (15,95-0,52%) with lower presence varies similarly to dolomite throughout the stratigraphy. The only difference is that at the unit in contact with the rocky substrate, unit 103, it only contains calcite component (1,76%).

In the samples of the intermediate profile (Unit B1) we observed a decrease of the dolomite percentages, with respect to the interior and base to ceiling sequence of the stratigraphic sequence (8,01-6,94%).

The other minerals identified are feldspars (23,33-6,67%) and clay minerals (0-36,26%). Other minerals such as the anortita (6,39%) and the goethite (0,65%) present a few significant percentages.

Four highly differentiated groups (Fig. 76) corresponding to each stratigraphic unit have been reflected (Units 103-100). Sequence soil has a low percentage of quartz minerals (38,76%), dolomite (23,33%) and calcite (1,76%). In units 102 and 101 there is a progressive increase in the percentages of quartz (52,53-56,15%), dolomite (31,52-29,7%) and calcite (15,95-14,15%). The stratigraphic sequence ends (Unit 100) with results of a slight decrease in the percentage of quartz (52.77%), increase of dolomite (32.64%) and decrease of calcite (13,48%).

In the samples corresponding to the outer zone of the rock shelter, in the **East Court** (MH-E1 to 20) (Table XVIIIa) the main mineral identified is the quartz (94,12-70,71%). The next major mineral are feldspars (37,83-1,85%) that decrease their percentage from base to ceiling.

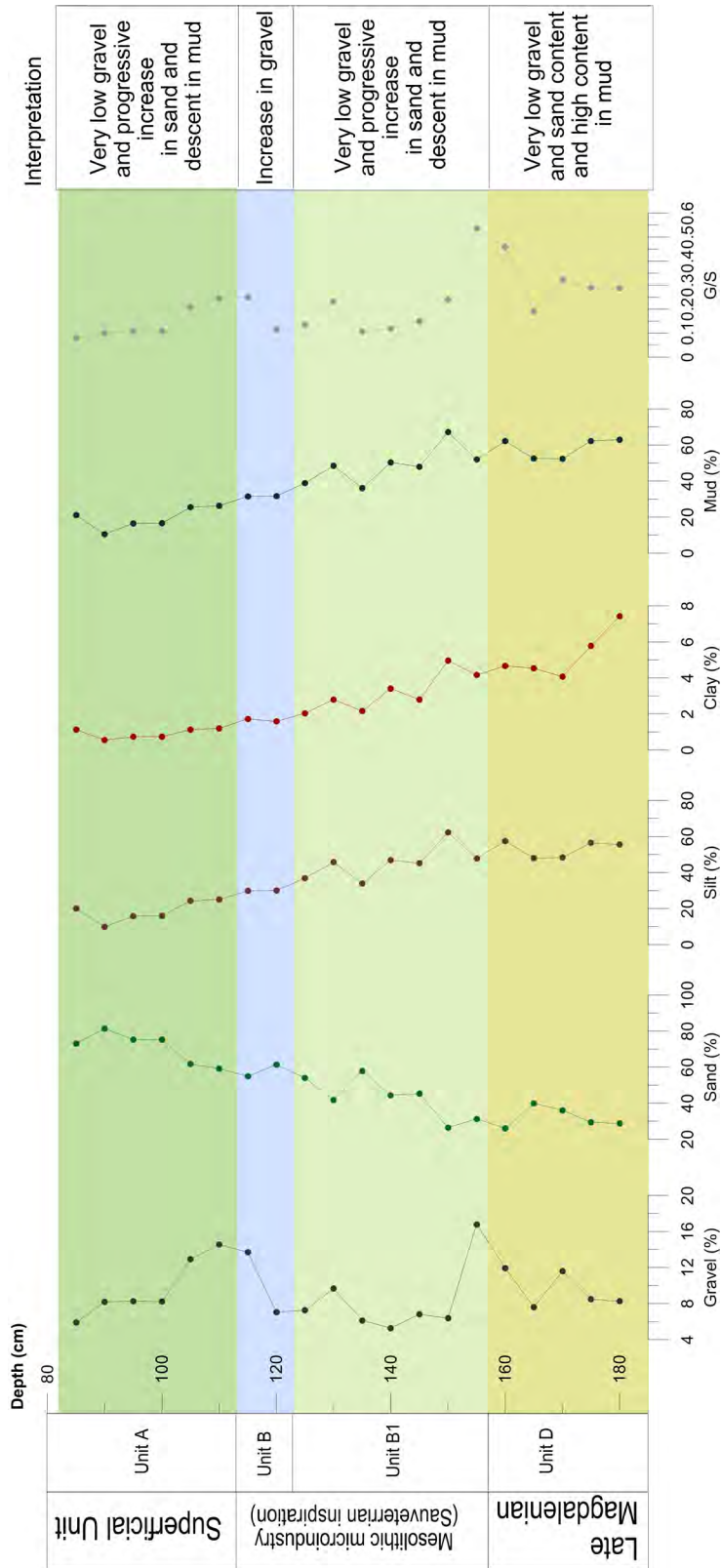


Figure 74 Representation of the percentages of the analyzes: Granulometrics along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (MH-E1-20)

4. Martinarri rock shelter

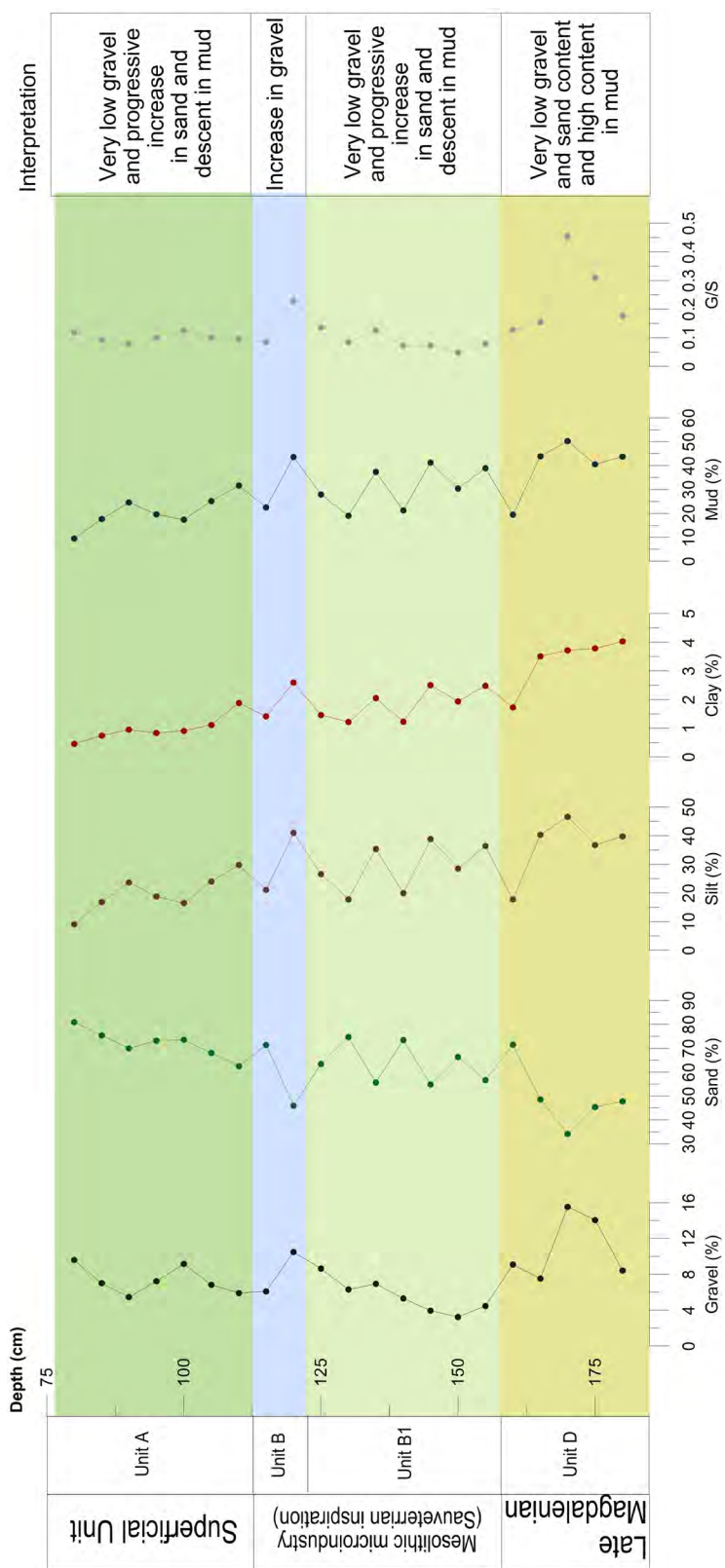


Figure 75 Representation of the percentages of the analyzes: Granulometrics along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (MH-S1-21)

The next most abundant mineral identified is dolomite (11,85-0,39%). The percentages are lower than in the stratigraphic units of the internal zone. Muscovite (4,43-1,2%) is not represented throughout the stratigraphic sequence.

The other minerals identified are anorthite (1,85-1,47%), calcite (0,62-0,1%), kaolinite (1,48-0,33%) and goethite (0,99- 0,32%).

Unit	Samples	Depth (cm)	% Quartz	% Dolomite	% Calcite
B1	MH-g	105	79,26	6,94	1,6
B1	MH-f	115	68,89	18,08	0,52
B1	MH-e	125	84,67	8,01	0,65
100	MH-d	110	52,77	32,64	13,48
101	MH-c	120	56,15	29,7	14,15
102	MH-b	130	52,53	31,52	15,95
103	MH-a	140	38,76	23,33	1,76

Finally, the presence of dolomite with very low percentages (0,39-11,85%) has been identified. It has been possible to identify three phases or intervals in the mineralogical evolution of the sediments analyzed (Fig. 77a). In general the anticorrelation between the content in quartz and feldspars is observed (Fig. 77a).

Table XVII Results of X-ray diffraction of samples MH-a-g

Three phases with different mineralogical content and variability were identified along the sedimentary sequence (Fig. 77a).

The first of the differentiated phases corresponds to samples between 180 cm and 145 cm. It is characterized by highly variable values of the majority minerals, quartz (59,85-87,83%) and feldspars (37,83-5,08%), where variations of up to 50% in its content can be found. The quartz maxima (feldspar minima) are given in samples 175 and 160 cm, within unit D, while the minimum (feldspar maxima) are given at 180, 165 cm (unit D) and 150 cm B1). Clay minerals have very low values (0,59-2,52%), with the highest percentages in the middle part of unit D (between 165-170 cm depth). Dolomite with values that are increasing from base to ceiling (0,86-11,85%) and whose highest percentages correspond to unit B1 (11,85%).

The second differentiated phase develops between samples at 145 cm to 115 cm, comprising the upper half of unit B1 and unit B. It is characterized by having high and stable, if slightly upward to the ceiling, quartz values (79,47-92,63%) and feldspars (1,85-8,51%). Clay minerals have a maximum of up to 4,5% based on the phase (140-145 cm deep). The dolomite is represented with low percentages and they are descending from base to ceiling of the sequence (1,87-9,04%).

The third phase is located from 115 cm to the ceiling of the sequence (85 cm deep) and encompasses unit A. It is characterized by a sharp drop in quartz (70,71%) (increase of feldspars) at the base Of the Unit A (110 cm) and the subsequent progressive

4. Martinarri rock shelter

a

Unit	Samples	Depth (cm)	% Quartz	% Feldspars	% Clay Minerals	% Dolomite	% Goethite	% Calcite
A	MH-E20	85	89,27	9,87	0,47	0,39	0	0
A	MH-E19	90	94,12	3,27	1,58	0,44	0,58	0
A	MH-E18	95	86,44	10,63	0,37	2,16	0	0,4
A	MH-E17	100	81,64	16,64	0,33	1,17	0	0,21
A	MH-E16	105	86,59	6,2	0,42	6,21	0,32	0,26
A	MH-E15	110	70,71	21,33	0,37	6,73	0,49	0,36
B	MH-E14	115	92,24	4,64	0,44	1,87	0,34	0,47
B	MH-E13	120	85,94	5,27	0,58	7,12	0,47	0,62
B1	MH-E12	125	92,63	1,85	0,45	4,35	0,4	0,31
B1	MH-E11	130	83,14	6,12	0,61	9,04	0,76	0,32
B1	MH-E10	135	80,69	8,51	0,86	8,94	0,61	0,39
B1	MH-E9	140	79,47	4,05	4,9	8,32	0,75	0,33
B1	MH-E8	145	79,28	4,25	3,59	11,85	0,64	0,39
B1	MH-E7	150	57,62	31,28	0,55	10,37	0	0,18
B1	MH-E6	155	71,29	21,37	1,48	4,54	0,99	0,33
D	MH-E5	160	87,83	5,08	1,02	5,15	0,78	0,13
D	MH-E4	165	66,35	27,94	2,41	3,18	0	0,11
D	MH-E3	170	72,66	22,53	2,52	1,57	0,57	0,15
D	MH-E2	175	81,96	12,37	0,59	4,98	0	0,1
D	MH-E1	180	59,85	37,83	0,66	0,86	0,57	0,24

b

Unit	Samples	Depth (cm)	% Quartz	% Feldspars	% Clay Minerals	% Calcite	% Goethite	% Dolomite
A	MH-S21	80	86,97	12,29	0,4		0,33	
A	MH-S20	85	92,9	5,12	0,72	0,42	0,57	0,28
A	MH-S19	90	91,01	7,46	0,5	0,36	0,33	0,34
A	MH-S18	95	94,31	4,37	0,39	0,36	0,35	0,23
A	MH-S17	100	83,04	15,51	0,45	0,39	0,4	0,2
A	MH-S16	105	83,19	15,55	0,36	0,24	0,5	0,16
A	MH-S15	110	89,03	8,88	0,74	0,33	0,58	0,44
B	MH-S14	115	78,04	20,45	0,46	0,31	0,54	0,2
B	MH-S13	120	92,86	5,64	0,5	0,22	0,45	0,34
B1	MH-S12	125	91,69	3,21	3,77	0,44	0,62	0,27
B1	MH-S11	130	89,06	3,92	5,88	0,23	0,58	0,33
B1	MH-S10	135	87,41	10,84	0,55	0,35	0,65	0,2
B1	MH-S9	140	88,78	9,52	0,51	0,39	0,59	0,21
B1	MH-S8	145	94,19	3,97	0,38	0,31	0,91	0,25
B1	MH-S7	150	92,11	5,93	0,48	0,56	0,63	0,29
B1	MH-S6	155	91,8	5,84	0,67	0,3	1,07	0,33
D	MH-S5	160	77,9	20,72	0,51	0,28	0,58	
D	MH-S4	165	92,41	6,5	0	0,28	0,65	0,17
D	MH-S3	170	70,67	26,18	2,19	0,17	0,63	0,17
D	MH-S2	175	68,9	26,68	3,95	0,25		0,21
D	MH-S1	180	72,95	21,68	4,05	0,35	0,8	0,16

Tables XVIII Percentages of X-ray diffraction of samples of Units A, B, B1 and C: a) MH-E1-20 and b) MH-S1-20

increase of the quartz content (feldspar descent) to ceiling (up to 94,12%); A tendency that is slightly inverted in the most superficial sample. The minerals of the clay have uniform and low values (0,33-1,58%) with a slight increase of 1% in the sample at 90 cm depth. The dolomite suffers a progressive decrease in its percentages from base to ceiling of the sequence (0,39-6,73%).

In the **South Court** samples (samples MH-S1 to MH-S21) the same components and mineral phases are identified as in the east court (Table XVIIIb).

The major minerals are quartz (94,31-68,9%), and feldspars (3,21-26,68%). Both minerals present an anticorrelation throughout the sedimentary sequence of the deposit. Dolomite (0,16-0,44%) is represented with low percentages. Calcite (0,56-0,17%) has very low and possibly insignificant values. Minerals of clay (0-5,88%) with low and heterogeneous percentages whose highest peak appears in Unit B1 and their lowest percentages in Unit D. Finally, another identified mineral is goethite (1,07-0,33%). This iron hydroxide is present throughout the stratigraphic sequence.

Similar to what was observed in the Southern Court, three phases with different mineralogical content and variability were identified along the sedimentary sequence (Fig. 77b).

The first phase comprises the samples between 180 cm and 155 cm depth, which includes unit D. It is characterized by the lower quartz values of the sequence (68,9-92,41%) that increase to ceiling, especially in the Upper half with very variable values. The feldspars present the same variation but in the opposite direction (6,5-26,68%). The dolomite is represented with low percentages and very similar throughout the sequence (0,16-0,21%). Clay minerals have values of up to 4% in the basal half, disappearing in the upper half (0-4,05%).

The second recognized phase extends between 155 cm and 120 cm depth, encompassing unit B1 and the lower half of unit B. It has relatively high and stable values of quartz (87,41-94,19%) and relatively stable but Of feldspars (3,21-10,84%). Dolomite is represented with very low and stable proportions (0,2-0,33%). The clay minerals (0,38-5,88%) present a significant increase to ceiling of this phase.

The third phase extends between 120 cm and the ceiling of the sequence (80 cm) and encompasses units B and A. This phase is characterized by a sharp drop in quartz (78,04%) (increase of feldspars) in The base of unit A (115 cm) and the subsequent increase of the quartz content (feldspar descent) in the upper half of the phase (up to 94,31%); A tendency that is slightly inverted in the most superficial sample. The dolomite presents very low percentages although with a slight increase in comparison of the previous phase (0,16-0,44%). Clay minerals have uniform and very low values (0,36-0,74%).

4. Martinarri rock shelter

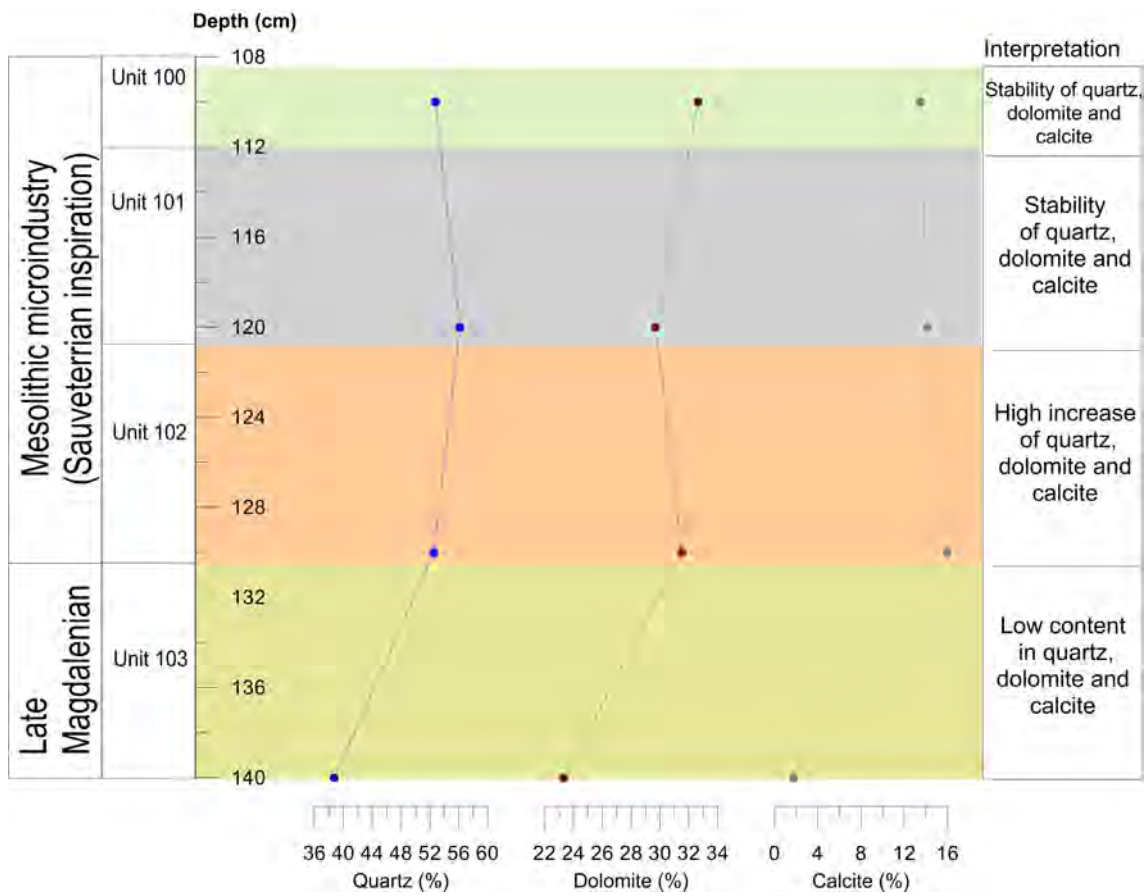


Figure 76 Representation of the percentages of the analyzes: X-ray diffraction along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (MH-a-g)

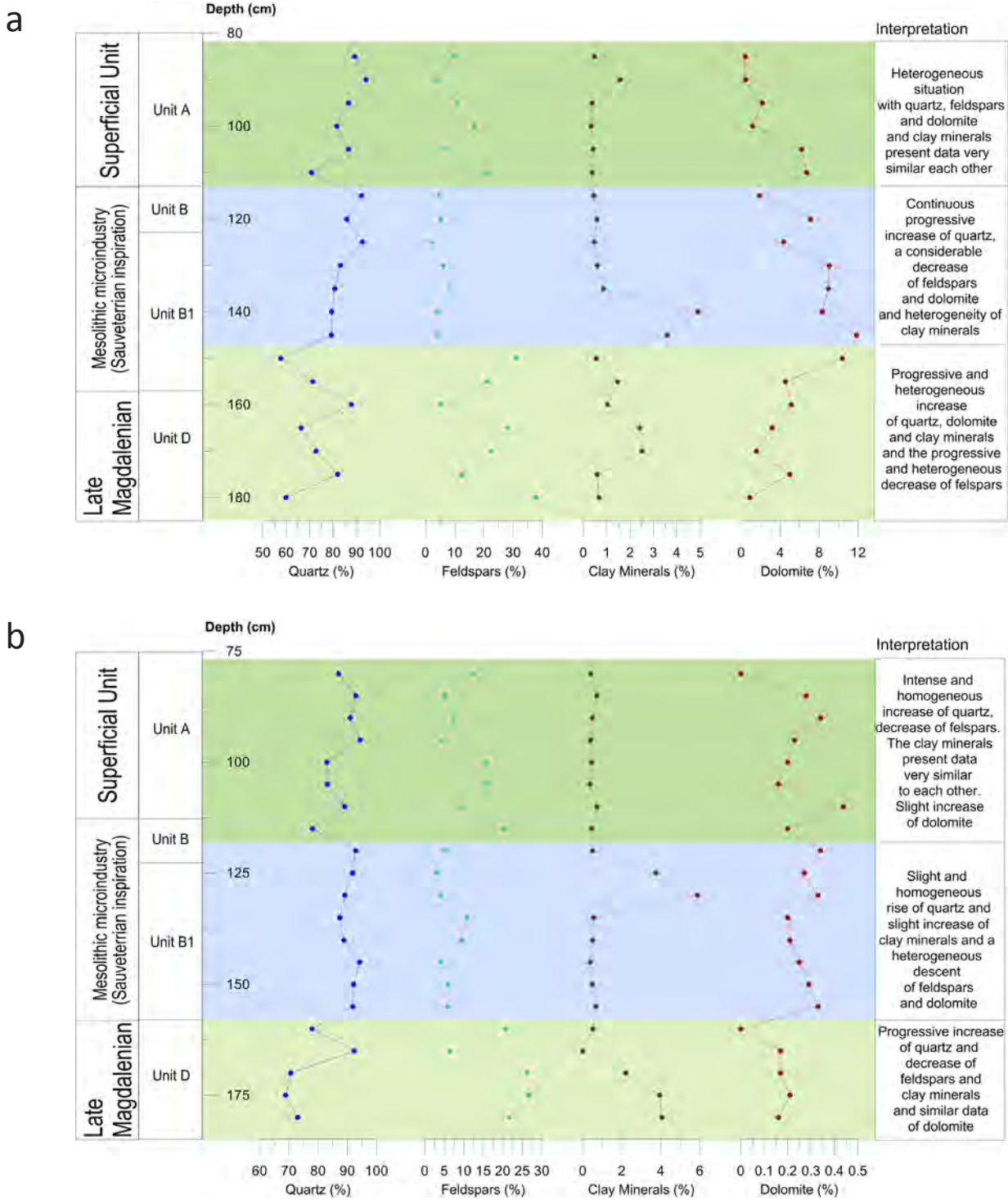


Figure 77 X-ray diffraction along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples: **a)** MH-E-1-20 and **b)** MH-S-1-21

4.6.4 X-Ray Fluorescence

The results obtained from the geochemical analysis are, in general, in line with the mineralogical results, as can be seen in Tables XIX, XX and XXI. In the rock shelter of Martinarri, the majority element is the silicon (Si), being well above the other elements. The Si presents high percentages in all the samples (42,13-28,37%), the following main elements are Fe (1,49-3,59%) and Al (1,02-2,76%), (MH-S1 to MH-S21 and MH-E1 to MH-E20, respectively), both covariate and present almost minority percentages in the two external stratigraphic records (Court S and Court E). However, in the samples from the inside area of the shelter (MH-a to MH-g), there is a higher presence in percentage of the Ca component (17,51-1,28%), that is practically absent in the archaeostratigraphic sequences outside the shelter. The other measured elements, S, Br, K, Mg, P, Na, Ti, Pt, Sr, Zn, Mn, Cl, Au, Cr, La, Zr, Sc, Co, V, Sx, Rb, Mo, Cu, Pb, As, Ce, Ta, Nd, Ga are minority elements with percentages <1% and therefore considered as not significant.

The relationship of covariance between Fe and Al are mainly and related to the rate of clays that contain our sediment samples and to the lithology of the deposit as well as the ignition of fires. The phosphorus element is not abundant enough to compact our soils, this element is present in the area with the highest concentration of charcoals. The important presence of Fe in our samples of loose sediment can be correlated, in addition to the rate of clays and iron oxides present in the lithology of the sandstone of the shelter, with the ignition of fires, being the iron percentages very abundant in zones close to combustion structures. Therefore, the element Fe is a good indicator in detecting these phenomena.

In the internal sequence of the Martinarri site (Fig. 78), four groups correspond to Units 100-103. The first group (Unit 103) corresponds to a high percentage in the element Si (31,85%) and a low proportion in Fe (1,71%), Al (1,02%) and Ca (11,85%). In the following group (Unit 102), there is a decrease in the Si (28,37%) and a slight increase in Fe (2,59%), Al (1,09%) and a higher increase in Ca (51%). The third group corresponds to Unit 101. It is characterized by a slight increase in Si (30,66%) and a slight decrease in Fe (1,88%), Al (1,02%) and Ca (15,41%). Finally, the group corresponding to Unit 100 showed a slight rise in Si (32,64%) and Al (1,11%) and a slight decrease in Fe (1,69%) and Ca (12,65%).

The analyzed samples of Unit B1, in the intermediate profile, show very high percentages of Si (40,73-42,01%) with a progressive increase from base to ceiling. The opposite occurs with Fe (1,49-2,15%), Al (1,4-1,72%) and Ca (1,28-1,87%).

In the external part of the deposit, in the **East Court** (MH-E), 3 phases have been differentiated with different characteristics regarding their geochemical composition (Fig. 79a).

Unit	Samples	Depth (cm)	% Si	% Fe	% Al	% Ca	% K	% Mg	% Mn	% Ti	% Pk	% Na
B1	MH-g	105	42,01	1,49	1,42	1,28	0,681	0,639	0,123	0,118	0,0953	0,068
B1	MH-f	115	41,37	1,68	1,4	1,71	0,667	0,912	0,138	0,126	0,126	0,073
B1	MH-e	125	40,73	2,15	1,72	1,87	0,765	0,947	0,174	0,135	0,206	0,044
100	MH-d	110	32,64	1,69	1,11	12,65	0,557	3,05	0,117	0,11	0,22	0,047
101	MH-c	120	30,66	1,88	1,02	15,41	0,467	3,41	0,0764	0,064	0,188	0,075
102	MH-b	130	28,37	2,59	1,09	17,51	0,493	3,66	0,0666	0,0814	0,301	0,053
103	MH-a	140	31,85	1,71	1,02	11,85	0,499	5,41	0,0471	0,045	0,0318	

Table XIX Results of X-ray fluorescence of samples MH-a-g

Unit	Samples	Depth (cm)	% Si	% Fe	% Al	% Ca	% K	% Mg	% Ti	% Mn	% Na	% Pk
A	MH-E20	85	40,71	2,2	1,98	1,02	0,919	0,325	0,199	0,18	0,166	0,115
A	MH-E19	90	41,01	1,92	1,87	0,957	0,868	0,375	0,195	0,144	0,115	0,109
A	MH-E18	95	40,99	1,86	1,8	1,02	0,837	0,414	0,173	0,144	0,107	0,0989
A	MH-E17	100	40,48	1,97	1,89	1,36	0,828	0,626	0,206	0,158	0,054	0,102
A	MH-E16	105	39,56	2,09	1,99	1,53	0,892	0,843	0,201	0,167	0,11	0,107
A	MH-E15	110	40,15	2,03	1,81	1,69	0,788	0,896	0,172	0,167	0,048	0,114
B	MH-E14	115	39,22	2,31	2,16	1,86	0,985	1	0,214	0,196	0,076	0,124
B	MH-E13	120	39,84	2,21	1,81	1,96	0,816	1,01	0,162	0,191	0,057	0,174
B1	MH-E12	125	39,06	2,59	2,11	2,06	0,898	1,05	0,179	0,228	0,124	0,229
B1	MH-E11	130	37,7	3,27	2,5	2,24	1,03	1,18	0,223	0,281	0,179	0,232
B1	MH-E10	135	37,93	3,44	2,46	2,41	1,03	1,16	0,231	0,272	0,243	0,297
B1	MH-E9	140	37,53	3,31	2,54	2,13	1,04	1,05	0,205	0,229	0,145	0,249
B1	MH-E8	145	36,76	3,59	2,76	2,53	1,09	1,33	0,216	0,215	0,105	0,252
B1	MH-E7	150	36,85	3,44	2,64	2,69	1,09	1,45	0,202	0,183	0,246	0,235
B1	MH-E6	155	38,95	2,78	2,06	2,33	0,898	1,22	0,133	0,127	0,136	0,243
D	MH-E5	160	37,05	3,39	2,74	2,51	1,19	1,41	0,181	0,13	0,256	0,206
D	MH-E4	165	38,53	3,1	2,68	1,62	1,17	0,998	0,17	0,103	0,073	0,138
D	MH-E3	170	39,67	2,55	2,51	0,985	1,06	0,58	0,145	0,073	0,153	0,121
D	MH-E2	175	41,16	2,25	2,24	0,718	1,01	0,414	0,115	0,0608	0,101	0,103
D	MH-E1	180	41,26	2,04	2,25	0,442	1,04	0,29	0,127	0,059	0,095	0,0851

Table XX Results of X-ray fluorescence of samples MH-E1-20

4. Martinarri rock shelter

Unit	Samples	Depth (cm)	% Si	% Al	% Fe	% K	% Ca	% Ti	% Mn	% Mg	% Na	% P
A	MH-S21	80	40,99	2,27	2,25	0,973	0,49	0,214	0,199	0,189	0,091	0,0901
A	MH-S20	85	41,11	2,21	2,24	0,977	0,438	0,209	0,192	0,165	0,069	0,0825
A	MH-S19	90	42,13	1,63	1,63	0,671	0,607	0,134	0,15	0,126	0,043	0,171
A	MH-S18	95	42,04	1,78	1,87	0,767	0,383	0,139	0,163	0,132	0,057	0,0759
A	MH-S17	100	40,82	2,46	2,76	1,01	0,462	0,227	0,256	0,199	0,113	0,1
A	MH-S16	105	40,12	2,55	2,82	1,02	0,441	0,218	0,274	0,183	0,096	0,122
A	MH-S15	110	41,39	2,04	2,5	0,814	0,499	0,143	0,206	0,167	0,104	0,18
B	MH-S14	115	41,72	2,01	2,4	0,826	0,424	0,15	0,241	0,169	0,046	0,133
B	MH-S13	120	40,87	2,23	2,66	0,877	0,481	0,155	0,268	0,154	0,087	0,17
B1	MH-S12	125	40,39	2,16	2,61	0,893	0,459	0,158	0,249	0,164	0,179	0,155
B1	MH-S11	130	40,82	2,16	2,66	0,907	0,518	0,149	0,237	0,198	0,066	0,174
B1	MH-S10	135	40,74	2,18	2,79	0,937	0,497	0,137	0,23	0,172	0,201	0,202
B1	MH-S9	140	41,21	2,16	2,62	0,985	0,419	0,131	0,177	0,151	0,333	0,162
B1	MH-S8	145	40,88	2,28	2,6	1,01	0,344	0,129	0,147	0,156	0,128	0,13
B1	MH-S7	150	40,9	2,33	2,6	1,01	0,286	0,132	0,127	0,138	0,067	0,112
B1	MH-S6	155	41,22	2,38	2,7	1,05	0,271	0,127	0,119	0,148	0,125	0,108
D	MH-S5	160	41,26	2,29	2,64	1,05	0,207	0,115	0,117	0,114	0,041	0,1
D	MH-S4	165	40,94	2,3	2,64	1,07	0,202	0,115	0,136	0,113	0,074	0,104
D	MH-S3	170	41,15	2,31	2,36	1,09	0,149	0,111	0,0802	0,102	0,114	0,0826
D	MH-S2	175	40,75	2,29	2,34	1,14	0,124	0,104	0,0751	0,0967	0,054	0,0786
D	MH-S1	180	41,25	2,45	2,24	1,21	0,114	0,0966	0,0465	0,0949	0,045	0,0683

Table XXI Results of X-ray fluorescence of samples MH-S1-21

The first phase includes the samples from 180 cm to 155 cm covering Unit D. It is characterized by a progressive decrease in its Si content from the base to ceiling (37,05-41,26%). The opposite occurs with Fe and Al (anticorrelated with Si), presenting low percentages in the base, Fe (2,04%) and Al (2,25%), which increase towards the ceiling of the Fe phase (2,25 -3,39%) and Al (2,24-2,74%). It should be noted that the upper sample (155 cm) implies a significant enrichment (out of tendency) in Si content (38,95%).

The second phase includes samples ranging from 150 cm to 105 cm in depth, and includes Units B1 and B. It is characterized by a progressive increase of the percentage of Si (36,76-40,15%) to ceiling and the consequent decrease of the other elements (eg Fe, Al and Ca).

The last identified phase includes the samples from 105 cm to the top of the sequence (85 cm), marking Unit A. A slight stabilization of relatively high values of Si (39,56-41,01%) is identified (happening the opposite in the other elements).

It is possible to define a continuation of the growing tendency of the previous phase, which is only slightly inverted in the last 2 surface samples, where there is a slight decrease in the Si content and the consequent increase in other elements such as Fe, Al and the Ca.

In the external area of the deposit, samples from the **South Court** (MH-S) also indicate the presence of 3 different phases or sections according to their chemical composition and the tendencies described (Fig. 79b). In general, the predominance of Si (40,12-42,13%) and the anti-correlation between Si and Al and Fe is also observed here. Unlike the previous cut, the element K is represented here (it has samples with values > 1%) with slightly more representative percentages ranging from 0,671% to 1,21%.

The first phase includes the samples between 180 cm and 120 cm depth and comprises the Units D and B1. This phase is characterized by constant values of all analyzed elements, Si (40,74-41,26%), Al (2,16-2,45%), Fe (2,24-2,79%) and a slight decrease of K (0,89-1,21%).

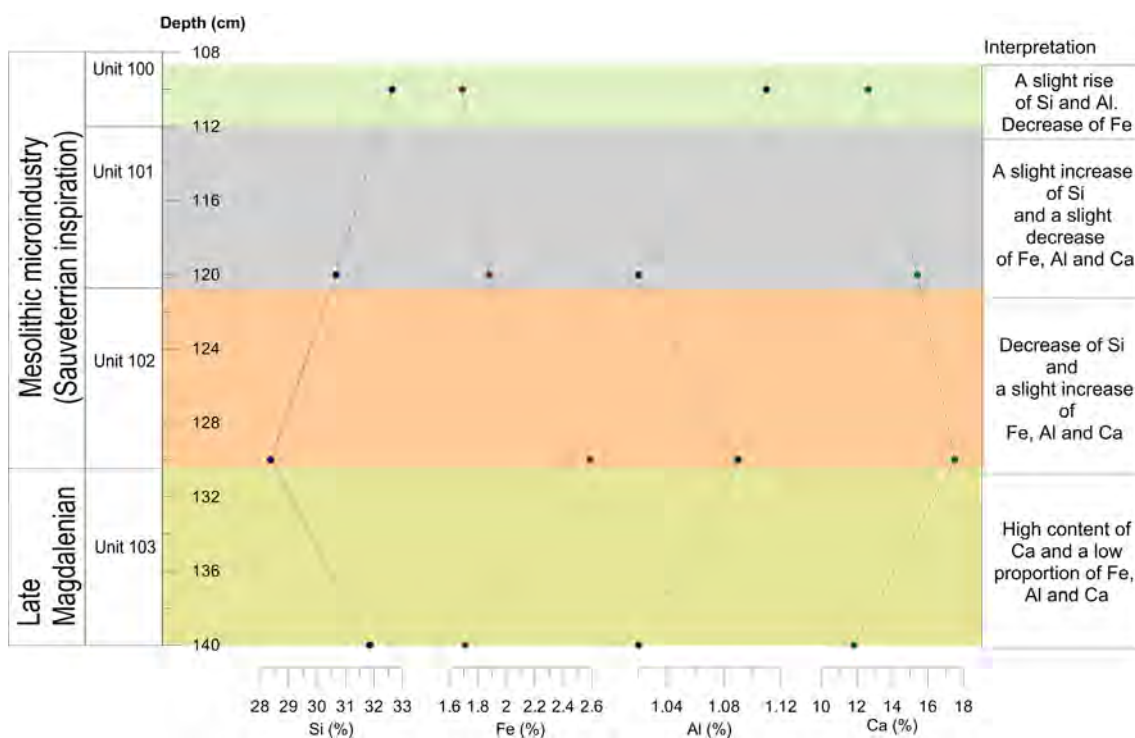
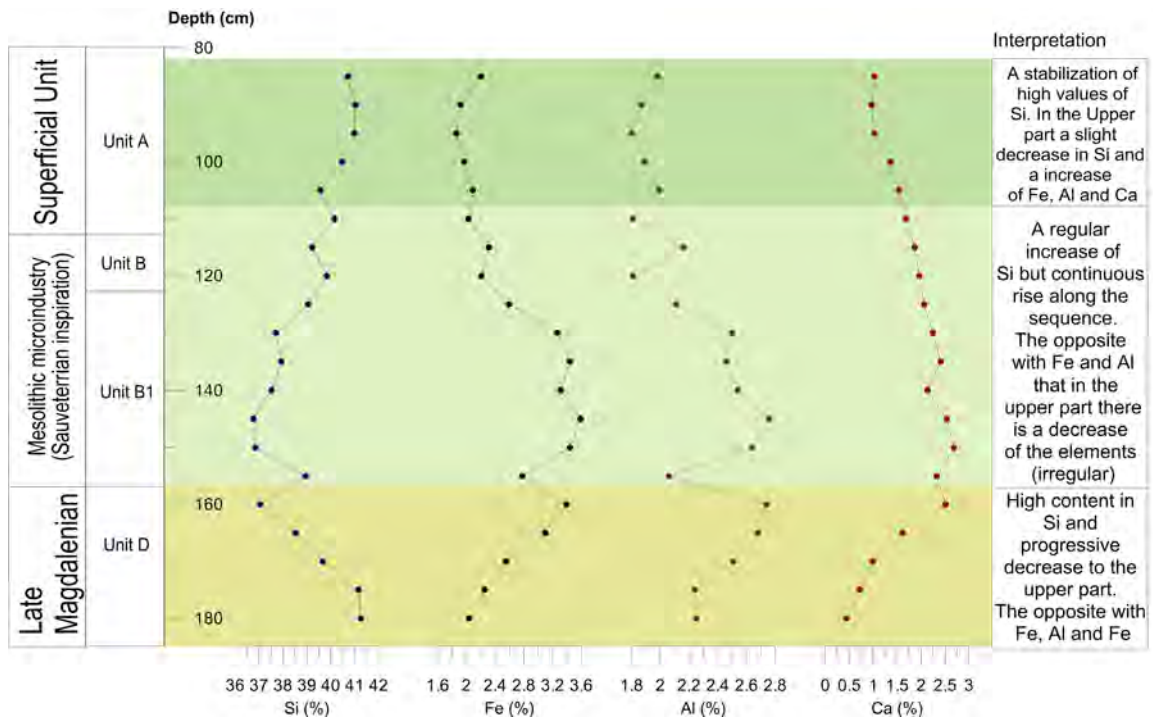


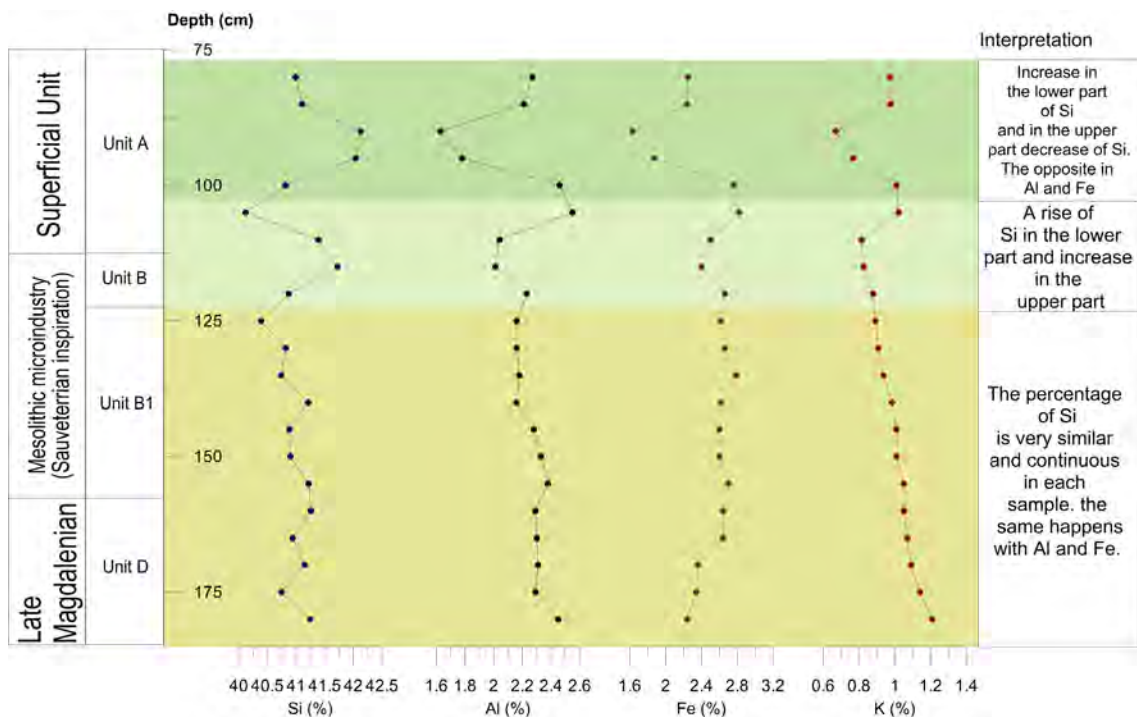
Figure 78 Representation of the percentages of the analyzes: X-ray fluorescence along the entire stratigraphic sequence of the analyzed samples (MH-a-g)

4. Martinarri rock shelter

a



b



Figures 79 Representation of the percentages of the analyzes: X-ray fluorescence throughout the stratigraphic sequence of the samples analyzed: a) MH-E-1-20 and b) MH-S-1-21

However, in the second differentiated phase (115 cm-105 cm encompasses Units B and A) there are significant changes. Although very slightly, Si (40,39-41,72%) tends to increase, although this tendency is reversed in the most superficial sample of this phase (40,12%). The opposite occurs with Al (2,01-2,55%), Fe (2,4-2,82%) and K (0,814-1,02%).

Finally, the third of the differentiated phases, comprised between the samples collected at 105 cm depth and the surface (80 cm), includes Unit A. It is characterized by a tendency in the evolution of the different chemical elements very similar to the previous phase. The base is defined by a significant impoverishment in Si compared to the ceiling of the previous phase (40,12%), and from there, the Si content increases progressively (up to 42,13%) until suffering an impoverishment in the last two samples (40,99-41,11%). The opposite happens with elements such as Al (1,63-2,46%), Fe (1,63-2,76%) and K (0,671-1,01%).

4.6.5 Determination of Organic Carbon and Nitrogen

Unit	Samples	Depth (cm)	% LOI 110	% LOI 550
B1	MH-g	105	2,02	6,07
B1	MH-f	115	1,76	5,04
B1	MH-e	125	1,90	4,32
100	MH-d	110	1,51	5,53
101	MH-c	120	1,40	5,44
102	MH-b	130	1,45	5,24
103	MH-a	140	0,67	3,71

Table XXII Percentages of LOI 110 and 550 analysis of MH-a-g samples

Samples from different stratigraphic units have been analyzed according to the determination of Organic Carbon (MH-a-g). All results presented in this subsection belong to the samples treated under 550 ° C for four hours. The samples from the Southern (MH-S1-21) and East (MH-E1-20) profiles were not analyzed by this procedure, since they were analyzed according to the determination of Nitrogen and Carbon, covering with them the carbon results.

As can be seen in Tables XXII and XXIII, where all the samples of loose sediment are represented, the highest percentages are concentrated in the levels corresponding to the outer zone of the rock shelter: in samples MH-e to g, whose sample MH-g has the highest percentage of all (6,07%).

In the inner zone, corresponding to the samples MH-a to d, the sample with the lowest percentage of organic carbon is the sample MH-a (3,71%) corresponding to Unit 103. This is in contact with the rocky substratum of the formation of Martinarri's own rock shelter. Two highly differentiated groups were identified in the

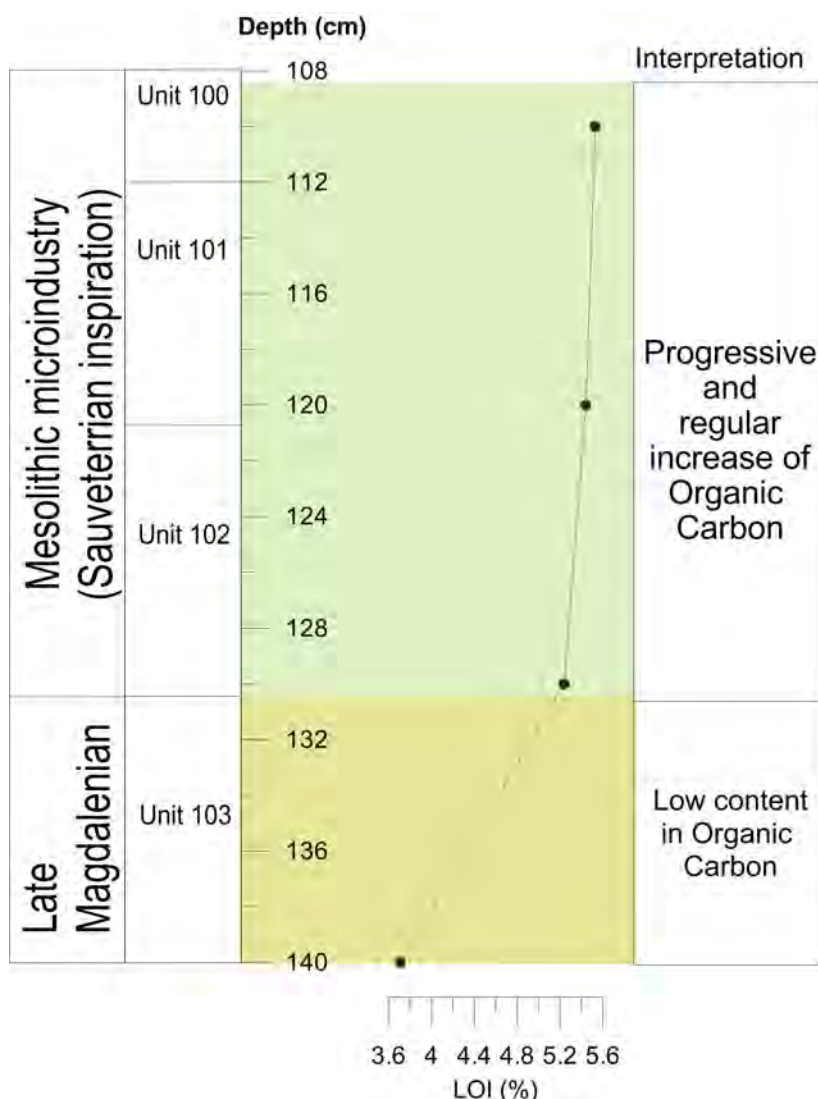


Figure 80 Representation of the percentages of the analyzes of: Determination of Organic Carbon of the samples analyzed: MH-a-g

stratigraphic sequence analyzed (Fig. 80): the first group corresponds to Unit 103. With a very low Carbon content (3,71%). And the second group (Units 102-100) is characterized by a steady and regular rise (5,24-5,53%).

The results obtained from the determination of organic carbon and nitrogen by pyrolysis (organic C was not analyzed by LOI) are presented here in samples from the South and East stratigraphic sections (MH-S1-21 and MH-E1-20) of the outer area of the Martinarri archaeological site (Tables X).

In the **East Court** there is a progressive growth of both carbon and nitrogen from the base to the ceiling of the stratigraphic sequence. In detail, a slight staggering of the

Unit	Samples	Depth (cm)	% C	% N	C/N
A	MH-E20	85	5,93	0,32052	18,50
A	MH-E19	90	5,27	0,27255	19,33
A	MH-E18	95	5,55	0,19846	27,94
A	MH-E17	100	4,55	0,19965	22,79
A	MH-E16	105	4,50	0,16713	26,94
A	MH-E15	110	2,99	0,12558	23,82
B	MH-E14	115	3,97	0,1552	25,58
B	MH-E13	120	2,01	0,11598	17,35
B1	MH-E12	125	2,95	0,12385	23,82
B1	MH-E11	130	3,08	0,13585	22,68
B1	MH-E10	135	2,94	0,12122	24,25
B1	MH-E9	140	2,86	0,09837	29,04
B1	MH-E8	145	3,08	0,09961	30,94
B1	MH-E7	150	2,78	0,08236	33,70
B1	MH-E6	155	1,96	0,04282	45,85
D	MH-E5	160	1,95	0,05221	37,25
D	MH-E4	165	1,96	0,04214	46,49
D	MH-E3	170	1,05	0,0148	70,91
D	MH-E2	175	0,98	0,00648	151,31
D	MH-E1	180	0,77	0,01144	67,15

Unit	Samples	Depth (cm)	% C	% N	C/N
A	MH-S21	80	4,96	0,23876	20,78
A	MH-S20	85	4,89	0,23021	21,24
A	MH-S19	90	3,96	0,14276	27,77
A	MH-S18	95	3,86	0,15147	25,50
A	MH-S17	100	4,18	0,20914	20,01
A	MH-S16	105	3,77	0,18764	20,09
A	MH-S15	110	2,44	0,08682	28,08
B	MH-S14	115	2,30	0,09272	24,84
B	MH-S13	120	2,43	0,09769	24,89
B1	MH-S12	125	2,20	0,08275	26,64
B1	MH-S11	130	2,16	0,07294	29,65
B1	MH-S10	135	2,01	0,05947	33,72
B1	MH-S9	140	1,84	0,07085	25,98
B1	MH-S8	145	1,97	0,06136	32,08
B1	MH-S7	150	1,57	0,04229	37,10
B1	MH-S6	155	1,20	0,02892	41,44
D	MH-S5	160	1,26	0,0342	36,78
D	MH-S4	165	1,14	0,02792	40,95
D	MH-S3	170	0,95	0,02388	39,74
D	MH-S2	175	1,41	0,01305	108,08
D	MH-S1	180	3,15	0,00998	315,45

Table XXIII Results of the determination of Nitrogen and Carbon samples: **a)** MH-E1-20 and **b)** MH-S1-21

values along the D and B1 Units, could be differentiated, which would also have a lower gradient or enrichment rate along the sequence; while from the 120 cm to ceiling, along the Units B and A, the tendency to enrichment is more marked, as well as the dispersion of values.

The highest percentages of nitrogen were found in the sample MH-E20, at the Surface Unit (0,32%) and the lowest percentage in the sample MH-E2 (0,006%). The same is for carbon, the highest content of which is found in the sample MH-E20 (5,93%) and its lowest content in the sample MH-E1 (0,77%). Two phases have been differentiated (Fig. 81):

In the first phase, defined between the samples collected between 180 cm and 120 cm depth, a smooth and gradual increase of C (0,76-3,08%) and N (0,006- 0,13%) that encompasses stratigraphic Units D and B1. It should be noted the high values in C and N (67,15 and 151,31%).

The second phase, between 120 cm and the surface (85 cm) shows a sharp increase of C (ca. 1%) and N (ca. 0,1%) compared to the previous phase and a faster enrichment of both elements, along Units B and A.

4. Martinarri rock shelter

However, there is a decrease in C (2,01-2,99%) and N (0,11-0,12%) in central samples (120 and 110 cm respectively), that is rapidly recovered.

Regarding the C / N ratio, it also shows a gradual decrease in its base-to-ceiling values (17,35-151,31%), and although in a more succinctly way, some “staggerings” could be deduced identified in the organic C register.

The samples of the **South Court** of the outer sector of the Martinarri rock shelter show, like in the E court, a slight tendency toward a higher content of organic C (0,94-4,96%) and N (0,009-0,24%) from base to ceiling of the stratigraphic sequence (Fig. 82); although the two basal samples have very high values, out of this tendency.

A more detailed analysis could, as in the E court, indicate the presence of a lower gradient and some staggering in the C and N values along the D, B and B1 Units; and a bigger tendency towards enrichment and more variable values throughout the practically all of Unit A, the most superficial one. Two phases have been differentiated (Fig. 82):

In the first phase, defined between the samples collected between 180 cm and 110 cm depth, a soft and gradual increase of C (0,94-2,44%) was observed, except for the basal sample (3,15%) and N (0,009-0,097%) that encompasses the stratigraphic Units D, B1 and B. It is worth noting the high C and N values of the two base samples (315,45 and 108,08%).

The second phase, between 110 cm and the surface (80 cm), shows a sharp increase of C (ca. 1%) and N (ca. 0,1%) with respect to the previous phase and a faster enrichment of both elements, along Unit A. However, there was a decrease in C (3,86-3,96%) and N (0,14-0,15%) in central samples (90 and 95 cm) which is quickly recovered.

The C / N ratio presents a gradual descent towards the ceiling of the sequence (20,08-27,77%).

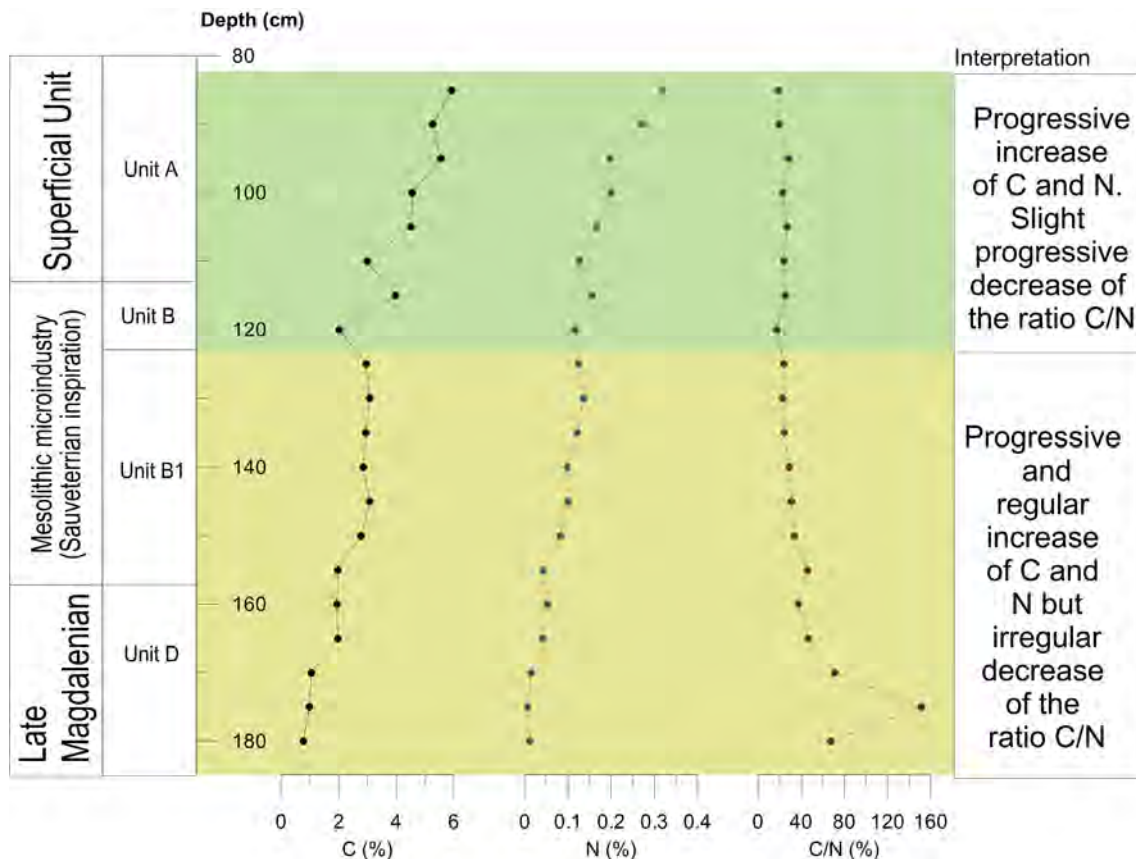


Figure 81 Representation of the percentages of the analyzes of: Determination of Carbon and Nitrogen of the samples analyzed: MH-E-1-20

4.6.6 Data Statistics: Principal Component Analysis

The analytical data obtained have been filtered and analyzed using multivariate statistical methods, principal component analysis (PCA), which allows to delve into its better interpretation. We have analyzed the two profiles sampled from Court E and Court S.

Table XXIV, XXV and XXVI (Appendix Chapter 4-Fig. A5) shows the main components obtained. On the other hand, we have extracted the main component matrix, rotated and non-rotated Tables (XXIV). The weight of each component has been exposed in the different variables (loading).

In the **East Court**, the main component analysis (PCA) has differentiated three main components (PC) (Fig. 83) that explain the 86,92% of the data variance.

4. Martinarri rock shelter

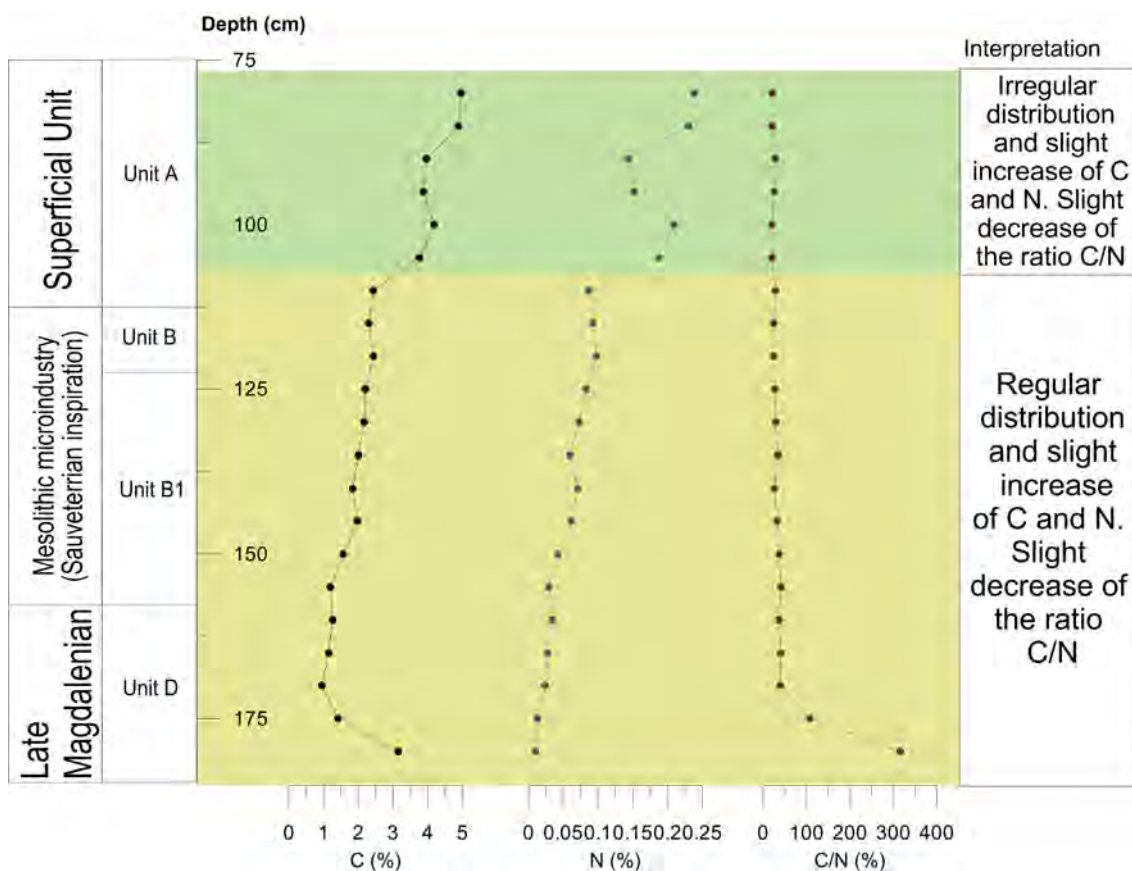


Figure 82 Representation of the percentages of the analyzes of: Determination of Carbon and Nitrogen of the samples analyzed: MH-S-1-21

All of them explain the variance of the different analyzed variables, taking as significantly explained variables those that have a coefficient of correlation higher than 0.7 with some of the PCs.

The PC1 explains the 47,32% of the variance and includes 5 variables with a significant correlation coefficient (ca.> 0.7). 4 of them have high positive correlations: Ca, Mg, Px, Mn, and another, Si, with a negative coefficient. Si, with negative coefficients, indicates the contribution of siliciclastic detrital sediment. This process would be negatively correlated with the presence of carbonated mineral phases (Ca, Mg and Fe) and vegetal organic material and / or phosphates derived from bone fragments (P).

Rotated Component Matrix				Component Matrix			
	Component				Component		
	1	2	3		1	2	3
Ca	0,96	0,03	0,23	Ca	0,96	-0,11	-0,17
Mg	0,93	-0,13	0,27	Mn	0,88	0,33	-0,09
Px	0,84	0,00	0,37	Mg	0,86	0,39	0,04
Mn	0,69	0,62	0,05	N	0,78	-0,07	0,58
Fe	0,65	-0,10	0,73	Ti	0,77	0,30	0,54
Ti	0,45	0,80	0,26	C	0,62	-0,25	0,68
Na	0,32	0,07	0,68	Px	0,52	0,09	-0,76
Al	0,29	-0,25	0,90	Na	0,18	0,42	-0,48
G/A	0,17	-0,79	0,06	Fe	0,01	0,93	-0,26
K	0,09	-0,30	0,92	Si	-0,01	-0,91	-0,09
C	-0,10	0,89	-0,24	Al	-0,35	0,84	0,36
N	-0,14	0,90	-0,29	G/A	-0,57	0,06	0,10
C/N	-0,50	-0,69	0,22	C/N	-0,65	-0,09	0,28
Si	-0,79	0,01	-0,58	K	-0,72	0,56	0,33

Table XXIV Factorial coefficients (the correlations between the variables and the main components) of the variables analyzed (rotated component matrix). The coefficients of the most significant (best explained) variables for each main component are shown in bold **a)** the component matrix and **b)** the rotated component matrix

Component	Initial eigenvalues			Sum of extraction of loads squared		
	Total	% Variance	% accumulated	Total	% Variance	% accumulated
1	6,625	47,323	47,323	6,625	47,323	47,323
2	4,369	31,207	78,530	4,369	31,207	78,530
3	1,175	8,391	86,921	1,175	8,391	86,921

Table XXV Data of total variance explained of the samples analyzed from the deposit: MH-E-1-20

Component	Initial eigenvalues			Sums of rotation of loads squared		
	Total	% Variance	% accumulated	Total	% Variance	% accumulated
1	5,722	40,871	40,871	4,104	29,315	29,315
2	3,347	23,905	64,776	3,937	28,122	57,437
3	2,347	16,764	81,540	3,374	24,102	81,540

Table XXVI Data of total variance explained of the samples analyzed from the deposit: MH-S-1-21

4. Martinarri rock shelter

PC2 accounts for the 31,02% of the variance. The N, C, Ti and Mn present highly positive correlations, while the G / S and C / N ratios, significantly negative correlations. These values suggest that PC2 could indicate the negative correlation between the presence of organic C (C, N) and sediment of fine granulometry, clays, (Ti), and the contribution of coarse sediments (G / S, gravel and sand).

PC3 explains 8,39% of the variance. It presents three variables with very high positive correlations, K, Al and Fe, and a variable with a negative factor coefficient, Si. This PC indicates the addition of fine sediment (clay and silt) composed of clay minerals and / or feldspars (K, Al and Fe) that would be negatively correlated to sedimentation of siliceous sand and gravel (Si).

In the **South Court**, three principal components (PC) (Fig. 84) have been identified, as in Court E, which account for 81,54% of the data variance. All of them explain the variance of the different analyzed variables, taking as significantly explained variables those that have a coefficient of correlation greater than 0.7 with some of the PCs.

PC1 explains 29,35% of the variance and includes 6 variables with a significant correlation coefficient (ca.> 0.7), 5 of them with high positive correlations: Ca, Mn, Mg, N and Ti, and K, with a negative coefficient. The K, with negative coefficients, indicates the relative presence of fine detrital sediment, clay minerals. This process would be negatively correlated with the presence of carbonate mineral phases (Ca) and vegetal organic material and / or phosphates derived from bone fragments (P).

PC2 explains 28,12% of the variance. N, Ti and C present highly positive correlations. These values suggest that PC2 could indicate the relative presence of organic material (organic C, N) and sediment of fine granulometry, clay minerals (Ti).

PC3 accounts for 24,10% of the variance. It presents four variables with very high positive correlations, Fe, Al and K, and one variable with a negative factor coefficient, Si. This PC indicates the addition of fine sediment (clay and silt) composed of minerals of the clay (K, Al and Fe) that would negatively correlate to the sedimentation of sands and siliceous gravels (Si).

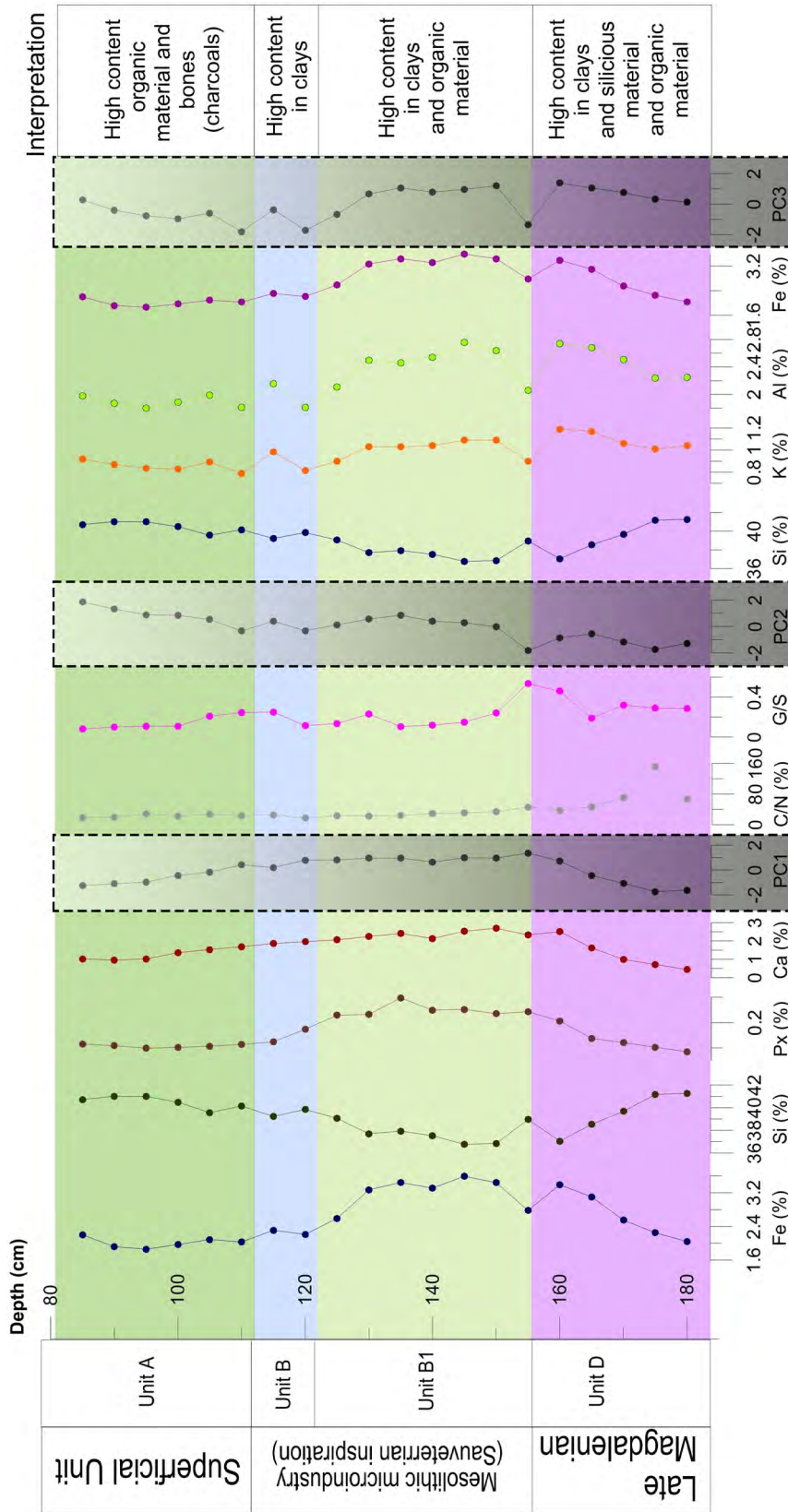


Figure 83 Representation of the evolution along the sequence of the content in the granulometric elements, chemical, organic, etc. most significant and vertical evolution of the factorial scores of the different main components (PC1, PC2 and PC3). The different lithostratigraphic units are distinguished and their interpretation (MH-E1-20)

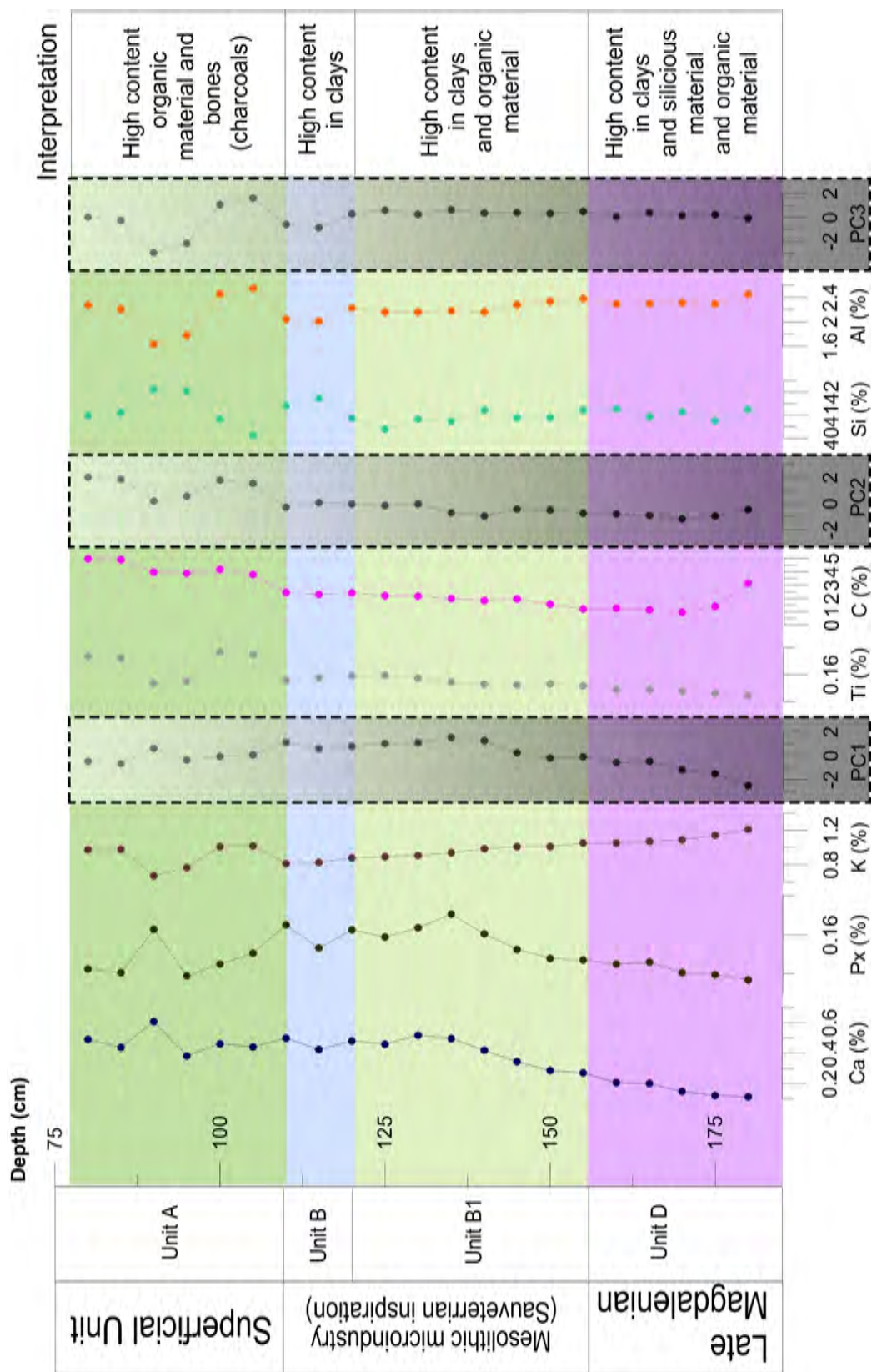


Figure 84 Representation of the evolution along the sequence of the content in the granulometric elements, chemical, organic, etc. Most significant and vertical evolution of the factorial scores of the different main components (PC1, PC2 and PC3). The different lithostratigraphic units are distinguished and their interpretation (MH-S1-21)

4.7 Micromorphological and petrological analysis: Results

The reading of the thin sections from the collection of samples of compact sediment from the Martinarri shelter has given the following results, and will be analyzed in this subsection. In addition, the sandstone component will be studied and characterized in terms of formation and lithology of the material. The stratigraphic sequence of the deposit has a stratigraphic power of about 70 cm inside the shelter and about 90 cm in the outer zone. From there, four samples of compact sediment from the Martinarri site have been extracted. The samples were collected with aluminum profiles and plaster (three samples with a size of 25x6x4 cm and another of 14x6x4 cm) from different areas of the site: East Court of Z1 (Fig. 85), East Court of Z8 (Fig. 87) and the last one in horizontal in the soil of Z6 (Fig. 86). This East Court was chosen both from the interior and the exterior of the shelter, because it is the most representative in terms of units and formation of the Martinarri deposit. The sample collected horizontally located in the border area of the outer and inner zone of the shelter itself, is of a different formation and characteristic whose interest deserves its study.

- **Units 103, 102 and 101** (1 sample of 25x6x4 cm with two thin sections) belong to Magdalenian (103) and Mesolithic (102 and 101) levels.

- **Units 101 and 100** (1 sample of 14x6x4 cm with one thin section) belong to mesolithic levels.

- **Unit B1** (1 sample of 25x6x4 cm with two thin sections) belongs to a mesolithic level. The sample was extracted horizontally, since it is a medium power crust, product of precipitation of calcium carbonate in the edge of the visor of the rock shelter. Separating the inner zone and the outer zone of the Martinarri deposit.

- **Unit B1** (1 sample of 25x6x4 cm with two thin sections) belongs to the outer part and to a mesolithic levels.

The acronyms of the compact sediment sampling were from MH-5 to MH-8 with DOWN and UP division (7 thin sections in total).

The micromorphological study of the thin sections of the different stratigraphic units of the site has allowed us to characterize its components and sedimentary texture (Stoops, 2003). Within the groundmass included in the thin section, we will analyze and identify the elements of coarse fraction in terms of their lithology and composition, classification, shape, sphericity and roundness. On the other hand, we analyze and characterize: the fine fraction around its composition, its different aggregates, the gaps between the groundmass, the internal microstructures, the distribution between the fine and coarse material (c / f distribution), the *b-fabric*, the different pedofeatures and microfacies that take place and form the personality of these archeological soils.

4. Martinarri rock shelter

With all these results obtained from the reading of the thin sections of the Martinarri site, we will be able to make a final interpretation, whose results will be matched with those established and obtained from the other analytics carried out. The entire study is performed from a macroscopic scale to a microscopic scale, analyzing all the components present in our thin sections. The following stratigraphic units of the Martinarri shelter have been analyzed and interpreted:

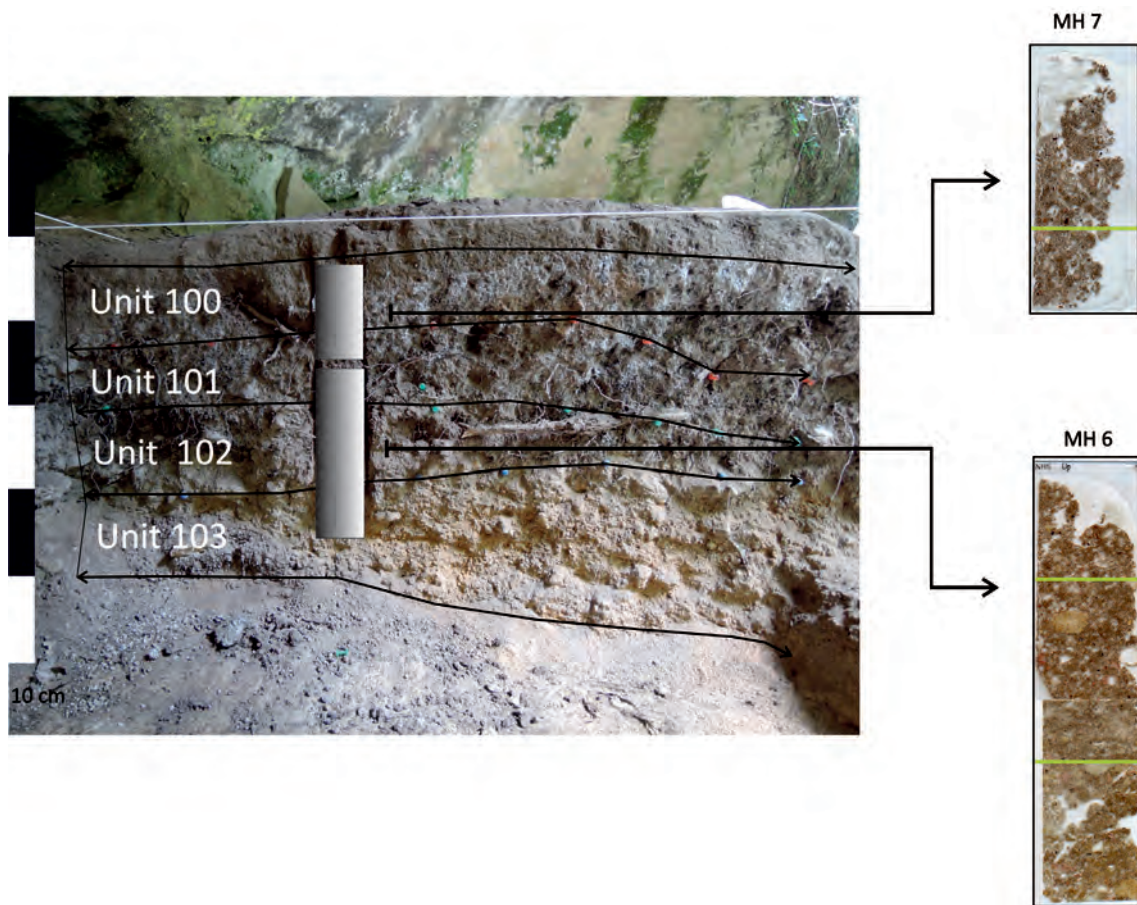
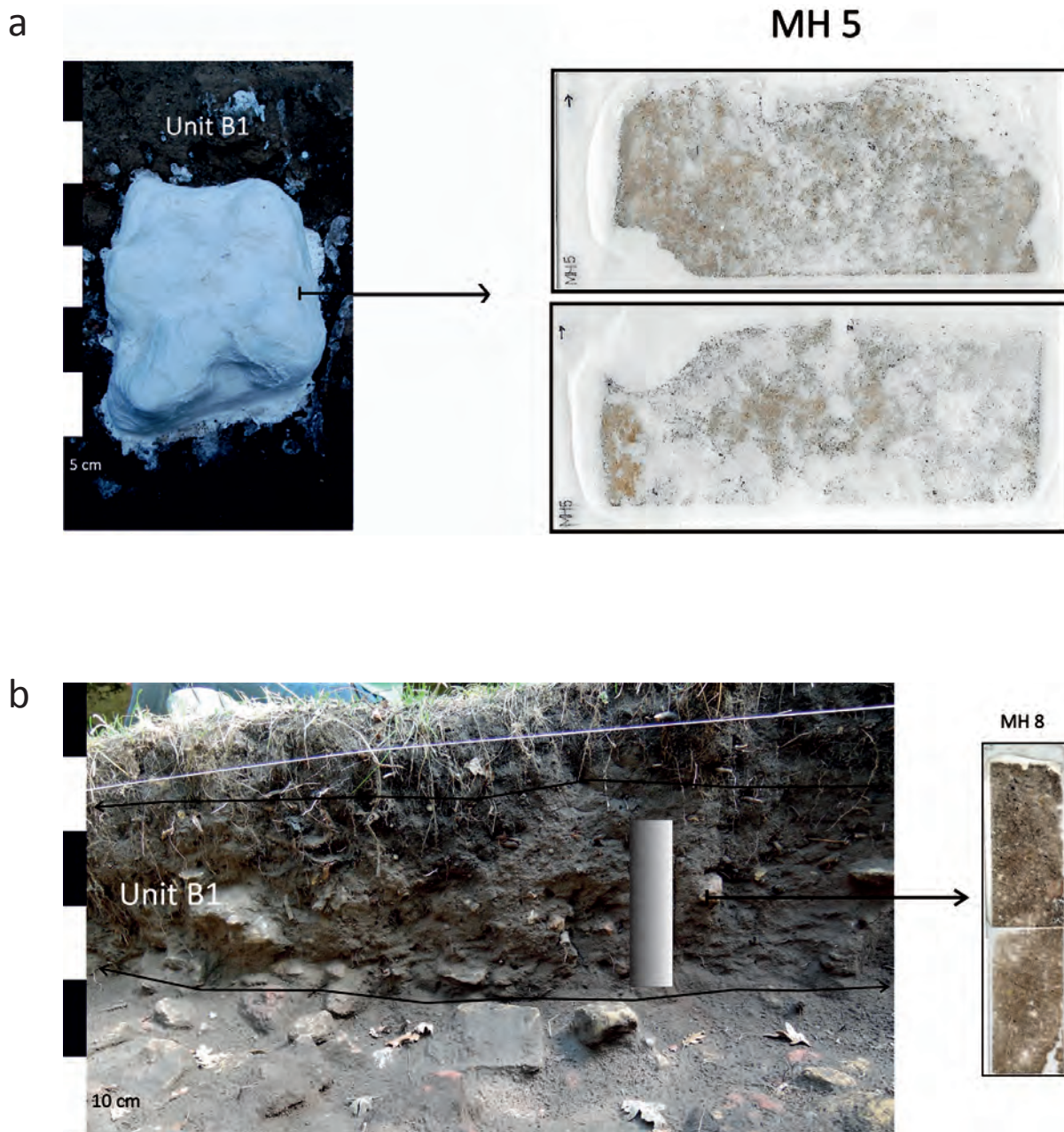


Figure 85 Location of unaltered samples and their respective thin sections of Units 100-103



Figures 86 Location of unaltered samples and their respective thin sections of B1: a) MH-5 and b) MH-8

4.7.1 Unit 103 (*thin sections MH-6 DOWN*)



Figure 87 Scanner for thin sections corresponding to Unit 103

This stratigraphic unit is characterized for detrital material throughout the groundmass of the thin section (Fig. 87). It is also characterized by the fact that it contains a large number of fine particles of organic material, that the majority of the thin section is very heterogeneous, with the participation of bone fragments, charcoals, plant material, etc. This stratigraphic unit is distinguished by its deposits of sand and yellowish silts with a frequency in the anthropogenic contributions as fragments of

bones, charcoals and flint. The carbon component and humic organic material tone down the sedimentary matrix giving dark brown and blackish colorations.

The general groundmass is composed of the same sandy-muddy sedimentary matrix, in which the coarse component is as follows: quartz grains present in the thin section in a disordered manner, their lithology is the same as the sandstone forming the rock shelter, the quartz grains are found with fractures, rounded and with a smooth roughness. The quartz grains are polycrystalline and monocrystalline. On the other hand, the coarse fraction of the sandstone, with presence of fossil component of foraminifera (Fig. 88a, b y c y Fig. 89e), appears in an unordered way in the sedimentary matrix, appears in a round shape and with a very pronounced roughness.

Other coarse components are the siliceous material and fragments of bone very poorly preserved, some of them rusted, in which with the fluorescence we observe that some of the fragments of bone are in the process of dissolution, penetrating in the sedimentary matrix (Fig. 89a and b). Other components are the gastropod shell material, in which we observed degradation of calcium carbonate in some cases and lithic material such as flint (Fig. 89c and d).

On the other hand, we also observe the component of charcoals (some of them have been preserved and could identify the species), that are burned, humic wood and sometimes poorly preserved, in the decomposition phase and incorporation into the sediment matrix (Fig. 89h and i). This material gives dark and blackish colorations to the sediment.

Within the world of charcoals, despite what mentioned above that some of its fragments are well preserved, it is observed that the general dynamic is that the material of charcoals is in a state of decomposition. Its internal cells begin to be replaced by the phosphates or fungal material present in the sedimentary matrix. Inside the organic material, there are particles of small size; some of them are fresh material. And the last of the components are the roots, which generates voids, and which we will later analyze, in the groundmass of the thin section. Some of these roots appear with almost complete conservation and other appears in a state of decomposition and is incorporated into the sedimentary matrix (Fig. 89e and f).

The morphology of the roots is usually common, with some optimum preservation in which the different tissues can be distinguished and identified.

The fine component, observed in the thin sections, is calcitic material, siliceous, clay and small fragments of organic material. The aggregates represented in the thin section are of crumb and granular character that are moderately separate and no accommodated among them.

4. Martinarri rock shelter

The voids between these aggregates are: channels, complex packing voids and *vughs*, representative of the voids left by the organic material, as well as a series of complex void packets. The overall microstructure of the thin section is complex due to the number of void types (*vughs*, channels and voids of complex packing) established in there.

As for the distribution of the coarse and fine component within the groundmass (*c/f* distribution) is of double spaced equal enaulic. In which the fine component forms the aggregates, among them they produce voids between the coarser components. This occurs in a way in which these aggregates do not fill the void of porous space in a complete way.

The *b-fabric* that characterizes the sedimentary matrix is crystallitic, where the calcite component dissolves between the groundmass, in which the calcitic micrite (Fig. 89g), together with the organic material component (Fig. 89e and f) forms the fundamental elements of the sedimentary matrix.

The characterized pedofeatures are calcitic coatings, derived from plant material (death and dissolution of plant material) or from the gastropod component. We have crystalline fillings, especially of calcite, also due to the elements mentions before. There are also typical iron nodules, from the burning product and various thermic treatments as well as the siliceous component of the sandstone itself. Finally, it is observed that the bioturbation activity, by root and earthworm activity, removes the original groundmass (Canti, 2003b).

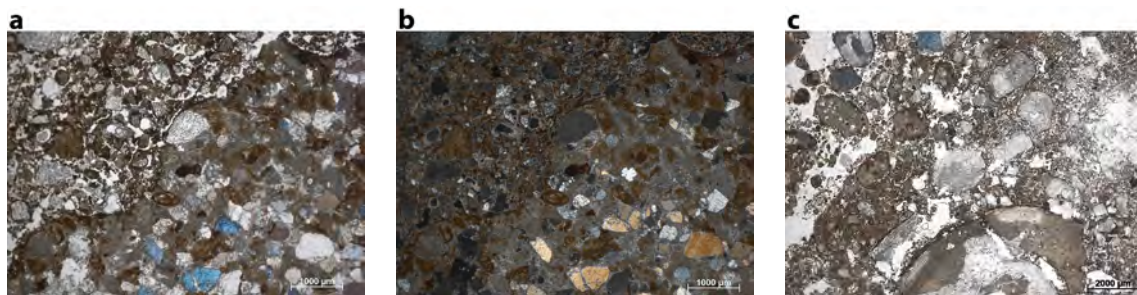


Figure 88 Photomicrograph from Unit 103: **(a)** Detail of weathered sandstone fragment and rich in sand size quartz grains, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL and **(c)** Detail of the groundmass rich in sand size quartz grains and big shell fragment, PPL.

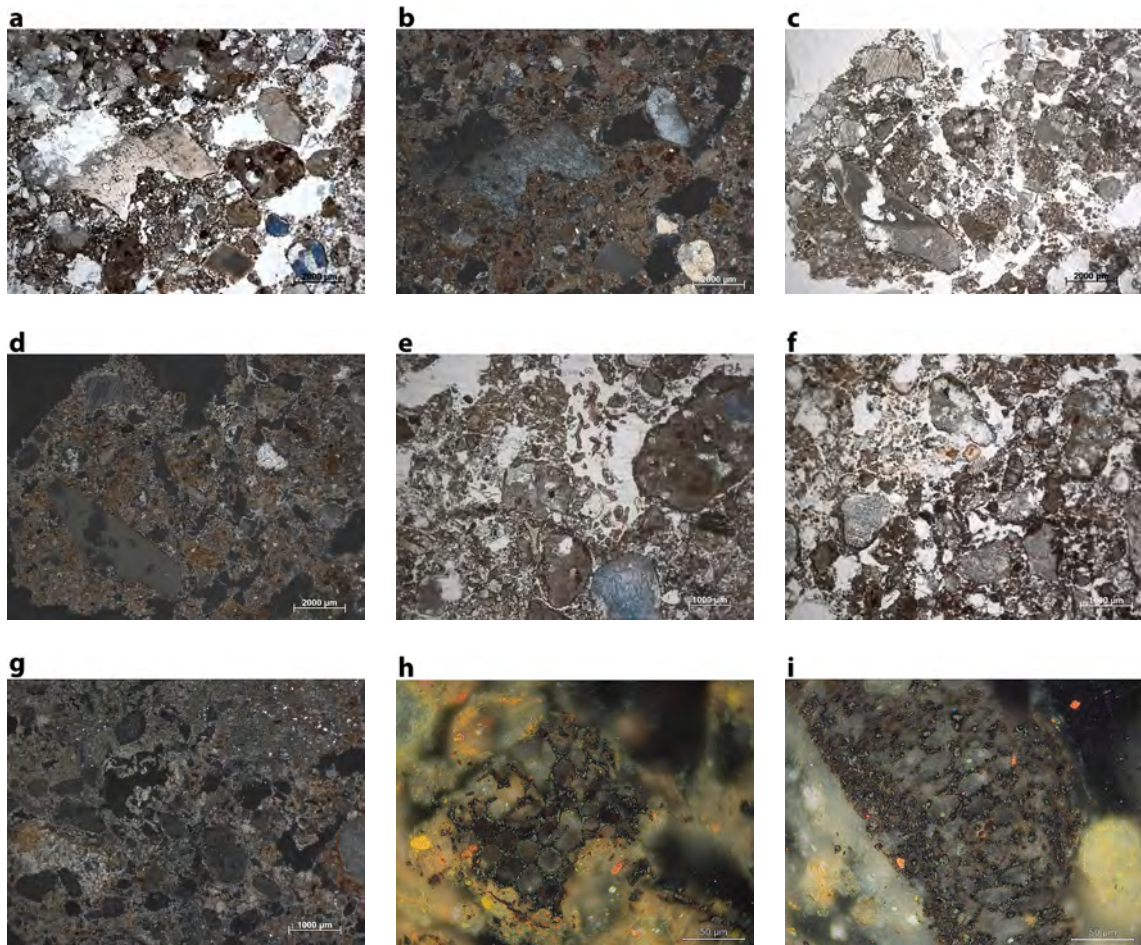


Figure 89 Photomicrograph from Unit 103: **(a)** Detail of reworked groundmass (bioturbation) rich in sand size quartz grains, in the middle part showing a sand size bone fragment, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL; **(c)** View of the groundmass that include a flint fragment in the lower-left part, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e);(f)** and **(g)** Three samples of the groundmass. Note the abundance of porous space due to biogenic activity (bioturbation), include amorphous organic material, microcharcoals and weathered sandstones, PPL and (g) in XPL; **(h)** Detail of charcoal retaining the stronger cellular structure. Note the replace by calcite inside the porous of the charcoal and **(i)** same as (h).

4. Martinarri rock shelter

4.7.2 Unit 102 (thin sections MH-6 DOWN and MH-6 UP)

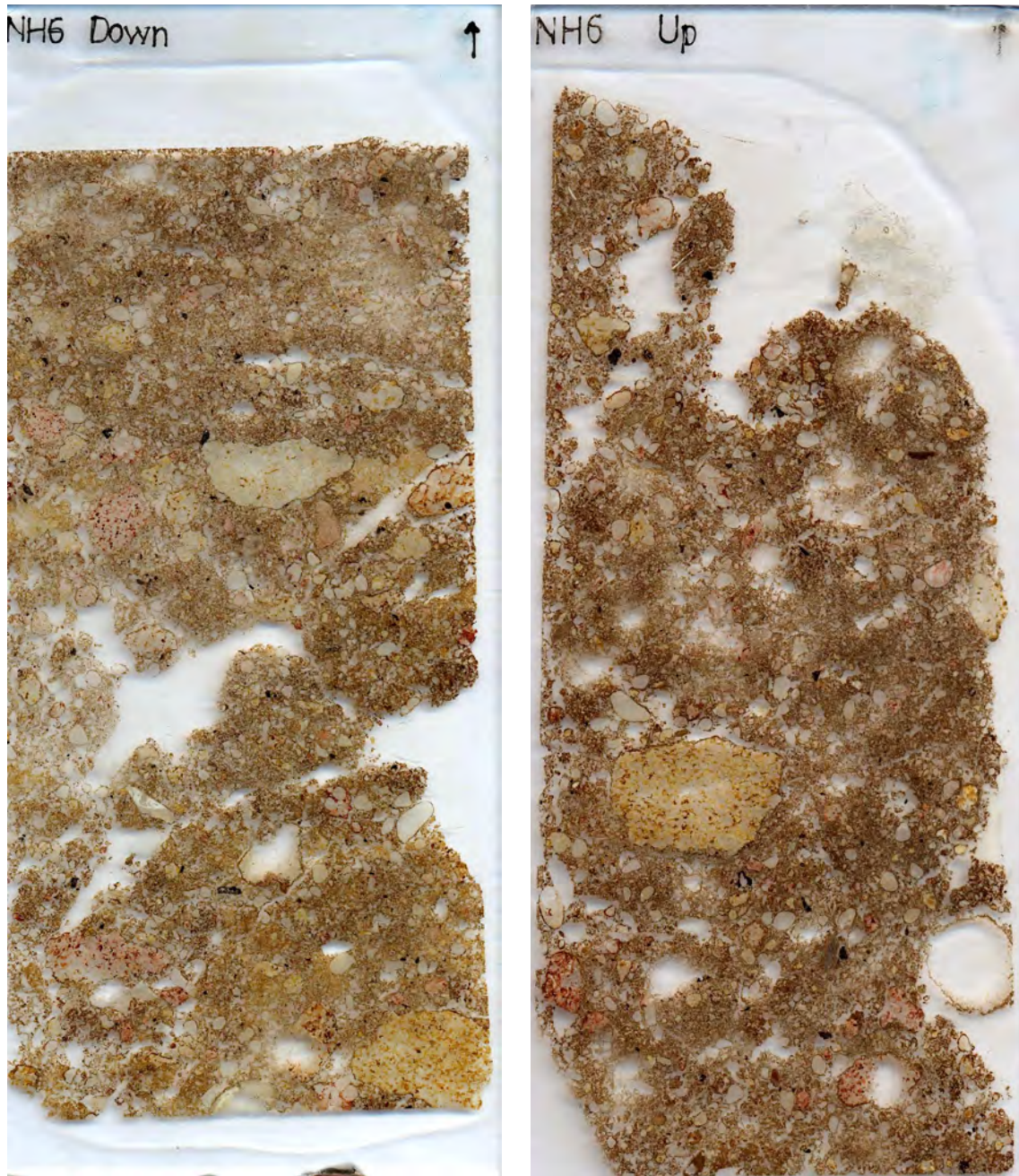


Figure 90 Scanner for thin sections corresponding to Unit 102

This unit belonging to Unit 102 resembles the characters of the previous stratigraphic unit, Unit 103.

The presence of small elements of organic material and plant tissues gives the personality to this stratigraphic unit (Fig. 90). In general the sedimentary matrix is characterized for being porous and of irregular contours, in addition there have been identified ferruginous pellets. It is a humic soil.

Around the identified quartz grains in the thin section, organic material is disposed and sometimes in a ferruginous state (Fig. 91c, d and e).

The groundmass is characterized by its formation of clay and phosphates, this last element is in a second phase in the pores and clusters of the sedimentary matrix. This action comes from the dissolution, not complete, of the bones in the groundmass.

The characters of the MH-6 Down thin section (corresponding to the base of Unit 102) are similar to those of the previous unit, so this analysis and reading of thin section will be done on the this one and also on MH-6 UP. In the groundmass the following components have been identified: the coarse element of the matrix is essentially quartz grains (Fig. 91c, d and e), which appears in an unclassified, rounded and smooth roughness. They are in monocrystalline and polycrystalline state, and occasionally cracked, and always covered with organic material. The next coarse element is the sandstone component (Fig. 91c, d and e), which appears in an unclassified way, with rounded sphericity and roughness between smooth and irregular. In its lithological formation a foraminifera fossil component has been identified. The quartz that appears is related to fragments of sandstone. Other important thicknesses are the bones, whose conservation in many cases is not good, appearing in dissolution and phosphation, penetrating in the matrix. Slightly burnt bone fragments have been identified (Fig 91c and d). Other elements are the charcoals (Fig. 91e and f), of small size. There are two variables of preservation: very good preserving their internal tubular structure and enabling the identification of species, or in a state of decomposition. This material appears in an opaque state, the well preserved cell structure of the original plant is observed if the particles are large enough (FitzPatrick, 1984).

Among the groundmass there have been identified shells of gastropods but not in a very abundant way, in other units their presence will be more significant. Another identified element is lithic, with a flint fragment (Fig. 91e and f).

Finally, the action and activity of the roots were identified (Fig. 91g and h). It also appears in two variants: on the one hand, in a very well conserved state, with roots in a fresh state, they penetrate in the groundmass leaving voids of their own form. On the other hand they appear in a primary phase of decomposition of plant material inside the sedimentary matrix, its internal cellular structure is observed and with a very

low percentage of signs of decomposition, containing small size residues. These roots and their cellular structure are observed with first-order interference colours and non-extinction (FitzPatrick, 1984).

Root morphology has two stages: fresh roots whose section can be identified showing the rhizoliths (Babel, 1975).

On the other hand the organic material remains in a state of strong decomposition (Fig. 91g and h). Consequently, we observe that the sedimentary matrix is characterized by the presence of amorphous elements of plant material. All this is recognized for being associated with other remains of vegetable material and in general isotropism. The small remains of plant material that are in a non-decomposition state, show their internal cells and are shown in primary fluorescence containing a high percentage of residues and fine materials (FitzPatrick, 1984).

The fine material identified in the thin sections reading, is mainly siliceous element, clay, mud, calcite and a big involvement of the fine organic material. The aggregates are characterized by being crumbly and granular, moderately separated and not accommodated to each other. The aggregates are with an irregular shape with rough and non-conforming surfaces, operating in a separate and random manner. The voids between these aggregates are primarily *vughs*, channels and complex packing voids (Stoops, 2003). The genesis of these soils with the union particles presented in a loose state by fine material of particles of roots, organic material and clays, fragments of faecal material, particularly earthworms (FitzPatrick, 1984). All this removes the original soil from the sedimentary record.

Therefore, the general microstructure of this stratigraphic unit is complex with several types of voids and aggregates. And the distribution of fine and coarse material (c / f distribution) is double spaced equal enaulic. In which the larger grains, in this case mostly quartz grains, are covered by sediments forming a bridge structure between them (Stoops, 2003). The general *b-fabric* of the thin section is crystallitic, composed of calcitic micrite. This is represented in almost all the groundmass of this unit. Its origin comes from several origins, such as the component of shells of gastropods, root material and organic material. Finally, the pedofeatures of this stratigraphic unit correspond to calcite coatings, crystallite calcite fillings, nodules of typical iron oxides and finally bioturbation activity by the action of plant tissue remains as well as earthworm activity.

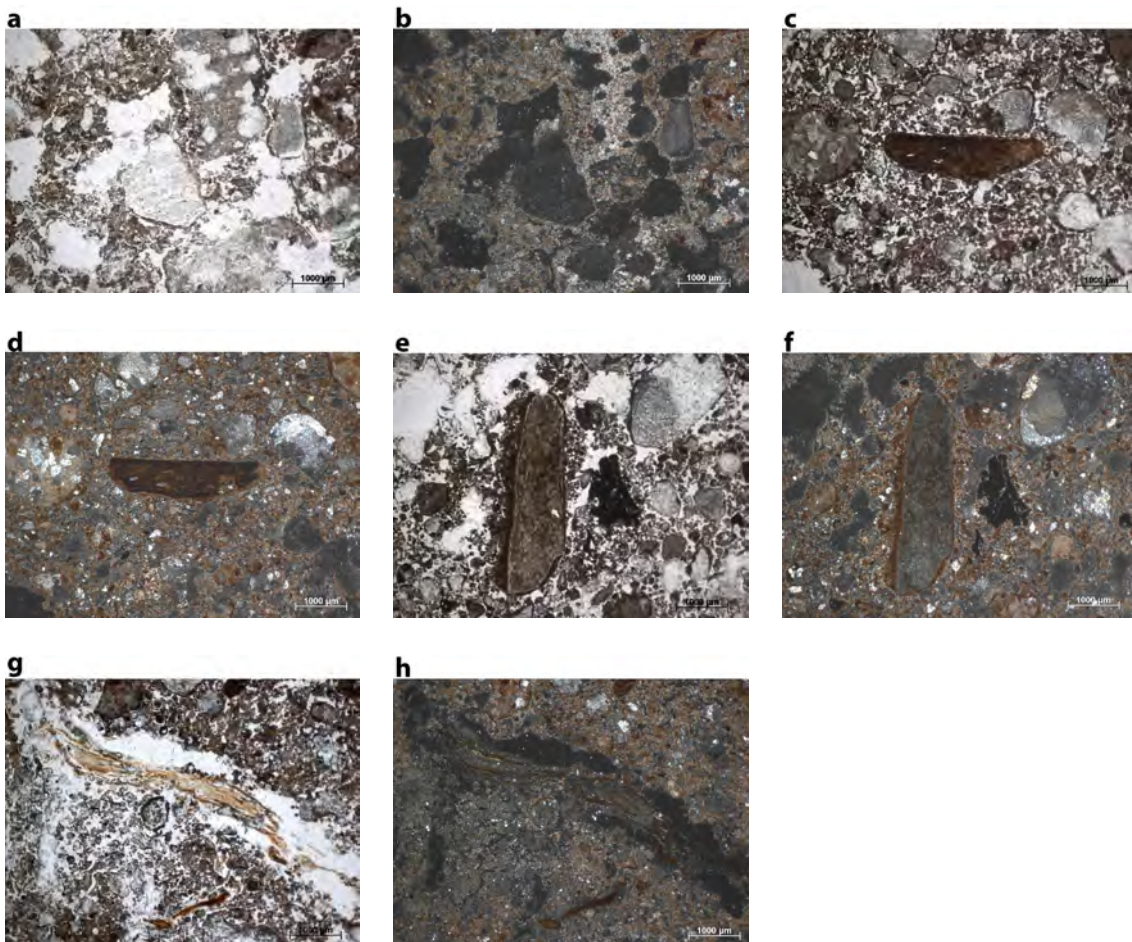


Figure 91 Photomicrograph from Unit 102: **(a)** Accumulation of calcareous matrix showing the reworked calcareous infillings corresponding to bioturbation in the micritic matrix in the middle, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL; **(c)** View of bone fragment partially burned in the groundmass showing weathered sandstone and sand-size quartz grains, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e)** View of flint fragment with clay coating and the presence of a charcoal, microcharcoals and sand-size quartz grains, PPL; **(f)** same as (e) but in XPL; **(g)** Detail of fresh root in section showing the rhizolith and a very advance stage in the decomposition of litter. The organic material occur mainly as brownish granules of amorphous material, PPL; **(h)** same as (g) but in XPL.

4. Martinarri rock shelter

4.7.3 Unit 101 (thin sections MH-6 UP and MH-7) and Unit 100 (thin sections MH-7)

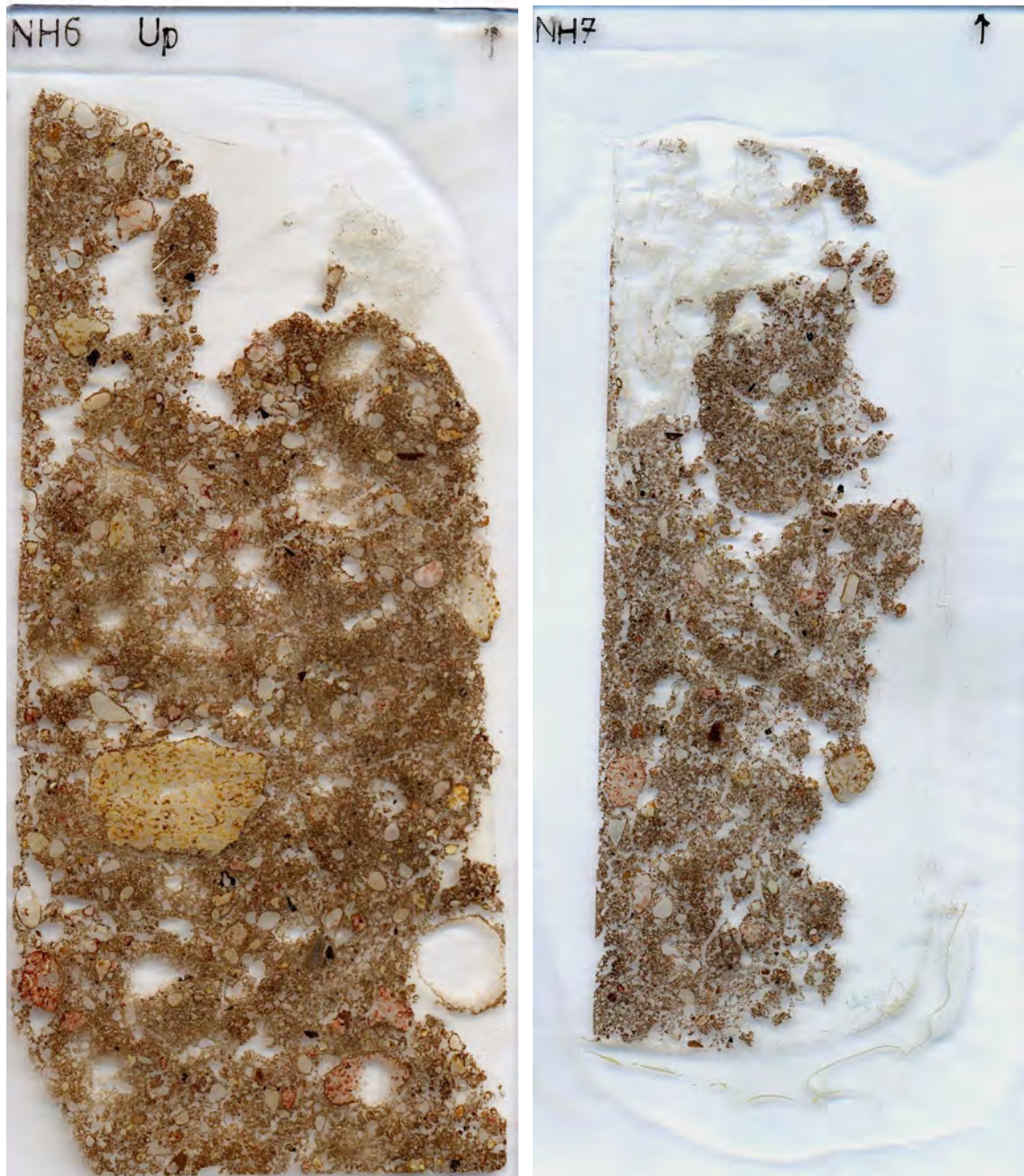


Figure 92 Scanner for thin sections corresponding to Unit 101 and 100

These two units are described together for having similar formative characteristics (Fig. 92). Very similar to the previous sample MH-6 UP but with some singularities in the sample MH-7. So we will focus on the analysis and identification of the groundmass of this sample. These two units present the same characteristics of formation but with some different points that we will treat next.

They are characterized by the same sedimentary matrix as the previous levels, but with a high percentage of bone material, identification of flint material and a higher presence of microcharcoals. The organic material is still present in this stratigraphic unit, characterized by its higher residual component of organic fine material. The fragments of shells of gastropods are also present in this unit with their higher percentages.

The state of conservation of the bone material is significant: it appears in a state of dissolution and phosphation, where this element of phosphates absorbs and penetrates the sedimentary matrix. A series of pollen and spores were identified during reading of the thin section (Fig. 93I).

The groundmass is characterized by the presence of coarse granulometries such as the quartz, in an unclassified and disordered state with no apparent ordering, rounded sphericity and a smooth roughness. There are different monocrystalline and polycrystalline morphologies, coming from the same granulometry of the sandstone fragments of the shelter itself. The next element in the coarse fraction is the sandstone itself (Fig. 93a, b, c and d), coming from the wall and roof of the shelter. It appears in a state of deformation, inserted in the groundmass and closely related to the fraction of quartz present in the sedimentation of the soil. It appears unclassified and with no apparent ordering within the matrix, with a rounded character and with a roughness between smooth and rough, depending on the fragment. The sandstone has in its internal structure the formation of foraminiferous fossils.

On the other hand, one of the notable components within this coarse fraction, are the bone fragments (Fig. 93e, f, h, i and j). Burned bones have been identified (Fig. 93 e and f). But the most significant, as we have said before, is that the bone material appears to be in a very poorly preserved state, in the process of dissolution and with the principle of phosphating the material (Fig. 93h, i and j). It is observed that the phosphate element penetrates through the pores of the sedimentary matrix and fuses with the sediments of the groundmass. All this is more noticeable in the analysis of the microscope under fluorescence. Another identified element is an angular flint fragment whose roughness is smooth (Fig. 93c and d). At this level the coarse charcoals material (Fig. 93a, b and g) appear to be very poorly preserved and highly fragmented (microcharcoals) whose internal structure cannot identify the specific species (Fig. 93a and b) or maintaining the internal cellular structure (Fig 93g). The material appears in XPL and PPL as opaque.

4. Martinarri rock shelter

The gastropod shells (Fig. 93k) are also present at this stratigraphic unit, with very good conservation. A fragment of shell in section with iron oxidation has been identified, being presented in the microscope with a high birefringence.

Finally within the coarse fraction identified in the reading of the thin sections is the root element. That entails; root growth, life and percolation in the groundmass and formation of voids in the matrix, death and decomposition. In the formation of this sediment there are formulated all the states of the vegetal material from the fresh state to the state of strongly decomposed.

On the other hand the remains of the organic material are presented to us in a state of strong decomposition (Fig. 93a, b, c and d). Here, we observe that the sedimentary matrix is characterized by the presence of remains of amorphous elements of plant material. All this is recognized for being associated with other remains of vegetable material and in general isotropism. The small remains of plant material that are in a non-decomposition state show their internal cells and are shown in primary fluorescence containing a high percentage of residues and fine materials (FitzPatrick, 1984). The sedimentary matrix is characterized by the coexistence of these two key elements together with the material of charcoals.

The fine material is characterized by the presence of clays, mud, small particles of organic material and calcite. Calcite is presented in micrite and is closely linked to two factors: the existence of roots, shells of gastropods and ashes attached to the structures of combustion. There are ashes from the burning of wood charcoals according to their calcitic morphology and are birefringent in XPL (Wattez and Courty, 1987).

The aggregates of this sections are mainly crumbly and granular, among them they are moderately separated and not accommodated with each other. The voids identified in this stratigraphic unit are *vughs*, closely related to the activity of the vegetable material and organic component, and complex packing voids due to their different types of voids and channels. So the microstructure is fundamentally complex because of its granular and crumbly character. The relationship between the fine and coarse material (c/f distribution) is identical double spaced enaulic, in which the coarser grains are covered by the sedimentary matrix and form a series of bridging structures interconnecting the grains with each other (Stoops, 2003).). The *b-fabric*, therefore, is crystallitic with the calcium carbonate component as the major structural element of the groundmass. It is presented in the form of a calcitic micrite very closely related to the activity of roots, gastropod shells and finally to the presence of ash.

The fundamental pedofeatures are this presence of calcite filling voids (decomposition of roots), calcite fillings, typical iron nodules and the very pronounced activity of bioturbation by roots and the activity of earthworms that remove the original sediment from the soil (Canti, 2003b).

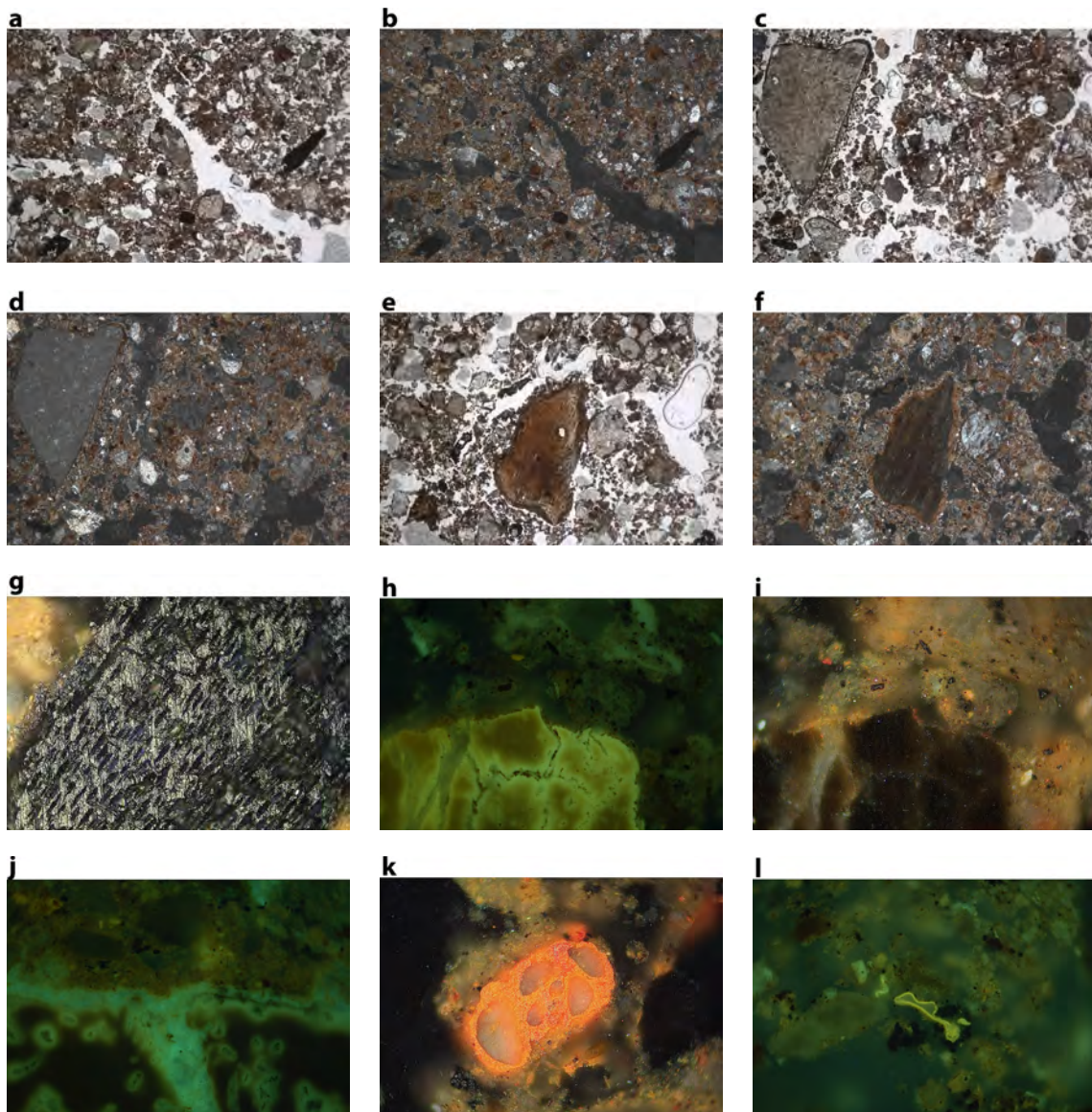


Figure 93 Photomicrograph from Unit 100: **(a)** Detail of the groundmass showing the bioturbation activity and the presence of microcharcoals, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL; **(c)** Detail of angular flint fragment with sand-size quartz grains, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e)** Detail of rounded partial burned bone fragment with sand-size quartz grains, PPL; **(f)** same as (e) but in XPL; Photomicrograph from Unit 101: **(g)** Woody material retaining the cellular structure; **(h)** Bone cracked fragment in dissolution showing the phosphates in the groundmass, in fluorescence; **(i)** same as (h) but in XPL; **(j)** Detail of bone dissolution showing the phosphates in the groundmass, in fluorescence; **(k)** Detail of section shell (maybe gastropod) which contain iron oxides and **(l)** Detail of the groundmass which include phosphates from bone and one modified spore piece, in fluorescence.

4. Martinarri rock shelter

4.7.4 Unit B1 (thin sections MH-8 DOWN and UP)

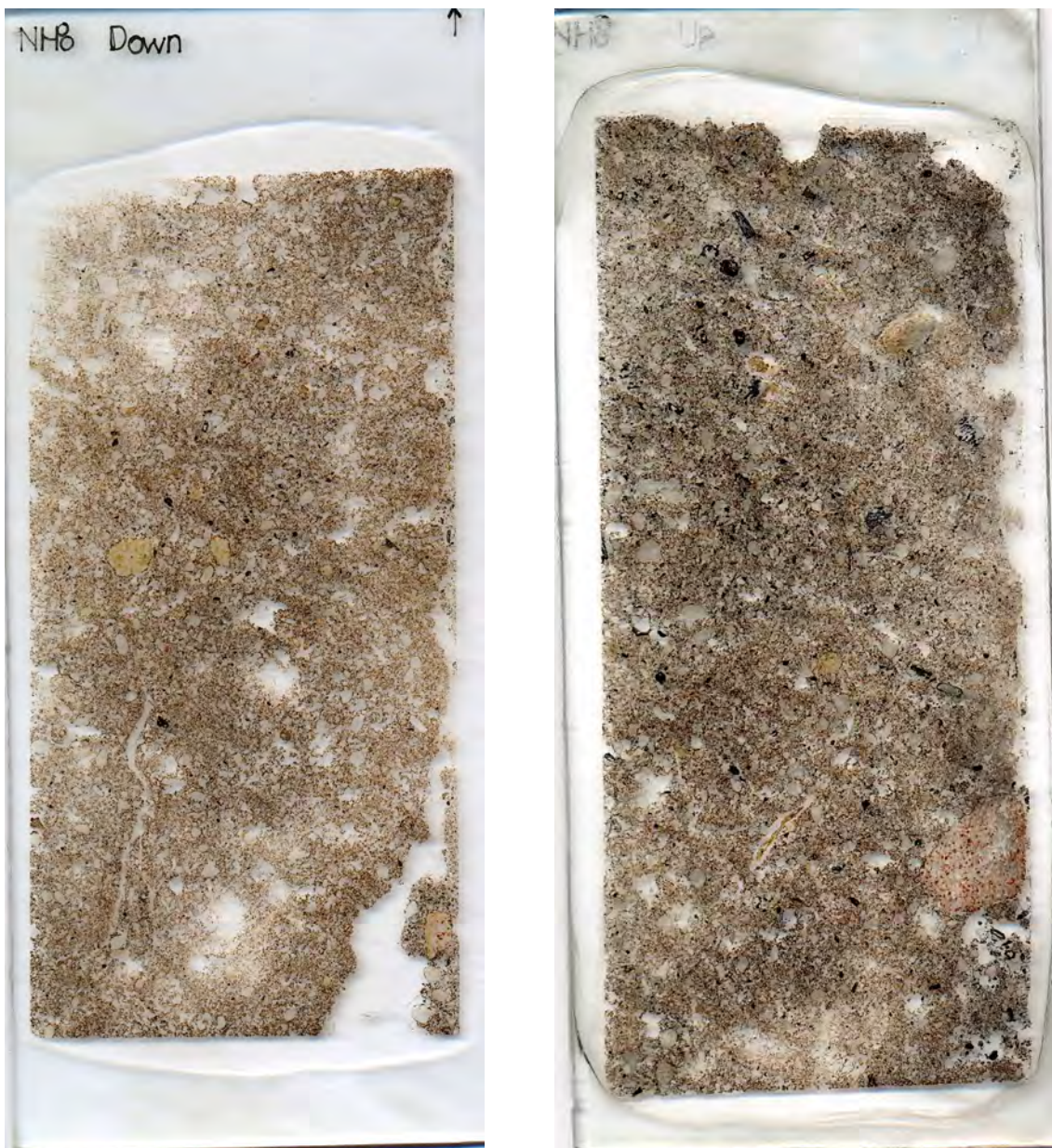


Figure 94 Scanner for thin sections corresponding to Unit B1

In the thin section corresponding to MH-8 DOWN, the sedimentary matrix is characterized by a proportion of mud and clay of very fine character. It is also identified by the high proportion of organic material (Fig. 94) and the numerous tissues in the plant material, which is much larger than in the rest of the stratigraphic units of the inner zone of the shelter. There are aggregate samples of clay of different sizes, the largest samples of wet periods while those of smaller size correspond to drier periods. In general the upper part of the thin section corresponds to a period of better conservation of the plant material, such as roots, while the lower part does not. In any case, the sedimentary matrix of this sample, in general, shows a detritic character.

Within the groundmass the thick component found after reading the thin sections are: on the one hand the quartz grains that appear in the sediment with a random distribution, with a rounded character and with a smooth roughness found in two variants, monocrystalline and polycrystalline (Fig. 95a-h). This quartz component closely linked to the sandstone forming the shelter itself. On the other hand, we find this same element of the sandstone material (Fig. 94) that appears in an unclassified way within the sediments of this stratigraphic unit, its origin we have to find in the wall and ceiling fall of the same shelter, but not in a massive way. It appears in a rounded way and with a roughness ranging from soft to rough.

The next coarse element present in the thin section is the very poorly preserved bone component and in some bone fragment it has been observed that there has been a heat treatment (Fig. 95k and 1 and Fig. 96e). Several fragments of bone are shown distributed throughout the middle part towards the base of the thin section very poorly preserved, which explains the phosphation observed through the fluorescence. These fragments are in a highly corroded state (Fig. 95i-1).

In the sedimentary matrix an aggregate with different components has been identified: the black opaque color belongs to the carbon material (Fig. 95a-h and Fig. 96a-d and f-i) of a small size generally (microcharcoals) (Fig. 95a-h and Fig. 96b and c), and near this aggregate there are very small fragments of bones. These bone elements have been dissolving and from there the phosphates have corroded the carbon and have been filling the voids of their cellular structure (as we shall see in the case of the charcoals later) and replacing them with the phosphates (Fig. 96h e-i). On the other hand, there is the action of the fungal material, which attacks the original tissue (Fig. 96g). These two elements destroy the original structure of the tissue and replace it by incorporating it into the sediment (Fig. 96k).

The other element of the coarse fraction is the carbon material. It is an opaque material seen through the microscope; we can see in some cases the internal cellular structure of the original plant when the particles are large enough (FitzPatrick, 1984).

As we said earlier, besides some fragments of charcoal are in very good condition, there is another poor conservation of charcoal material. In which the internal tissue is affected by the phosphates, coming from the bone material, replaces those voids and destroys the internal structure of the charcoal making it disappear, but not in its entirety. Within the sedimentary matrix we see very small charcoal fragments (microcharcoals) that are inserted into the groundmass. This is surely coming from that replacement of the phosphates and destruction of the original structure of the charcoal.

Finally, the presence of roots (Fig. 96j and l) and all that this entails (life and growth of the root, activity, formation of voids in the matrix, root death and decomposition) are recognized. The presence of the roots and their activity are part and a key element in the formation of these soils. Also the roots are affected by this amount of phosphates present in the sediment, filling the voids of the original cell structure (Fig. 96l). A humification of the tissue is observed. This plant material is found in three states; fresh, strongly decomposed and in the carbon state. The last of them has already been developed and the strongly decomposed material will be analyzed according to the fine fraction found in the groundmass. In the fresh material, inside the organic material, one can observe the internal cellular structure and with a few degrees of decomposition. Some parts show first-order interference colours (FitzPatrick, 1984). The morphology observed in the roots is the common one, in which one can identify: the *epidermis* that is the external part found in young parts of the plants and not very resistant and *cortex* with all its internal cellular structures (Babel, 1975). And as we have already seen is affected in some moments by the presence of phosphates, coming from the bone material.

In the case of the sample MH-8 UP, is similar to the previous sample with the difference that the material appears better conserved and also appears a microfacies with a very high percentage of carbon. In addition, we have an archaeological record related to human activity, in the form of fragments of flint (Fig. 95d-h). A high percentage of iron oxides also appear in the lower part of the thin section. The fractions of bones of very small size and appear with a better preservation than in the previous samples, although we observed a bone fragment with presence of manganese, present in the analyzes of diffraction and X-ray fluorescence. In any case, the presence of bones is not very abundant in this sample, probably due to the presence of phosphates in the sedimentary matrix, and to the dissolution of the bone material. As for the other elements the structure, shape and percentages are similar to the previous sample. The two samples of MH-8 DOWN and UP present carbon material with different shades of light gray to black in their internal structure (Fig. 96f). It shows that the heat of the fire is not constant (this situation is perhaps because these fragments do not come from the central zone of the combustion structure and come from its surroundings). Even so, observing the different pedofeatures and the situation outside the shelter of these soils, exposed to the variables of meteorology and temperatures, there is not a very good situation for the realization of fire by the state of humidity, reason why there are no

good conditions (Stahlschmidt *et al*, 2015). In addition to this action, as there has been seen with the reading of thin sections, the fungal material attacks our organic material before the realization of the fire. This fungal material ends with many of the property of the plant material, which is bad for the combustion.

The two samples analyzed and representing Unit B1 are characterized by having in their fine fraction material clays, mud, calcite and small particles of organic material. The participation of the calcite in this stratigraphic unit is much more minority also comparing with the results obtained in X-ray diffraction and X-ray fluorescence. In this stratigraphic unit although microcharcoal remains have been found, no remains of ashes have been found. That can be due to the loss of the ash components in these stratigraphic units either for wind reasons, since we are talking about a settlement in open shelter, and on the other hand may be due to the chemical dissolution making it disappear or filter through the sedimentary record at lower levels.

The majority fraction observed in the reading of these thin sections is the sands fraction and the group of clays and mud being more representative in the deeper samples of the inner area of the Martinarri shelter, all coinciding with the granulometric analysis. As for the particles of organic material, they appear in a heterogeneous and detritic form. The groundmass of this stratigraphic unit works basically by the formation of the sedimentary matrix of sand, mud and clays, along with the presence of the fine organic material.

The aggregates present are crumbly and granular, moderately separated and not accommodated. There is presence of iron aggregates that are of secondary position, inside the aggregate there is no presence of organic material, present in other elements. The voids between the matrix and these aggregates are *vughs*, channels and voids of complex packing, their formation and development is characteristic of the activity of bioturbation by root activity and activity of earthworms. The microstructure is therefore complex in which the relationship between the coarse element and the fine element present in the groundmass (c/f distribution) is identical double spaced enaulic. The grains are covered by part of the sediment whose grains are united by a system of bridges (Stoops, 2003).

The exposed *b-fabric* is crystallitic with calcium carbonate but in a very low proportion compared to the previous stratigraphic units. Probably from the activity and decomposition of roots, the presence of shells of gastropods, whose calcitic material has percolated through the sediment until reaching deeper levels within the sedimentary sequence.

The most important pedofeatures are the presence of typical iron nodules, calcite fillings and, lastly, the activity of bioturbation by roots and earthworms that remove the original sediments from our archaeological site of Martinarri.

4. Martinarri rock shelter

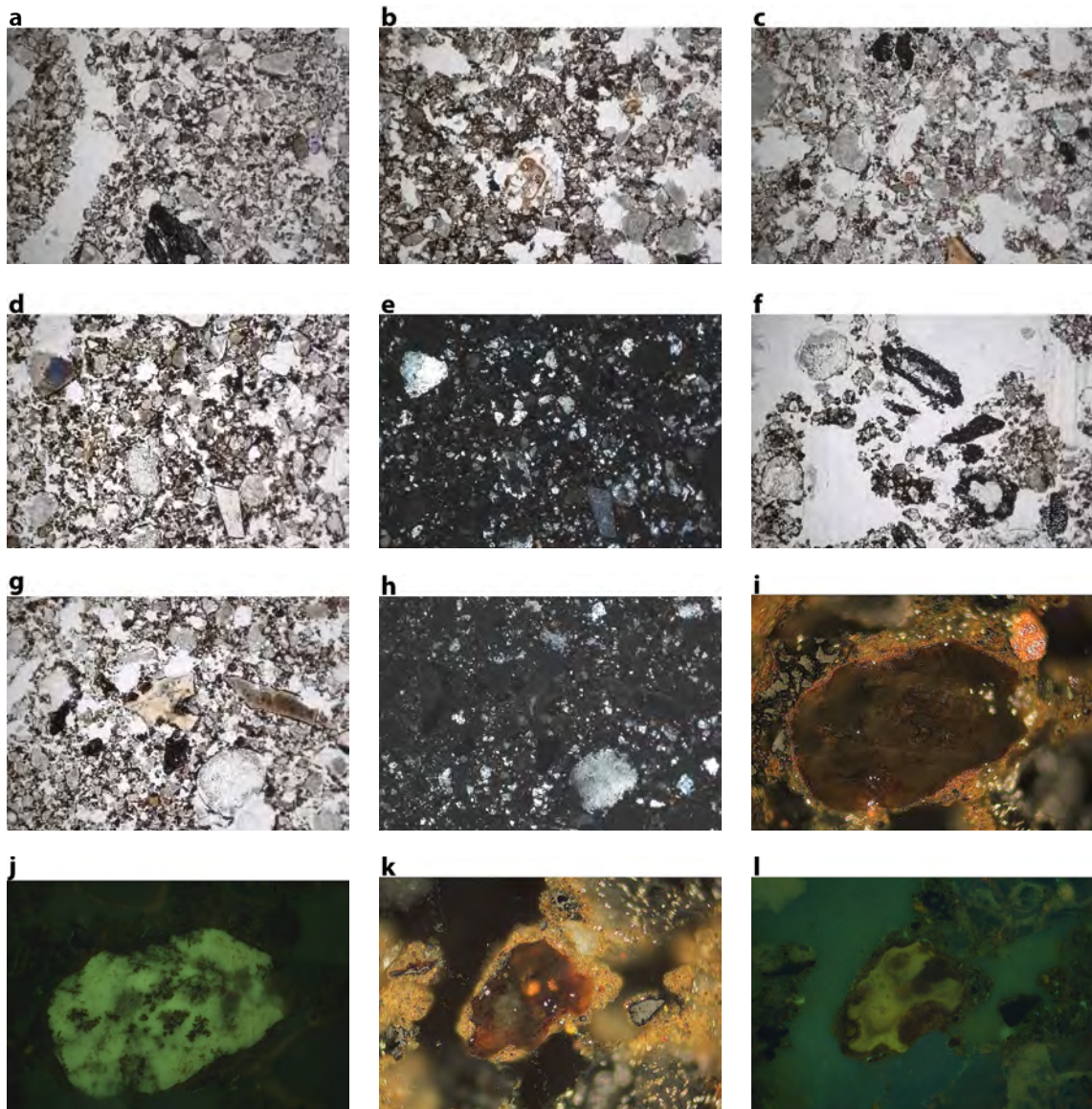


Figure 95 Photomicrograph from Unit B1: **(a); (b)** and **(c)** Three microphotographs showing the presence microcharcoals, bone fragments, amorphous organic material and sand-size quartz grains, PPL; **(d)** View of angular flint fragment in the lower part and the groundmass with microcharcoals; **(e)** same as (d) but in XPL; **(f)** View of the porosity in the groundmass (bioturbation) which include charcoals which some charcoals are retaining the cellular plant structure, PPL; **(g)** Groundmass which include sand-size quartz grains, bones fragments and a flint fragment, showing the porosity of the sediment (bioturbation), PPL; **(h)** same as (g) but in XPL; **(i)** Detail of bone fragment affected by biological activity (manganese); **(j)** Detail of bone fragment affected by biological activity with dendritic blackish (manganese), in fluorescence; **(k)** Detail of heterogeneous burned bone with microcharcoals surrounding and **(l)** same as (k) but in fluorescence.

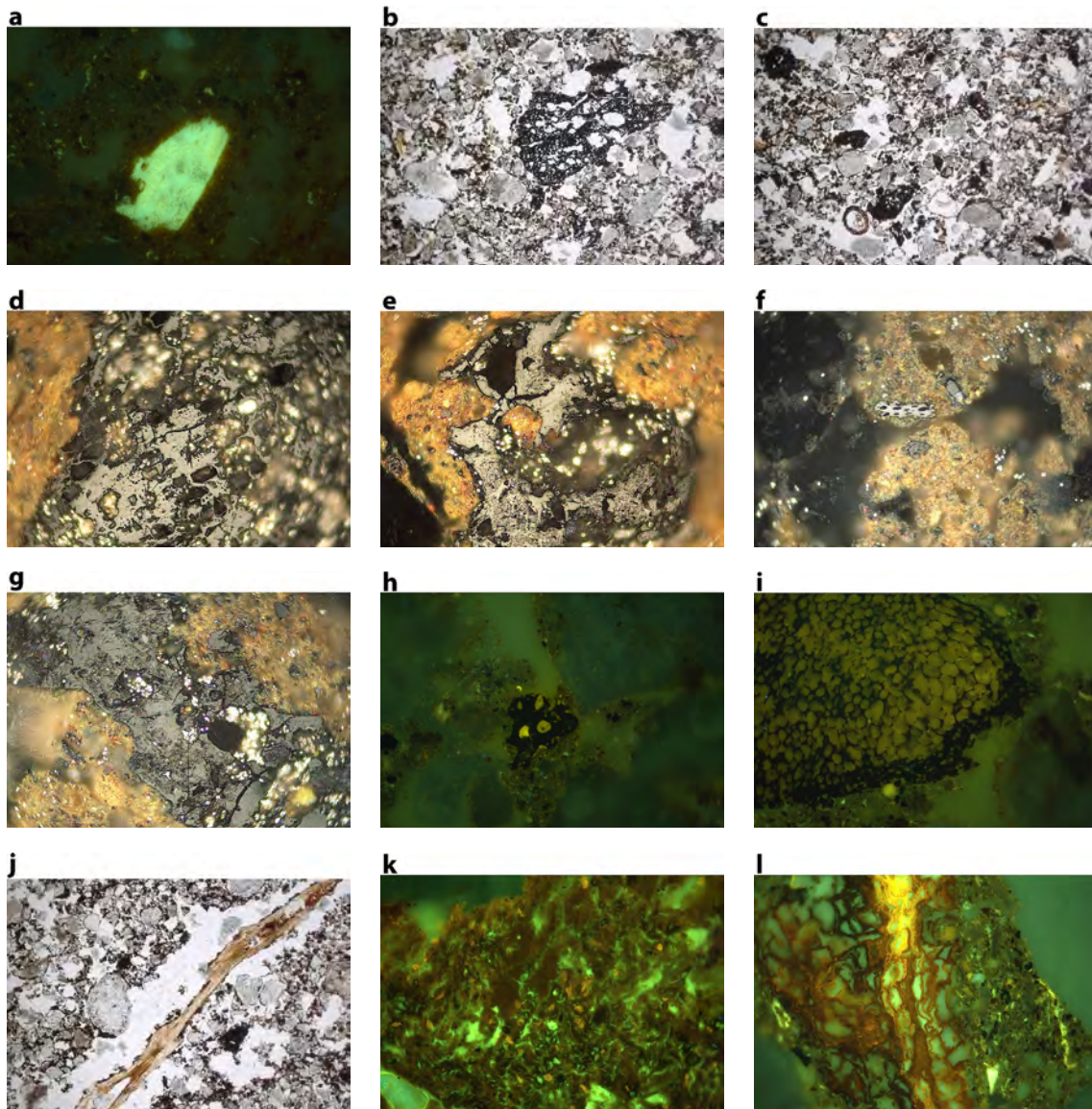


Figure 96 Photomicrograph from Unit B1: **(a)** View of bone fragment with high fluorescece, showing the inclusions of phosphates in the groundmass, in fluorescense; **(b)** and **(c)** Two microphotopgraphs showing the presence microcharcoals, bone fragments, amorphous organic material, fresh roots and sand-size quartz grains in a porosity groundmass, PPL; **(d)** View of charcoal that are fusinite retaining the cellular structure; **(e)** Detail of fat derived char in the groundmass; **(f)** Detail of different charcoals, fusinite with high reflectance (almost whitish) and semifusinite with lower reflectance (greyish); **(g)** View of humic material (woody); **(h)** Detail of woody material with phosphates inclusions in the porous; **(i)** View of the replacement of the woody material by the phosphates inside the porous, in fluorescense; **(j)** Detail of fresh root in section showing the rhizolith, microcharcoals and sand-size quartz grains, PPL; **(k)** Groundmass with clay matrix, phosphates from bones and amorphous organic material in brownish and **(l)** Detail of fresh root retaining the cellular estructura.

4. Martinarri rock shelter

4.7.5 Unit B1 (thin section MH-5)

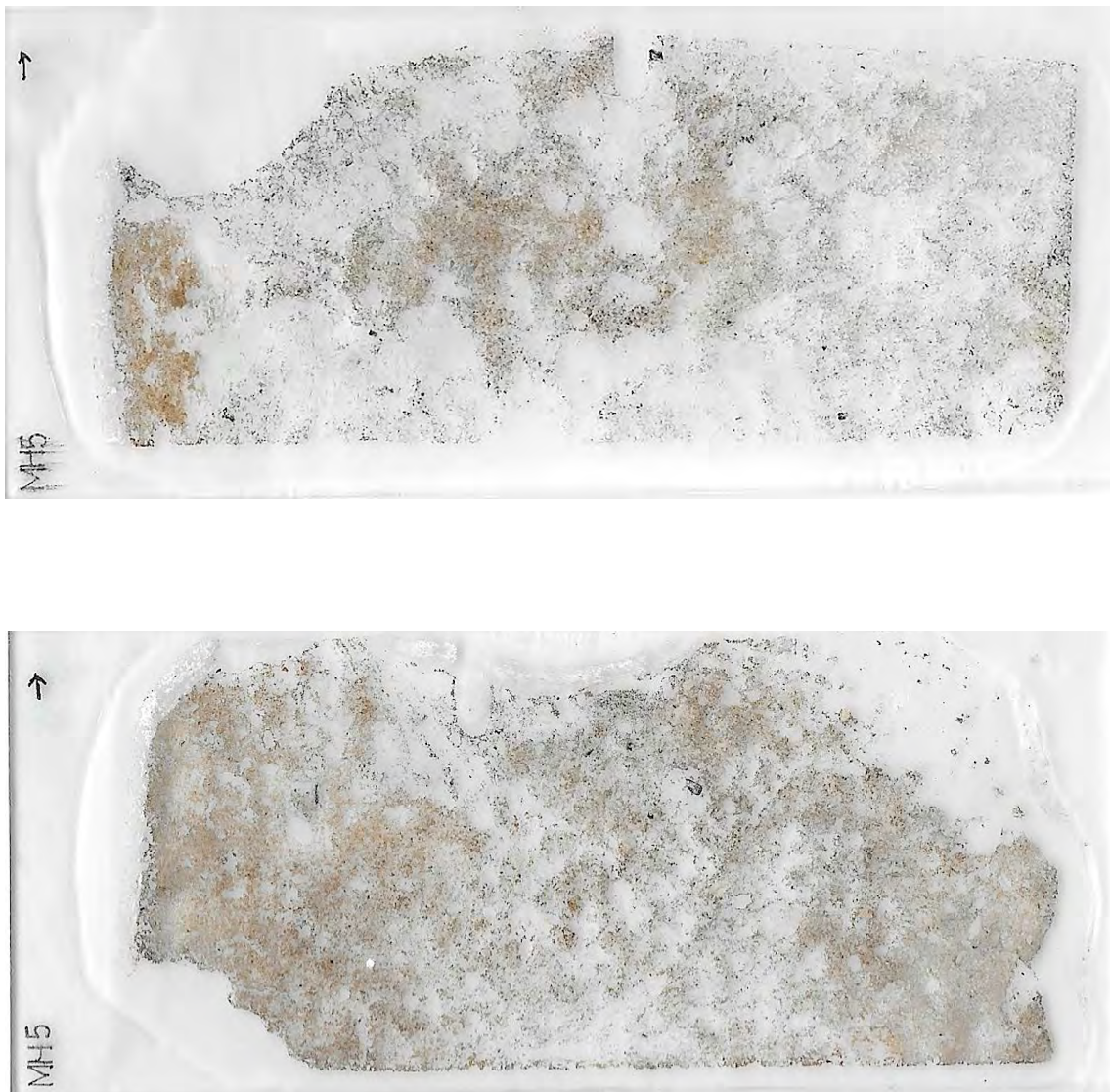


Figure 97 Scanner for thin sections corresponding to Unit B1

This unit corresponds to calcite crust (with a power of about five centimeters), derived from the precipitation of calcium carbonate (Fig. 97) and covering a specific area of the deposit. This corresponds to the limit zone of the visor of the shelter. This area is characterized by granular sediment and presence of very small pebbles. Its lithology is the grains of quartz and sandstone from the very formation of the rock shelter.

In the groundmass and within the components in the coarse material we have identified the following elements: the most abundant material is quartz with a subrounded and subspherical character and whose roughness is smooth (Fig. 98a, b, c and d). It appears in a monocrystalline and polycrystalline state. Another of the coarse components is the bone material (Fig. 98e). Only one fragment has been identified whose character is in a state of good conservation. It could belong to a microfauna bone. Roots have also been identified in thin section (Fig. 98i). Finally, some charcoal fragments have been found (Fig. 98i). These are small in size (microcharcoals) and have a poor conservation character. Many elements of anthropic character have not been found in this sector, either due to percolation or dissolution of the material or absence of it. In the fine component of the groundmass, the following materials have been identified: calcite, clays and mud and organic particles of very small size.

The aggregates present in the groundmass are crumbly and granular, moderately separated and not accommodated. The voids within the groundmass are of *vughs* and voids of complex packing. The microstructure of this entire thin section is complex, in which two types of voids are intermixed.

The distribution of the coarse and fine component (c/f distribution) is enaulic equal double spacing. In this system the fine component forms the aggregates, between them they produce voids between the coarser components. Consequently these aggregates do not fill the void of porous space in a complete way.

The *b-fabric* of this thin section is crystallitic, whose calcite component characterizes it. It is identified in a greater proportion than in the rest of thin sheets. All this because this zone suffered constant drips, coinciding with the limit of the visor of the own shelter.

The pedofeatures that characterize this area are the presence of coatings and fillings of crystals of calcite as well as the bioturbation by the activity of roots and the water activity (precipitation and percolation). This water activity is reflected in the quartz grains and their disposition concentrated in several zones (Fig. 98c and d). As well as lamination with different coloration (Fig. 98k and l).

This plant material is found in three states; fresh, strongly decomposed and in the carbon state. The three elements appear in a detritic state and of quasi decomposition and attached to the groundmass. In the fresh material, inside the organic material, one

4. Martinarri rock shelter

can observe the internal cellular structure and with a few degrees of decomposition. Some parts show first-order interference colors (FitzPatrick, 1984).

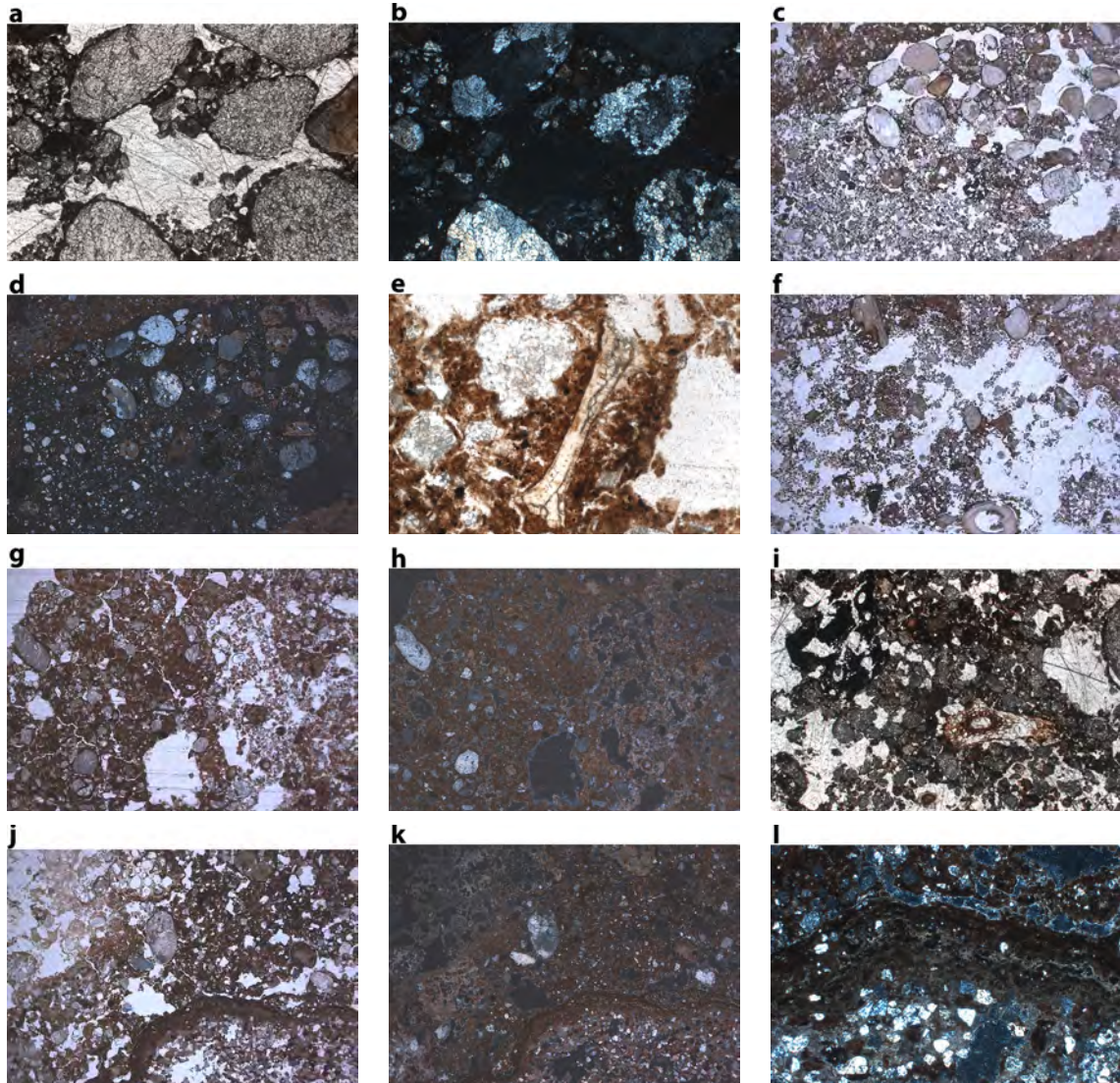
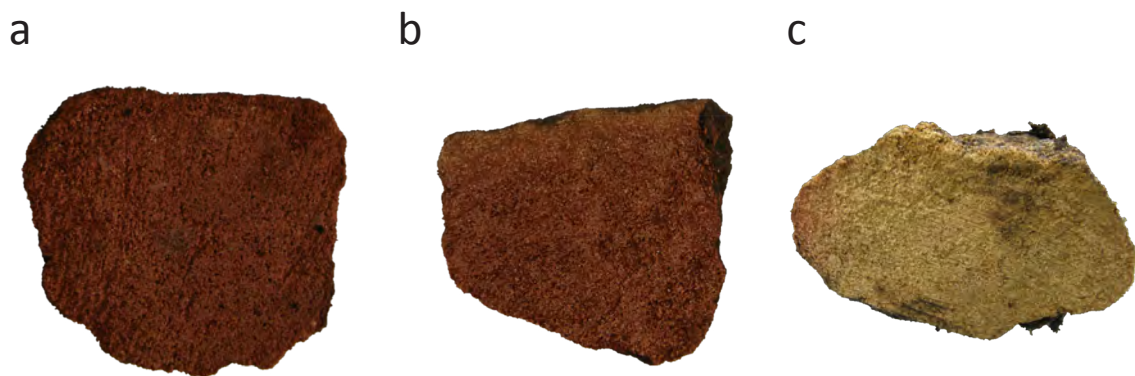


Figure 98 Photomicrograph from Unit B1: **(a)** View of weathered rounded sand-size quartz grains, PPL; **(b)** same as (a) but in XPL; **(c)** Detail of the reworked groundmass by water, showing the rounded quartz grains and the porosity of the sediments, PPL; **(d)** same as (c) but in XPL; **(e)** Detail of cracked bone fragment (maybe from mesofauna), PPL; **(f)** and **(g)** View of the porosity of the sediments, weathered quartz grains and shells; **(h)** same as (g) but in XPL; **(i)** Detail of fresh root in section and a very advance stage in the decomposition of litter. The organic material occur mainly as brownish granules of amorphous material, PPL; **(j)**, **(k)** and **(l)** Detail of the stromatolytic crust (lamination structure and different colours).

In the thin section we see that some parts of the roots can be clearly identified because it has been preserved almost intact (Fig 98i). In some cases it appears in a detritit state (Fig 98e). Generally the peculiarities of these stratigraphic units are that the agent of organic material is fundamental in the formation of these archeological soils. In the sedimentary units of this type the organic material is a fundamental element, and its development and form of deposition has much to do with the developed anthropic activity.

4.7.6 Petrological analysis

For this study we have sampled three rubefactant sandstone pebbles identified during the excavation process (Fig. 99).



Figures 99 Rubefactant sandstone pebbles en section: **a)** MH-Y10, **b)** MH-Z8-1a-b and **c)** MH-Z8-2a-b

These three sandstone pebbles come from Unit B1 of the Y10 and Z8 squares. Of these three sandstone pebbles thin sections have been made. This was in the laboratory of Sedimentary Petrology of the Department of Mineralogy and Petrology of the UPV/EHU. In total, five thin sections (Fig. 100) have been chosen, choosing the most characteristic sandstone zones that can be represented in a microscope observation thin section.

The acronym of these thin sections of the sandstone pebbles are:

- 1st Pebble: MH-Y10 (1 thin section).
- 2º Pebble: MH-Z8-1a and 1b (2 thin sections).
- 3er Pebble: MH-Z8-2a and 2b (thin sections).

4. Martinarri rock shelter

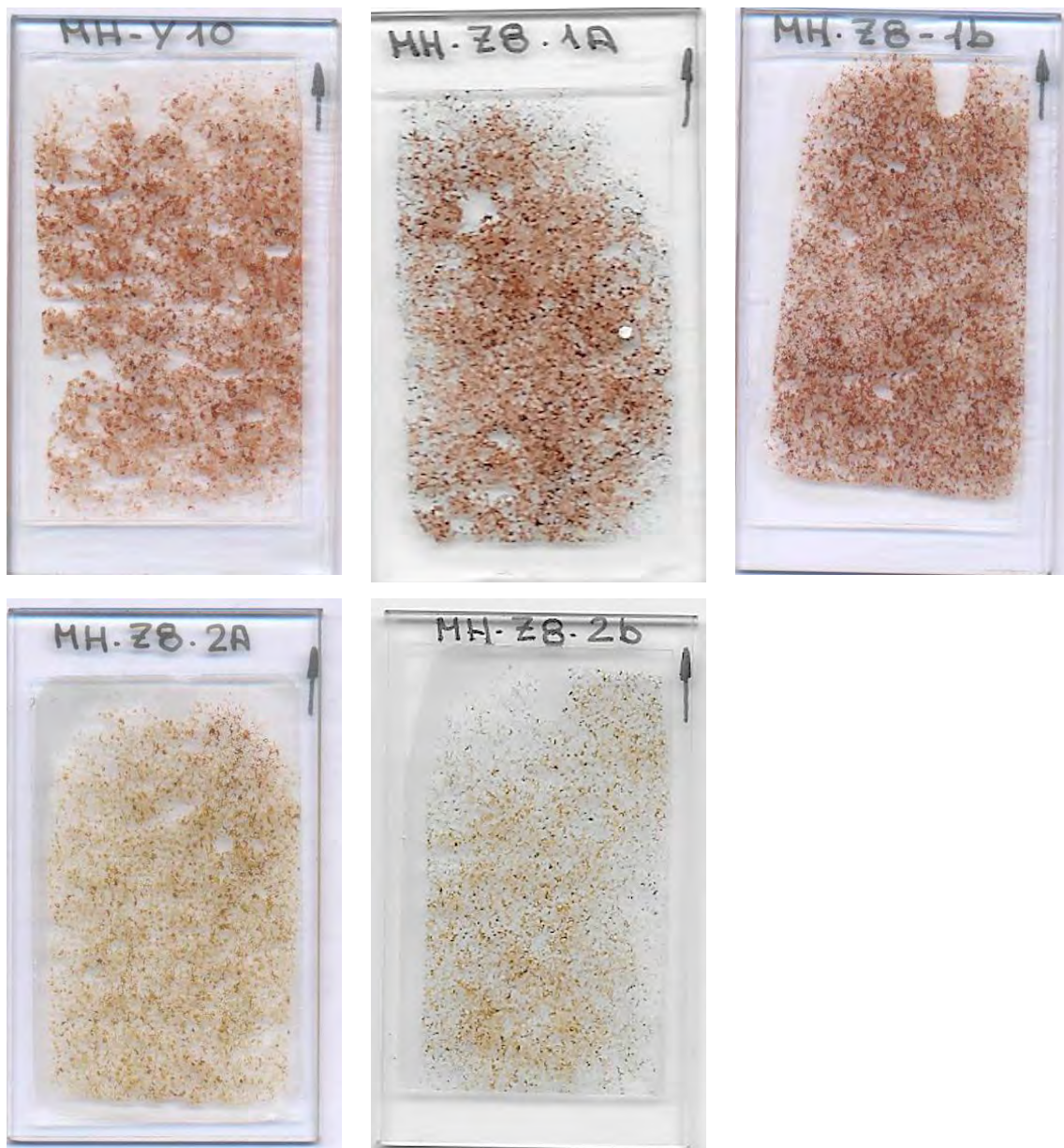


Figure 100 Scanner of the thin sections corresponding to the three sandstone pebbles: MH-Y10, MH-Z8-1a-b and MH-Z8-2a-b

The three sandstone pebbles present the same micromorphological features. The chemical composition of the sandstone is similar to the sand component. The sandstone is composed, as we have said previously, of quartz grains. But in its structural framework there is a small presence of other elements such as feldspars. The cement matrix, which holds together quartz grains and feldspars, is composed of calcium carbonate, silica, clays and iron oxides.

These iron oxides have been potentiated, in our case, by heat treatment of this material. The reddish color of our samples (Fig. 100), therefore, is due to these iron oxides (Adams *et al.*, 1984). In our case we have sandstones of the *greywacke* subtype. The *greywacke* consists of a well-litified sandstone. It has a high percentage of matrix (between 10-15%). In our case it is a sandstone of waca quartz. The matrix contains abundant opaque iron oxides under the microscope in PPL (Plane Polarized Light). These *greywackes* are composed of sand size clasts (between 0,02-2 mm). It is a very immature sandstone. It contains a very high percentage of the quartz material, but also a high percentage of matrix. Quartz grains are subrounded to subangled (Folk, 1965). The quartz grains are in individual crystals (monocrystalline) (Fig. 101 and Fig. 102) with a single orientation and extinction in XPL (Cross Polarized Light). These are clearly distinguished in PPL. As a consequence, their extinction is uniform, the grains are extinguished in one position (Adams *et al.*, 1984). In a lower percentage we find quartz grains with polycrystalline character. These grains are composed of a number of crystals that have different orientations. In the matrix the presence of iron oxides is observed, which they cover with a thin layer to the clasts of quartz. The packing is characterized by being matrix-supported (Fig. 101 and 102), where quartz grains and feldspars barely touch each other. The presence of a series of skeletal bioclasts (foraminifera) is also observed. The general classification of the sandstone is that it is poorly classified. We observed that the size of the grains of the different fragments is very variable as well as their distribution in the matrix.

As for the framework, we refer to the textural element. All this refers to the way the grains are accommodated, conforming the structure of the rock (Pettijohn *et al.*, 1972). In our case the main framework observed has two variants. On the one hand of floating grains (there are no contacts between the grains) and on the other hand side long or straight contact (the grains are in contact) (Siever *et al.*, 1987 and Hajpál and Török, 2004). The analysis of the sandstone textural maturity is based on three fundamental elements within the same sandstone: classification grade, percentage of clay in the matrix and degree of roundness of the grains present in the rock (Folk, 1951). In our case we have a stage of immature textural maturity. That is, a high percentage of clay (10-15%) and its grains are mostly angular, although there are also rounded, and the classification is poorly-moderately classified. Therefore due to its non-maturity state the sandstone assumes that the transport process has not been long enough and energetic. So the transport path of its main clastic components has been short. This high content of iron oxides indicates that in the field of supply and erosion, it is composed mostly of intermediate to basic rocks. So its sedimentation will be of currents of turbidity. This classification of the different sandstone pebbles, coming from the deposit, indicates that the fire activity stimulated the already present component of iron oxides in the matrix. This intensity of the fire affects in the original state of the sandstone. The impact of this heat treatment has a fairly homogeneous character in all the pebbles. The coloration of the pebbles, and seen under a microscope, goes from yellowish (less repercussion by

fire) to reddish (higher repercussion by fire). Because the different samples of sandstone pebbles have been extracted from different places, where the focus of the fire would surely work in different ways (intensity and duration), we can make three hypotheses with these samples of pebbles:

- On the one hand in the **sample Y10** the character of the sample is very homogeneous, of entirely reddish coloration. Here you can think that the intensity and duration of the fire has been constant and direct. Consequently the internal coloration of the sandstone sample is totally homogeneous.
- In the **sample Z8-1a and 1b** a situation similar to the previous one is observed. It offers red and uniform shades that become more yellowish at its edges. The fire was stable but less intense than in the previous case. All this suggests that the intensity and duration of the fire was stable, although it lacked that the external zone of the pebble was totally rubefacted.
- And finally **the sample Z8-2a and 2b** shows some characters totally contrary to the previous cases. The pebble is almost entirely with a yellowish coloration, very similar to its original state of formation. But the heat treatment is reflected in one of its ends with a reddish coloration. It can be explained that the sandstone pebble was in an area away from the main focus of the fire. Consequently it has not changed almost its original state, but it has affected one of the zones of the pebble that would be near or in contact with the fire.

In all three cases the stability in the hardness of the pebble is affected. Much more pronounced in the case of the pebbles closer to the focus of the fire, which are almost at a point of degradation.

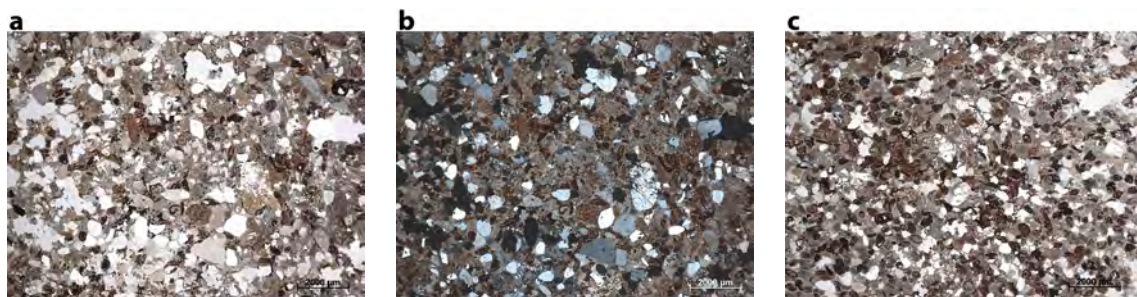


Figure 101 Photomicrograph from sample Y10: **(a)** and **(b)** View of the greywacke sandstone with subrounded-rounded quartz grains in a reddish fine-grained clay. Notice that the grains have a wide range of sizes, PPL and XPL and Photomicrograph from sample Z8-1a: **(c)** View of the greywacke sandstone with subrounded-rounded quartz grains in a reddish fine-grained clay, PPL.

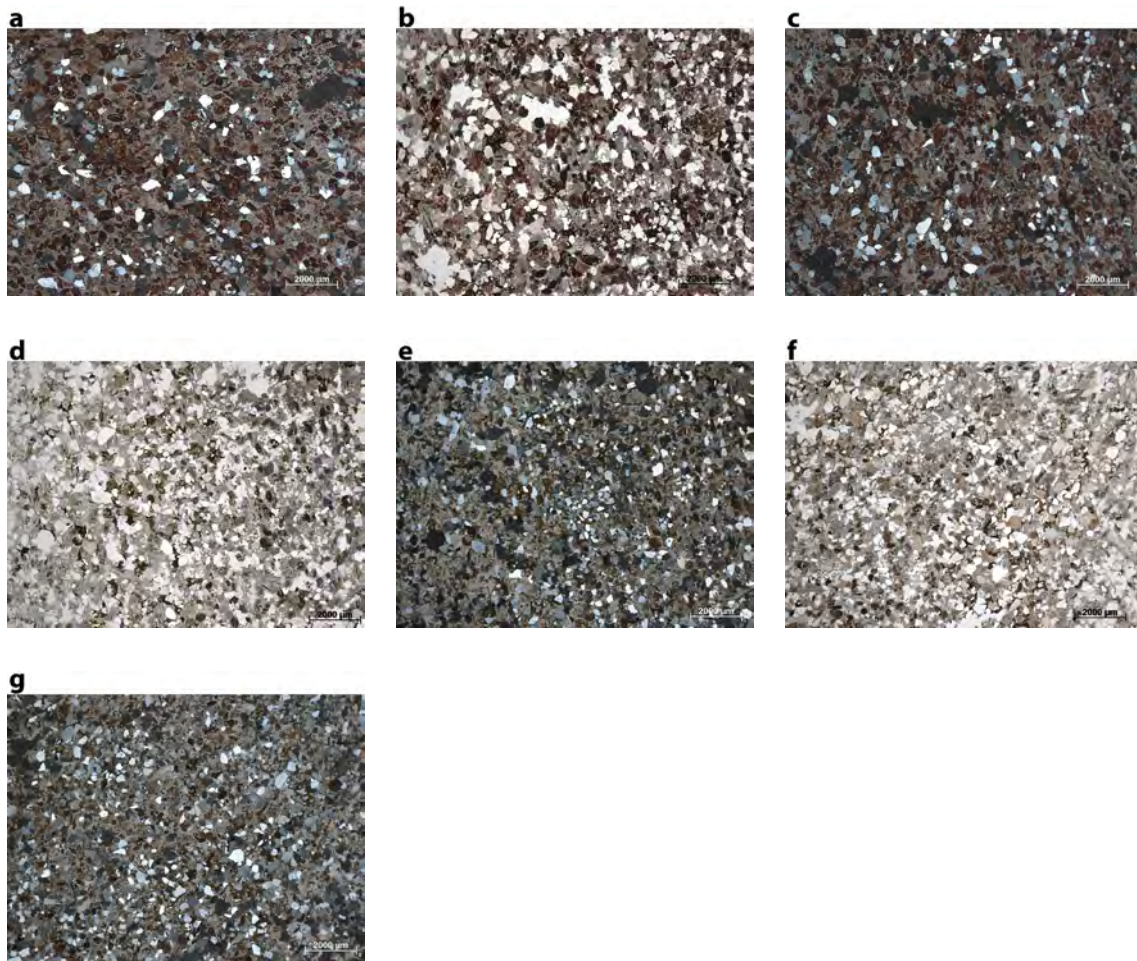


Figure 102 Photomicrograph from sample Z8-1a: **(a)** View of the greywacke sandstone with subrounded-rounded quartz grains in a reddish fine-grained clay. Notice the poorly sorted grains of quartz and the higher clay matrix (grain-supported), XPL; Photomicrograph from sample Z8-1b: **(b)** and **(c)** View of the greywacke sandstone with subrounded-rounded quartz grains in a reddish fine-grained clay. Notice the poorly sorted grains of quartz, PPL and XPL; Photomicrograph from sample Z8-2a: **(d)** and **(e)** View of the greywacke sandstone with subrounded-rounded quartz grains in a yellow-redish fine-grained clay. Notice the poorly sorted grains of quartz, PPL and XPL; Photomicrograph from sample Z8-2b: **(f)** and **(g)** View of the greywacke sandstone with subrounded-rounded quartz grains in a yellow-redish fine-grained clay. Notice the poorly sorted grains of quartz, PPL and XPL.

4.8 Discussion

The results obtained from the different geoarchaeological analyzes allowed to reconstruct the sedimentary record of the Martinarri site. The processes of formation of the deposit are different according to the location of each stratigraphic unit in the stratigraphic frame. Consequently, the sediments' origin and their dynamics of formation have been individually discussed for each stratigraphic unit. All the results obtained from the different stratigraphic units sampled and analyzed (Fig. 103, 104 and 105) are analyzed under granulometric analysis, X-ray diffraction, X-ray fluorescence, Carbon determination and Carbon and Nitrogen, and Main components and the reading of thin sections.

4.8.1 Characterization of the stratigraphic units of the site

The stratigraphic units of the Martinarri site have been characterized with the following results (Tables XXVII, XXVIII and XXIX):

Unit 103

This stratigraphic unit corresponds to the contact with the rocky substratum of the bedrock of the deposit, reason why the character of its sediments is compact. Consequently the silicic character is perceptible in all the performed analyzes (Table XXVII). It is the first unit with presence of human activity, the first groups that settled at the site was in this stratigraphic unit. Its yellow sediments form part of the sample of its character, in line with the sandstone bedrock.

The granulometric analyzes show the high percentages in the coarsest fraction, as a result of being in contact with the rocky substratum and of the not very abundant falls of fragments of the wall and ceiling of the shelter. In the rest of the fractions, the high content in silt is noticed.

X-ray diffraction coincides with the lithological component of the coarse fraction of the sandstone. As a consequence, the highest percentages are observed in quartz and dolomite with low proportions in calcite. Such calcite would be represented as secondary (recrystallization of carbonates). It comes all supported by X-ray fluorescence analyzes. Iron oxides are represented by the lithological character of the sandstone.

The results in the analysis of the determination of Organic Carbon are very low. It is therefore a unit not very prone to the growth of plant material or has been lost on a macroscopic scale. The proportion in the presence of charcoals is not as significant as in the rest of stratigraphic units.

Unit-Samples	Granulometry	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	Sediment description	Micromorphology: General description and notes
B1-MH-g	Gravel: % 8,80; sand: % 70,67; silt: % 19,51 and clay: % 1,6 1	Quartz: % 79,26; Dolomite: % 6,94 and Calcite: % 1,6	Si: % 42,01; Fe: % 1,49 and Al: % 1,42	6,0697	Sand-silty sediments with centimeter sandstone fragments. Non-compact and crumbly, dusky red sediments due to their high content of fresh and burnt organic material (charcoals). With a thickness of 25-30 cm.	Sample MH-8 DOWN & UP & MH-5: Organic unit, much more intense than in the previous units. The intense anthropic activity in this unit is latent with different components of anthropic origin (burned bones and charcoals).
B1-MH-f	Gravel: % 7,91; sand: % 75,87; silt: % 15,38 and clay: % 0,82	Quartz: % 68,89; Dolomite: % 18,08 and Calcite: % 0,52	Si: % 41,37; Fe: % 1,68 and Al: % 1,4	5,0366		
B1-MH-e	Gravel: % 5,89; sand: % 57,12; silt: % 34,91 and clay: % 2,07	Quartz: % 84,67; Dolomite: % 8,01 and Calcite: % 0,65	Si: % 40,73; Fe: % 2,15 and Al: % 1,72	4,3238		
100-MH-d	Gravel: % 16,59; sand: % 46,54; silt: % 34,02 and clay: % 2,83	Quartz: % 52,77; Dolomite: % 32,64 and Calcite: % 13,48	Si: % 32,64; Fe: % 1,69 and Al: % 1,11	5,5305	Sand-silty sediments and very compact. Not abundant presence of the coarse fraction. Reddish brown sediments with nodules of iron oxides. With a thickness of 10-15 cm.	Sample MH-7: With organic character. Due to their proximity to the Surface Unit are sediments exposed to the growth of plant material, whose roots percolate through their sediment. On the one hand there is fresh plant material that retains its original structure and morphology. Meanwhile, there are remains of plant material with a detrital character and incorporated into the sedimentary matrix
101-MH-c	Gravel: % 28,93; sand: % 23,24; silt: % 43,99 and clay: % 3,84	Quartz: % 56,15; Dolomite: % 29,7 and Calcite: % 14,15	Si: % 30,66; Fe: % 1,88 and Al: % 1,02	5,4418	Sandy sediments. Here the presence of the coarse fraction becomes important: clasts, quartz grains, etc. Reddish brown sediments. With a thickness of 15-20 cm.	Sample MH-6 UP: They are characterized by the same sedimentary matrix as the previous levels, but with a high percentage of bone material, identification of flint and the presence of microcharcoals, some retaining their internal cellular structure. Degradation of bones and charcoals is present
102-MH-b	Gravel: % 48; sand: % 12,17; silt: % 36,24 and clay: % 3,59	Quartz: % 52,53; Dolomite: % 31,52 and Calcite: % 15,95	Si: % 28,37; Fe: % 2,59 and Al: % 1,09	5,2388	Silt-sandy sediments. Very compact sediments, characterized by the abundant participation of the sands. Presence of centrimetric sandstone clasts. Reddish brown sediments. With a thickness of 15-20 cm.	Sample MH-6 UP: Less compact and granular character. With an increase of organic material and plant tissues. In general the sedimentary matrix is characterized for being porous and of irregular contours, in addition have been identified ferruginous pellets. It is a humic soil
103-MH-a	Gravel: % 43,43; sand: % 4,86; silt: % 44,01 and clay: % 7,69	Quartz: % 38,76; Dolomite: % 23,33 and Calcite: % 1,76	Si: % 31,85; Fe: % 1,71 and Al: % 1,02	3,7078	Silt-sandy sediments. Very compact sediments, characterized by the abundant participation of the sands. Presence of centrimetric sandstone clasts. Reddish yellow sediments. With a thickness of 10-15 cm.	Sample MH-6 DOWN: Contain a large number of fine particles of organic material. With the participation of bone fragments, coals, organic material. This stratigraphic unit is distinguished by its deposits of sands and yellowish silts with a frequency in the anthropogenic contributions as fragments of bones, charcoals and flints

Table XXVII Recopilation of main data of Socuevas, the sediment description and the micromorphological description: General description and notes: samples MH-a-g

The reading of thin sections shows that this stratigraphic unit contains detritic material throughout the groundmass of the thin section. Also characterized by containing a large number of fine particles of organic material, the generality of the thin section being very heterogeneous, with the participation of bone fragments, charcoals, organic material.

This stratigraphic unit is distinguished by its deposits of sands and yellowish silts with a frequency in the anthropogenic contributions as fragments of bones, charcoals and flint. The carbon component and the humic organic matter obscures the sedimentary matrix giving dark brown and blackish colorations.

Plant material that is not observed at microscopic scale is represented in the thin section in a detritic way and incorporated into the sedimentary matrix and on the other hand some of the internal structures of the roots are replaced by secondary calcite (recrystallization).

Unit 102

This stratigraphic unit loses its compaction in its sediments and the yellowish coloration, being these brown clear now. Its silicic character remains perceptible on a macroscopic and microscopic scale (Table XXVII).

The granulometric analysis shows the high content in the coarse fraction of falls, not very common, part of the wall and part of ceiling of the shelter. The other fractions with fine character are seen their highest peaks in the silt fraction more abundant than the sands and the clays.

In X-ray diffraction there is a slight increase in the percentage of quartz and dolomite, the percentages corresponding to calcite are very minor and have suffered an increase. X-ray fluorescence results support the results of diffraction. A slight increase of the element F is observed that responds to the lithology of the sandstone and the presence of structures of combustion. Reflecting the action of fires.

The results of the determination of Organic Carbon have suffered a significant increase. Conditions have favored the growth of organic material. In addition the charcoals are beginning to be represented in a considerable way.

Finally in the reading of thin sections this unit is similar to the previous one, with a less compact and granular character. With an increase of the organic material and the vegetal tissues. In general the sedimentary matrix is characterized for being porous and of irregular contours, in addition there have been identified ferruginous pellets. It is a humic soil. The intensity of human activity is reflected in the reading of the thin sections.

Unit-Samples	Granulometry	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% C/N	Sediment description
A-MH-E20	Gravel: % 5,89; sand: % 73,03; silt: % 19,95 and clay: % 1,13	Quartz: % 89,27; Feldspars: % 9,87 and dolomite: % 0,39	Si: % 40,71; Ca: % 1,02 and Fe: % 2,2	18,50	Sand-silty sediments with gastropods and some fragments of decimetric sandstone.
A-MH-E19	Gravel: % 8,17; sand: % 81,36; silt: % 9,92 and clay: % 0,55	Quartz: % 94,12; Feldspars: % 3,27 and dolomite: % 0,44	Si: % 41,01; Ca: % 0,957 and Fe: % 1,92	19,33	Growth of plant material (include rizhollites). Non-compact sediments with a high organic load that gives color to their sediments (dark reddish brown). With a thickness of 30-40 cm.
A-MH-E18	Gravel: % 8,27; sand: % 75,22; silt: % 15,78 and clay: % 0,73	Quartz: % 86,44; Feldspars: % 10,63 and dolomite: % 2,16	Si: % 40,99; Ca: % 1,02 and Fe: % 1,86	27,94	
A-MH-E17	Gravel: % 8,20; sand: % 75,18; silt: % 15,88 and clay: % 0,73	Quartz: % 81,64; Feldspars: % 16,64 and dolomite: % 1,17	Si: % 40,48; Ca: % 1,36 and Fe: % 1,97	22,79	
A-MH-E16	Gravel: % 12,92; sand: % 61,65; silt: % 24,30 and clay: % 1,13	Quartz: % 86,59; Feldspars: % 6,2 and dolomite: % 6,21	Si: % 39,56; Ca: % 1,53 and Fe: % 2,09	26,94	
A-MH-E15	Gravel: % 14,56; sand: % 59,21; silt: % 25,03 and clay: % 1,20	Quartz: % 70,71; Feldspars: % 21,33 and dolomite: % 6,73	Si: % 40,15; Ca: % 1,69 and Fe: % 2,03	23,82	
B-MH-E14	Gravel: % 13,69; sand: % 54,81; silt: % 29,78 and clay: % 1,73	Quartz: % 92,24; Feldspars: % 4,64 and dolomite: % 1,87	Si: % 39,22; Ca: % 1,86 and Fe: % 2,31	25,58	Sand-silty sediments with gastropods and some fragments of decimetric sandstone.
B-MH-E13	Gravel: % 7,03; sand: % 61,36; silt: % 30,03 and clay: % 1,58	Quartz: % 85,94; Feldspars: % 5,27 and dolomite: % 7,12	Si: % 39,84; Ca: % 1,96 and Fe: % 2,21	17,35	Growth of plant material. Sedimentary sand-silt-clay. Non-compact sediments with a high organic material. Dark reddish brown sediments. With a thickness of 10-15 cm.
B1-MH-E12	Gravel: % 7,25; sand: % 53,89; silt: % 36,82 and clay: % 2,04	Quartz: % 92,63; Feldspars: % 1,85 and dolomite: % 4,35	Si: % 39,06; Ca: % 2,06 and Fe: % 2,59	23,82	Sand-silty sediments with centimeter sandstone fragments. Non-compact and crumbly, dark reddish brown sediments due to their high content of fresh and burnt organic material (charcoals). With a thickness of 40-45 cm.
B1-MH-E11	Gravel: % 9,66; sand: % 41,83; silt: % 45,71 and clay: % 2,80	Quartz: % 83,14; Feldspars: % 6,12 and dolomite: % 9,04	Si: % 37,7; Ca: % 2,24 and Fe: % 3,27	22,68	
B1-MH-E10	Gravel: % 6,12; sand: % 57,83; silt: % 33,89 and clay: % 2,16	Quartz: % 80,69; Feldspars: % 8,51 and dolomite: % 8,94	Si: % 37,93; Ca: % 2,41 and Fe: % 3,44	24,25	
B1-MH-E9	Gravel: % 5,27; sand: % 44,43; silt: % 46,89 and clay: % 3,41	Quartz: % 79,47; Feldspars: % 4,05 and dolomite: % 8,32	Si: % 37,53; Ca: % 2,13 and Fe: % 3,31	29,04	
B1-MH-E8	Gravel: % 6,80; sand: % 45,29; silt: % 45,11 and clay: % 2,80	Quartz: % 79,28; Feldspars: % 4,25 and dolomite: % 11,85	Si: % 36,76; Ca: % 2,53 and Fe: % 3,59	30,94	
B1-MH-E7	Gravel: % 6,35; sand: % 26,41; silt: % 62,28 and clay: % 4,96	Quartz: % 57,62; Feldspars: % 31,28 and dolomite: % 10,37	Si: % 36,85; Ca: % 2,69 and Fe: % 3,44	33,70	
B1-MH-E6	Gravel: % 16,79; sand: % 31,29; silt: % 47,76 and clay: % 4,16	Quartz: % 71,29; Feldspars: % 21,37 and dolomite: % 4,54	Si: % 38,95; Ca: % 2,33 and Fe: % 2,78	45,85	
D-MH-E5	Gravel: % 11,94; sand: % 25,98; silt: % 57,41 and clay: % 4,67	Quartz: % 87,83; Feldspars: % 5,08 and dolomite: % 5,15	Si: % 37,05; Ca: % 2,51 and Fe: % 3,39	37,25	Sand-silty sediments, non-compact and crumbly, strong brown and reddish yellow sediments due to their high content of fresh and burnt organic material (charcoals). With a thickness of 30-35 cm.
D-MH-E4	Gravel: % 7,59; sand: % 39,92; silt: % 47,96 and clay: % 4,53	Quartz: % 66,35; Feldspars: % 27,94 and dolomite: % 3,18	Si: % 38,53; Ca: % 1,62 and Fe: % 3,1	46,49	
D-MH-E3	Gravel: % 11,60; sand: % 36,07; silt: % 48,27 and clay: % 4,07	Quartz: % 72,66; Feldspars: % 22,53 and dolomite: % 1,57	Si: % 39,67; Ca: % 0,985 and Fe: % 2,55	70,91	
D-MH-E2	Gravel: % 8,46; sand: % 29,29; silt: % 56,48 and clay: % 5,77	Quartz: % 81,96; Feldspars: % 12,37 and dolomite: % 4,98	Si: % 41,16; Ca: % 0,718 and Fe: % 2,25	151,31	
D-MH-E1	Gravel: % 8,25; sand: % 28,81; silt: % 55,51 and clay: % 7,43	Quartz: % 59,85; Feldspars: % 37,83 and dolomite: % 0,86	Si: % 41,26; Ca: % 0,442 and Fe: % 2,04	67,15	

Table XXVIII Recopilation of main data of Socuevas, the sediment description: MH-E-1-20

Although the fragments of bone and charcoals appear in a state of degradation, making difficult the conservation of the organic material of anthropic origin.

Unit 101 and Unit 100

These two stratigraphic units are defined together for their formative similarities (Table XXVII). They are characterized by a sandy sedimentation in the inner zone of the area, with sediments looser than in the outer area. Here the presence of the coarse fraction becomes important and constant: clasts, *de visu* seen quartz grains and small laminar blocks of wall and ceiling fall with the same lithology of the shelter. Although this is less present than in the previous units. In the inner areas of these levels the coloration is light brown while in the outer areas the coloration of the sediments are darkened with small red and light brown colored lenses. This variation is due to its greater exposure to the vegetation growth, causing a higher humidity in the substrate in addition to the degradation of the sandstone that gives the sediments that reddish and light brown coloration.

The granulometric analysis has brought to light the decrease in gravel rates, still very present, with a considerable increase of the sand and silt fraction.

X-ray diffraction and X-ray fluorescence reveal the silicic character with a slight progressive increase of this element. The element F is present in these sediments by the sandstone content in the sedimentation.

There is a progressive increase of the Organic Carbon, observed under the analysis of the determination of Organic Carbon. All this would correspond to a bigger activity by two ways both the anthropic and the biological. Anthropic by a higher concentration of combustion activity, although the presence of charcoals is not very well represented (in the micromorphological study we will see the absence of evidence in charcoals). The other route is biological, we mean that these units, close to the surface and outside the cover of the Martinarri shelter, are more exposed to the activity of the tree mass and the activity of the roots with all that entails (growth of the vegetal material, percolation by the sedimentary matrix of the roots, death of the vegetal material and decomposition of the same). Consequently, this activity on the part of the vegetal material removes the sediments and they are percolated by the superficial zone of almost all the stratigraphic sequence (Soressi *et al.*, 2013).

Finally the reading of thin sections has determined the organic character of these stratigraphic units. Due to their proximity to the Surface Unit are sediments exposed to the growth of plant material, whose roots percolate through their sediments. On the one hand there is fresh plant material that retains its original structure and morphology. Meanwhile, on the other hand, there are remains of plant material with a detritic

Unit-Samples	Granulometry	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% C/N	Sediment description
A-MH-S21	Gravel: % 9,60; sand: % 80,91; silt: % 9,04 and clay: % 0,45	Quartz: % 86,97; Feldspars: %12,29 and Clay minerals: % 0,4	Si: % 40,99; Al: % 2,27 and Fe: % 2,25	20,78	Sand-silty sediments with gastropods and some fragments of decimetric sandstone.
A-MH-S20	Gravel: % 7; sand: % 75,42; silt: % 16,83 and clay: % 0,74	Quartz: % 92,9; Feldspars: % 5,12 and Clay minerals: % 0,72	Si: % 41,11; Al: % 2,21 and Fe: % 2,24	21,24	Growth of plant material (include rizholithes). Non-compact sediments with a high organic load that gives color to their sediments (dark reddish brown). With a thickness of 30-40 cm.
A-MH-S19	Gravel: % 5,44; sand: % 69,98; silt: % 23,64 and clay: % 0,95	Quartz: % 91,01; Feldspars: % 7,46 and Clay minerals: % 0,5	Si: % 42,13; Al: % 1,63 and Fe: % 1,63	27,77	
A-MH-S18	Gravel: % 7,25; sand: % 73,18; silt: % 18,74 and clay: % 0,83	Quartz: % 94,31; Feldspars: % 4,37 and Clay minerals: % 0,39	Si: % 42,04; Al: % 1,78 and Fe: % 1,87	25,50	
A-MH-S17	Gravel: % 9,14; sand: % 73,50; silt: % 16,44 and clay: % 0,91	Quartz: % 83,04; Feldspars: %15,51 and Clay minerals: % 0,45	Si: % 40,82; Al: % 2,46 and Fe: % 2,76	20,01	
A-MH-S16	Gravel: % 6,83; sand: % 68,01; silt: % 24,04 and clay: % 1,12	Quartz: % 83,19; Feldspars: % 15,55 and Clay minerals: % 0,36	Si: % 40,12; Al: % 2,55 and Fe: % 2,82	20,09	
A-MH-S15	Gravel: % 5,91; sand: % 62,47; silt: % 29,73 and clay: % 1,88	Quartz: % 89,03; Feldspars: % 8,88 and Clay minerals: % 0,74	Si: % 41,39; Al: % 2,04 and Fe: % 2,5	28,08	
B-MH-S14	Gravel: % 6,09; sand: % 71,37; silt: % 21,13 and clay: % 1,41	Quartz: % 78,04; Feldspars: %20,45 and Clay minerals: % 0,46	Si: % 41,72; Al: % 2,01 and Fe: % 2,4	24,84	Sand-silty sediments with gastropods and some fragments of decimetric sandstone.
B-MH-S13	Gravel: % 10,48; sand: % 45,92; silt: % 41,00 and clay: % 2,60	Quartz: % 92,86; Feldspars: % 5,64 and Clay minerals: % 0,5	Si: % 40,87; Al: % 2,23 and Fe: % 2,66	24,89	Growth of plant material. Sedimentary sand-silt-clay. Non-compact sediments with a high organic material. Dark reddish brown sediments. With a thickness of 10-15 cm.
B1-MH-S12	Gravel: % 8,65; sand: % 63,40; silt: % 26,49 and clay: % 1,46	Quartz: % 91,69; Feldspars: % 3,21 and Clay minerals: % 3,77	Si: % 40,39; Al: % 2,16 and Fe: % 2,61	26,64	Sand-silty sediments with centimeter sandstone fragments. Non-compact and crumbly, dark reddish brown sediments due to their high content of fresh and burnt organic material (charcoals). With a thickness of 40-45 cm.
B1-MH-S11	Gravel: % 6,29; sand: % 74,69; silt: % 17,81 and clay: % 1,22	Quartz: % 89,06; Feldspars: %3,92 and Clay minerals: % 5,88	Si: % 40,82; Al: % 2,16 and Fe: % 2,66	29,65	
B1-MH-S10	Gravel: % 6,93; sand: % 55,66; silt: % 35,37 and clay: % 2,05	Quartz: % 87,41; Feldspars: % 10,84 and Clay minerals: % 0,55	Si: % 40,74; Al: % 2,18 and Fe: % 2,79	33,72	
B1-MH-S9	Gravel: % 5,30; sand: % 73,49; silt: % 19,98 and clay: % 1,23	Quartz: % 88,78; Feldspars: % 9,52 and Clay minerals: % 0,51	Si: % 41,21; Al: % 2,16 and Fe: % 2,62	25,98	
B1-MH-S8	Gravel: % 3,94; sand: % 54,76; silt: % 38,81 and clay: % 2,50	Quartz: % 94,19; Feldspars: % 3,97 and Clay minerals: % 0,38	Si: % 40,88; Al: % 2,28 and Fe: % 2,6	32,08	
B1-MH-S7	Gravel: % 3,23; sand: % 66,29; silt: % 28,55 and clay: % 1,94	Quartz: % 92,11; Feldspars: % 5,93 and Clay minerals: % 0,48	Si: % 40,9; Al: % 2,33 and Fe: % 2,6	37,10	
B1-MH-S6	Gravel: % 4,47; sand: % 56,65; silt: % 36,40 and clay: % 2,48	Quartz: % 91,8; Feldspars: % 5,84 and Clay minerals: % 0,67	Si: % 41,22; Al: % 2,38 and Fe: % 2,7	41,44	
D-MH-S5	Gravel: % 9,08; sand: % 71,46; silt: % 17,73 and clay: % 1,73	Quartz: % 77,9; Feldspars: % 20,72 and Clay minerals: % 0,51	Si: % 41,26; Al: % 2,29 and Fe: % 2,64	36,78	Sand-silty sediments, non-compact and crumbly, strong brown due to their high content of fresh and burnt organic material (charcoals). With a thickness of 30-35 cm.
D-MH-S4	Gravel: % 7,53; sand: % 48,64; silt: % 40,32 and clay: % 3,51	Quartz: % 92,41; Feldspars: % 6,5 and Clay minerals: % 0	Si: % 40,94; Al: % 2,3 and Fe: % 2,64	40,95	
D-MH-S3	Gravel: % 15,54; sand: % 34,12; silt: % 46,62 and clay: % 3,72	Quartz: % 70,67; Feldspars: % 26,18 and Clay minerals: % 2,19	Si: % 41,15; Al: % 2,31 and Fe: % 2,36	39,74	
D-MH-S2	Gravel: % 14,06; sand: % 45,38; silt: % 36,78 and clay: % 3,78	Quartz: % 68,9; Feldspars: % 26,68 and Clay minerals: % 3,95	Si: % 40,75; Al: % 2,29 and Fe: % 2,34	108,08	
D-MH-S1	Gravel: % 8,42; sand: % 47,80; silt: % 39,75 and clay: % 4,03	Quartz: % 72,95; Feldspars: % 21,68 and Clay minerals: % 4,05	Si: % 41,25; Al: % 2,45 and Fe: % 2,24	315,45	

Table XXIX Recapitulation of main data of Socuevas, the sediment description: MH-S-1-21

character and incorporated into the sedimentary matrix.

They are characterized by the same sedimentary matrix as the previous levels, but with a high percentage of bone material, identification of flint material and a higher presence of microcharcoals, some preserving their internal cellular structure. The degradation of bones and charcoals is present in these samples that make it impossible to preserve and identify them during excavation processes.

Unit D and Unit B1

These two stratigraphic units contain similar formative processes so they are interpreted together. They are units exposed to the outer area without a cover that shelters them, so the vegetable mass is susceptible to grow in these units. They are clay-silty sediments, uncompacted and crumbly, with a dark brown coloration because of their high content of fresh and burnt organic material (charcoals). De visu it can also be observed its high percentages in grains quartz very present in the sedimentation (Tables XXVIII and XXIX).

The granulometric analysis shows that the percentage in the coarsest fractions decreases considerably due to the loss of the contribution of sandstone fragments from the wall and ceiling of the shelter, due to their remoteness. The sand and silt component gains ground in the base sedimentation of these sediments.

The diffraction and the fluorescence emphasize the high percentages of the siliceous elements as well as the feldspars. The element F is more present perhaps because of its proximity to the combustion structures as well as the high content of this element in sandstone lithology.

The determination of Nitrogen and Carbon has resulted in the high Carbon content in the samples, higher than in the inner area and with a progressive growth from base to ceiling of the stratigraphic sequence. The two elements, both Nitrogen and Carbon, are two fundamental elements and function as nutrients of the different microorganisms and organisms, also the different plant species present in the soils and also in our archaeological sediments of the Martinarri shelter. The proportion in these two elements should be suitable for a correct balance between the habitability of all elements concentrated in the natural soil and in the archaeological soil.

Nitrogen represents a fundamental element for plant material when the period of its mineralization coincides with the period of the vegetative cycle with a bigger requirement at that moment (Sanz *et al.*, 1975).

Being the proportion of Carbon high and the Nitrogen low, this facilitates good concentration and biological activity. Counting that we are in a settlement in a shelter, we observe that our archaeological sediments are prone to the incorporation and contribution to the sedimentary matrix of vegetal and animal material and microorganisms of diverse origins.

The proportions of Nitrogen and Organic Carbon in the soils direct the activity or not of the behavioral dynamics of the microorganisms and microbiological processes, as well as environmental factors such as precipitation of rain, different pedofeatures in soils, temperature and natural and geological processes (Sanz *et al.*, 1975). All this constitutes what is our organic material present in the sedimentary record of Martinarri

The value of the C/N relationship in our archaeological soil has been an indicative for the characterization and quantification of the present organic material, in which several biological processes follow and develop within our soil sedimentary matrix being a positive effect for nutrition and an incentive for the growth of vegetable material.

The formative study of Unit B1 through the reading of thin sections has brought to light the organic and detritic character of this unit, much more intense than in the previous units. The intense anthropic activity in this unit is latent in this level with different components of anthropic origin (burned bones and charcoals). These elements retain their structure intact while other fragments appear in a state of near degradation that makes almost impossible its conservation. However, we can see their presence on a microscopic scale.

Unit B and Unit A

They are two very similar stratigraphic units, so they have been interpreted together. They are located in the outer area of the deposit and those closest to the surface area. Consequently, they are in the most susceptible area of the growth of plant material and suffer more post-depositional processes. These two units are made up of sediments, mainly sand-clay-silty (Tables XXVIII and XXIX). They are non-compact sediments with a high organic load that gives coloration to their sediments (brown-dark).

The granulometric analyzes have resulted in a low percentage in the gravel fraction with a progressive increase along the Unit A. After that there is an intensive decrease in the percentage of gravel in Unit B. Regarding the sands, Unit A and B are characterized by their high percentages in this element. Contrary to what happens with silts and clays (mud). There is a progressive decrease in the percentage of silts along Units A and B, their maximums being found at Unit A. Therefore, these sediments of these two stratigraphic units can be identified with a sandy-sedimentary base sedimentation.

4. Martinarri rock shelter

The diffraction and fluorescence of X-rays have demonstrated the silicic character of the sediments. Both units have very similar percentages with a slow and progressive decrease of the siliceous percentages. The minerals corresponding to the clay elements are represented, although they are not abundant. Corresponding to the more sandy character of the sediments.

The determination of Carbon and Nitrogen has allowed the characterization of the organic quality of these sediments. A progressive decrease has been identified along these two units, both the content of the element Carbon and that of Nitrogen. Even so, they present the highest levels, regarding the entire stratigraphic sequence. This marks the organic character of the sediments as well as being close to combustion structures and providing organic material from charcoals.

Nitrogen represents a fundamental element for plant material when the period of its mineralization coincides with the period of the vegetative cycle with a higher requirement at that time (Sanz *et al.*, 1975).

Being the proportion of Carbon high and the Nitrogen low, this facilitates good concentration and biological activity. Counting that we are in a settlement in a shelter, we observe that our archaeological soils are prone to the incorporation and contribution to the sedimentary matrix of plant and animal material and microorganisms of diverse origins.

The value of the C/N relationship in our archaeological soil has been an indicative for the characterization and quantification of the organic material present, in which several biological processes follow and develop within our soil sedimentary matrix being a positive effect for nutrition and an incentive for the growth of vegetable matter.

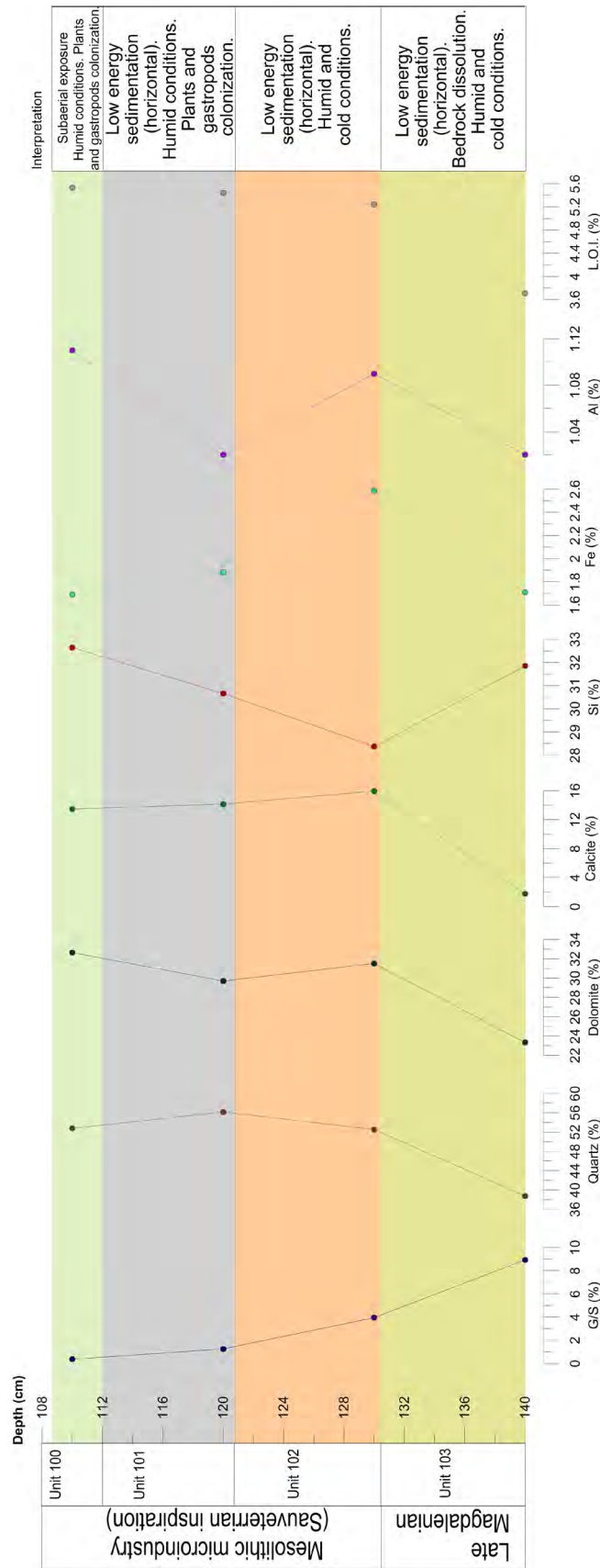


Figure 103 Recopilation of main data and the interpretation of the sequence of Martinarri: MH-a-g

4.8.2 Sedimentary formation processes of the site

In this section the different sedimentary processes of the site are analyzed individually (Fig. 103, 104 and 105). In addition to natural processes of formation, the anthropic factor in the sedimentary history of the archaeological site is a fundamental feature to be analyzed. Finally, to know how the post-depositional processes have been made us better understand how our deposit has evolved throughout its sedimentary history.

4.8.2.1 Natural formation processes

Archaeological sediments are often composed of a wide range of mineral, geological and biological components. The origin and pre-depositional history of the deposits can be applied through the analysis and study of composition, abundance, diversity, size, fragmentation, shape (roundness and sphericity), internal alterations and microstructure (Pettijohn, 1975 and Courty *et al.*, 1989).

The attributes that can provide information about the agency and the deposition process and the nature of the socio-cultural and microenvironmental circumstances associated with the Socuevas deposit include numerous lithologic features: limits and sedimentary potentials of the deposits, size and classification of the different particles, orientation of the components and tissue, deposition ratio between fines and coarse (Golberg and Macphail, 2006). Natural depositional organisms are frequently modified within the context and environment of the site, deposited sediments can be reworked by the trampling of human groups (Rentzel and Narten, 2000).

The accumulated sediments in the inner area of occupation are poorly classified with a range of aggregates and different particle sizes (Golberg and Macphail, 2006). The site comprises a series of low power levels, with strong parallel orientation and component distribution, suggesting periodic accumulation and compaction over time (Golberg and Macphail, 2006) during all cultural periods.

The formation of the outer area is linked to endogenous (autochthonous) and exogenous (allochthonous) processes (Golberg and Macphail, 2006): sedimentation comes from natural lands of sand, clay and mud, along with the growth of plant material by composition, different grain sizes of different lithologies and different textures of the sediments, as well as the different sedimentary microstructures.

Finally, the middle area, corresponding to the limits of the shelter visor, presents a placement of sandstone pebbles, which have received a fairly powerful fire treatment. This area is reflected in a deposition record which includes the formation of a surface crust associated with rainfall (which periodically would be watered) (Courty *et al.*, 1989;

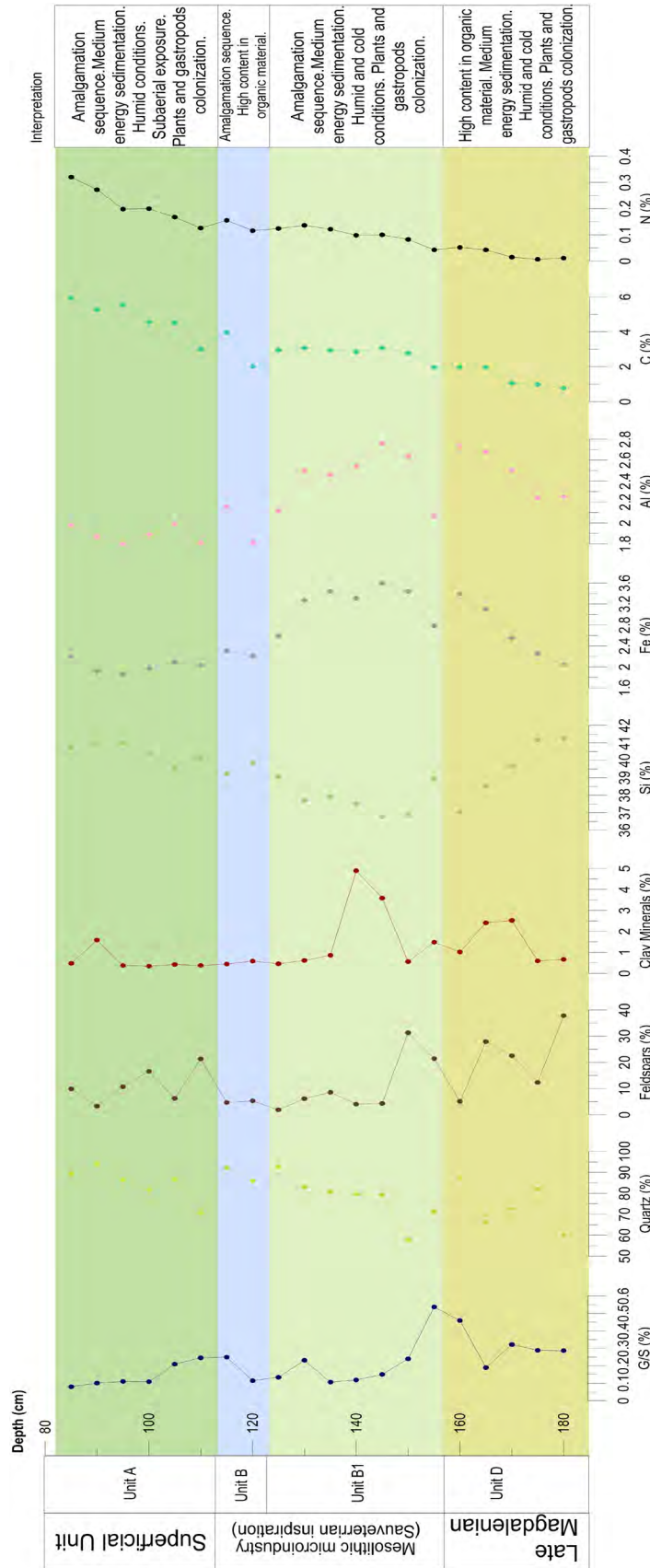


Figure 104 Recopilation of main data and the interpretation of the sequence of Martinarri: MH-E-1-20

4. Martinarri rock shelter

Cammas, 1994, Cammas *et al.*, 1996 and Matthews *et al.*, 1997). Consequently, the human groups that inhabited Martinarri were aware of the problem, and installed a series of slabs of sandstone, possibly to avoid the continuous flooding of the inner area of the site.

The inner zone corresponds to a base sedimentation composed of sands, concentrating in greater proportion to ceiling of the stratigraphic sequence. This fraction of sand descends to soil while the fraction of mud increases in the zone near the rocky substratum of the own formation of the shelter. The silt fraction is deposited towards the soil of the sequence. The granulometric material is well classified.

The mud fraction however is poorly classified. It is washed and percolated along the sequence to finish settled in the base while the sand fraction is deposited in the ceiling.

The origin of these sand granulometry can be observed in the sandstone component from the rocky sandstone substratum, as well as the fall of fragments of the wall and ceiling of the shelter that are attached to the sediment, these being not very remarkable. The matrix of the sandstone breaks down and spreads through the groundmass, while the quartz fraction remains and is also incorporated into the groundmass.

The outer area has the same characteristics as the inner area but with a greater potentiation of all the characters (it is in the exterior, with all that this entails as its complete exposure to the open air), being reelaborated by the growth of the vegetal material as well as probable human and animal trampling (Rentzel and Narten, 2000).

In any case the prehistoric image of Martinarri has not changed excessively over time, maintaining an almost horizontal sequence with few natural contributions in the coarse material of wall fall and ceiling of the shelter.

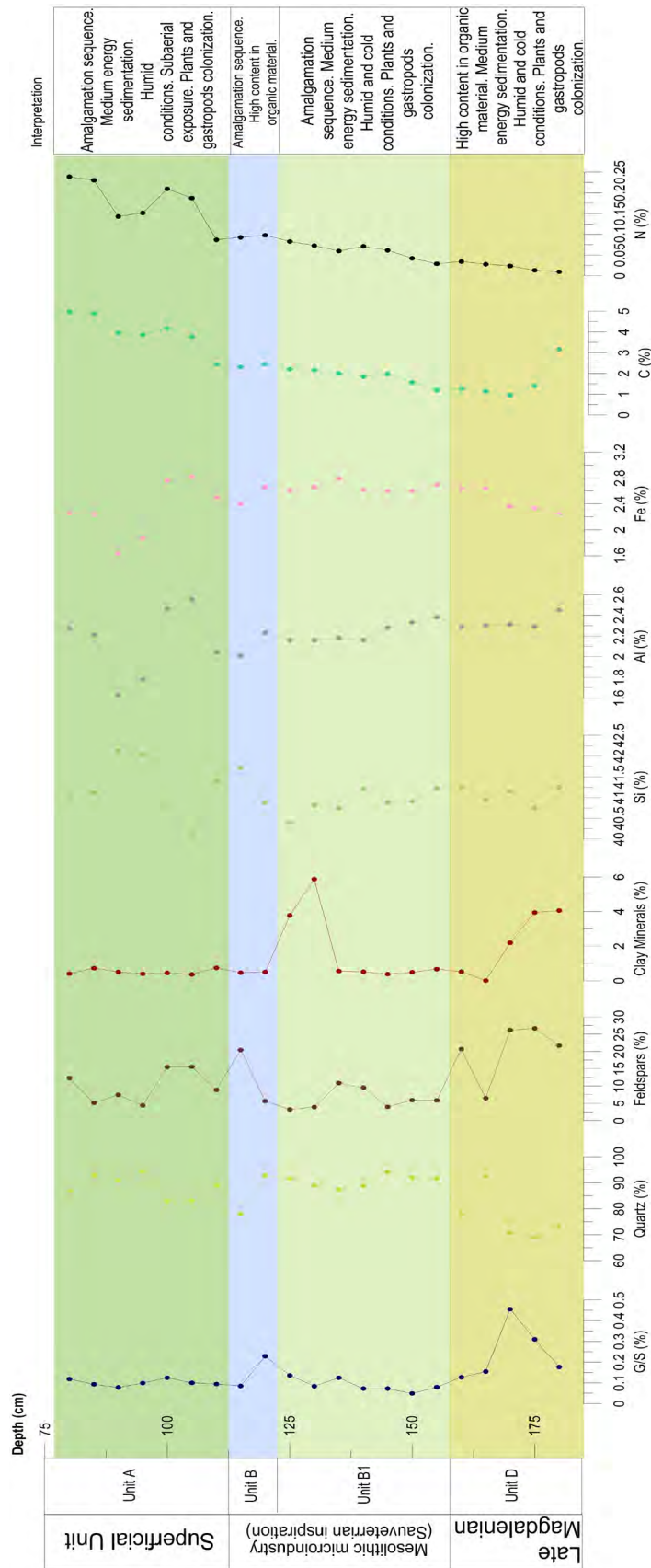


Figure 105 Recopilation of main data and the interpretation of the sequence of Martinarri: MH-S-1-21

4.8.2.2 Anthropogenic formation processes

The movement and degradation of materials by trampling, as well as the modification by humans of pre-depositional processes (Villa and Courtin, 1983; Gifford-Gonzalez *et al.*, 1985 and Barton, 1992) are key to understand our sedimentary history. Consequently, they can be definitive data to determine if the primary components are of anthropic character, such as bones, charcoals, flint and organic material, and if they have undergone any transformation by diagenetic processes (Karkanas, 2010).

The archaeological material deposited by these human groups in addition to their daily activities, leave geochemical conditions, which are reflected in these archaeological sediments and are fundamental for the study of conservation of recovered archaeological material. It is necessary to determine which are the primary and secondary minerals that have formed after the passage of these human communities (Golberg and Macphail, 2006).

In the case of the Martinarri site, the observation and determination of the percentage of phosphates present in the sedimentary matrix, as well as the intense presence of organic matter, is key. The chemical agents in the Martinarri deposit are linked to the phosphate mineralization and transformation associated with the dissolution of bones (Golberg and Macphail, 2006). In this case, the dissolution of this material causes the phosphates to be incorporated into the groundmass. In some cases filling even the internal structure of some charcoals in such a way that begins to destroy the internal structure susceptible to greater breakage. Consequently, in the sedimentary matrix there are the remains of microcharcoal, that in their original image would appear full (detritic material) (FitzPatrick, 1984).

More prominent is the presence of hearths and structures of combustion and other characteristics associated with fire. Fruit of the anthropic activity are the ashes present in the sedimentary register, product of the burning and creation of structures of combustion. This presence of ash has been reflected in all the physical-chemical analyzes, but it is in the reading through the thin sections where it has been possible to identify calcareous material coming from ashes and not of geological elements (Singer and Wymer, 1982; Goldberg and Bar-Yosef, 1998 and Marean *et al.*, 2000): the calcine calcite being more translucent and heterogeneous and the calcite coming from the ash much more homogeneous and diffused. Calcite is presented in micrite and comes from the burning of wood charcoals according to their calcitic morphology and is birefringent in XPL (Wattez and Courty, 1987). These combustion characteristics provide high-resolution windows to human activities and fire-related technologies, including fuel type, duration and intensity of burning, cleaning, trampling and pouring (Meignen *et al.*, 2001 y Golberg y Macphail, 2006).

4.8.2.3 Post-depositional processes

Any reading of the archaeological deposit must consider and identify the natural and cultural post-depositional agents and processes that have transformed it (Limbrey 1975, Butzer 1982 and Schiffer 1987). In Martinarri it should be noted that there have been no major episodes of gravitational sedimentation (block falls and coarse fraction) from the shelter that modified the original deposit image.

Even so, a number of human and natural phenomena can affect the character and concentration of the recovered archaeological components. This includes the nature of activities, discarding practices and space concepts, and the microenvironment (Kelly and Wiltshire, 1996). In addition, occupation deposits can be moved and redeposited for an infinite number of reasons: physical and chemical agents (Limbrey 1975, Butzer 1982, Schiffer 1987 and Golberg and Macphail 2006). Within the physical agents we have reworked sediment (penecontemporaneous) by wind, water and humans, trampling of humans and other animals, accumulation of organic material, lithologic material (manufacture of hearths), vertical translocation of different particles by percolation of water, etc. That is why in Martinarri conservation of the anthropic material, especially the remains of bones and charcoals have propensity to their destruction. The chemical agents in the Martinarri deposit are linked to phosphate mineralization and transformation associated with bone dissolution and various decalcification processes (Golberg and Macphail, 2006).

In addition, due to the original organic character, sediments have been reworked by the mesofauna, such as slugs, earthworms, other annelid worms, isopods, insects, etc. This re-elaboration often occurs contemporaneously with sediment formation (Balaam *et al.*, 1987, Stein, 1992 and Goldberg and Macphail, 2006). All this was observed in the study of thin sections where the creation of channels and peloidal elements is observed.

It is also possible to identify bioturbation activity in all the stratigraphic units, where there is a separation between recent material and old material that is incorporated into the sedimentary matrix. The excrement tissues of the earthworm material and organic material are assimilated into the mineral fraction (Aldeias, 2012), presenting as post-depositional cementation. The activity of earthworms is identified on a microscopic scale, in the sediment a grainy and granular reelaboration made of the original sediments is observed (Golberg and Macphail, 2006). The action of bioturbation by gastropod snails is a generalized element in all the stratigraphic units.

As for the chemical aspects of the sediments, the presence of calcite is observed in a secondary state, with micritical cementation in the sedimentary matrix and commonly found fillings and coatings due to the activity of roots, leaving rhizoliths, much more present in wet periods (FitzPatrick, 1984).

4.8.3 Controls and environmental changes in the archaeosedimentary record

Climatic, seasonal and local conditions have strongly influenced the nature and sedimentation rates between different areas of activity in archaeological contexts (Golberg and Macphail, 2006).

In general, it has been detected in all units the presence of chemical elements and different pedofeatures that suggests that the phases of both late Pleistocene and early Holocene are characterized by strong humidity (sediments and humic organic material). These provide poor conservation of the organic material with dissolution of the bone material and the probable difficulty of the burning of the plant material, due to the difficulty of drying them.

Controls and environmental changes within the sedimentary register make differences in the three areas of the shelter:

– On the one hand **the inner area**, marked by a very short sedimentary power (about 70 cm) and with the almost horizontal formation of all stratigraphic units. It has a fairly homogeneous climatic stability. The sedimentological study has been indicative of the humidity of the sediments with very short cold periods (these periods have not been reflected very intensely) and warm periods (key moment for the growth of the vegetation). This is due to its internal location and protection by the visor of the shelter. The colder conditions are associated with the rapid deposition of exogenous sediments or the accumulation of remains associated with the freezing activity, a fact that is not perceptible in Martinarri. But they are associated with wet periods with water drip and biogenic precipitation of carbonates (Courty and Vallverdú, 2001).

– **The middle area**, coinciding with the limit of the visor, is marked by a wet climatic stability with warm periods. The Magdalenian levels are filled by a not very extensive layer (10 cm) of calcium carbonate, with a rather horizontal morphology and a series of voids that seem to reflect the continuous drip from the precipitation of rain, maybe not very intense but very continued. Knowing the problematic, surely these human groups placed a series of slabs of sandstone to avoid the arrival of the water to the inner zone of the shelter.

– Finally, **the outer area** has a higher sedimentary power than the others. This area is totally exposed to the outside without any cover, so this supposes a greater growth of the vegetal mass and more susceptible of the precipitations by rain, the wind, etc. All the stratigraphic sequence is marked by the organic component with humic and dark sediments, surely continuously wet, being complex the burning of the same.

4.9 Conclusions

Prehistoric rock shelters have special geoarchaeological problems and are different from other types of deposits (Golberg and Macphail, 2006), as they can give a faithful testimony of environmental changes and past human activities. The detailed study of the Martinarri site by micromorphology and other micro-techniques has revealed many new insights into the interpretation of geological and archaeological records in the Pleistocene-Holocene transition. The issues of bone preservation and associated diagenesis, for example, not only has ramifications in the interpretation of the archaeological record, but also in the evaluation of the dates derived from the objects and deposits that surround them (Golberg and Macphail, 2006), as in the case of Martinarri deposit.

Represented by a background sedimentation characterized by contributions of fine granulometry, especially of silts and clays (mud) and episodes of sedimentation of coarser granulometries such as sand and small fragments of sandstone from falling of the ceiling and the wall of the shelter (cryoclase). This sediment would come from the erosion of the siliceous and sandy sediments materials and sandy silts of the substratum on which the shelter is settled and developed. It would be deposited by processes of surface runoff (fine sediment) and to in a much less sense, by gravity (sands and small fragments). In the soil deposit fine granulometries such as clays and silts (mud) are deposited, and in the upper zone the deposition is characterized with the presence of sands of coarse granulometry, characterized by the quartz component. In addition, there is the detritic contribution of surface runoff, which is sometimes combined with carbonate sedimentation derived from large presence of ash (hearths) and fragments of bone or secondary phosphates derived from its dissolution/precipitation (as is the case for Units B and B1) all reflected in all the analyzes.

The difference between the inner and the outer zone is that possibly in the inner area a series of waterings would occur that would go to the most inner zone depositing there the carbonates and the quartz grains, which have been observed in all the analyzes. But perhaps the biggest importance is the contributions from anthropic activities. However the in the outer zone, the processes of formation are matched with the very strong contribution of the vegetal material as well as of the silts and clays (mud). All this corresponds to different anthropic activities and different sedimentary environments.

The data obtained from the analysis of determination of Organic Carbon and Nitrogen and Carbon have given results of progressive growth to ceiling of the percentage of Carbon in the analyzed samples of the stratigraphic sequence of the inner area and the outer area. This demonstrates the greater participation of the plant material, as well as the activity of microorganisms, by removing and reworking the original sediments (bioturbation).

4. Martinarri rock shelter

The mineralogical and geochemical data present similar compositions, in which the siliceous element presents its higher proportions corresponding with the rocky substratum of the deposit. Some minerals such as calcite and phosphates are represented as contributions of human activity, differentiating them from other natural components.

The reading of thin sections through the micromorphological study, presents two fundamental differences: on the one hand, all stratigraphic units are characterized by the presence of abundant pedogenic features, such as the presence of bioturbations and root remains, as well as of calcitic aggregates and excrements derived of the activity of worms or the presence of terrestrial snails, all these together with a high content of organic material. This is much more represented in the higher stratigraphic units and within them, more represented in the outer zone of the shelter. These characteristics allow to interpret the different units as a sequence of agradant soils, formed by the development and amalgamation of vegetated soils on the sediments derived from the rocky substratum. On the other hand, the bone and carbonaceous material appears in low proportion and has suffered degradation and destruction. The phosphate component is represented within the sedimentary matrix. On the other hand the carbon material hardly appears intact with numerous microcharcoals represented in the sediments of all the units.

All the analyzes indicate that the archaeological content is closely linked to the formation processes and more concretely to the postdepositional processes. Although the intensity of activities is higher reflected in the units corresponding to the beginning of the Holocene, it seems that we must be cautious in affirming this fact. This is because postpositional processes such as those corresponding to phosphates, siliceous and calcareous content have modified or destroyed the original state of both organic material (bones, charcoals, etc.) and inorganic (flint). In any case everything obeys to different intensities and activities in the rock shelter of Martinarri between the end of the Paleolithic and the Mesolithic.

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

CAPÍTULO 5: EL ABRIGO DE ATXOSTE (VÍRGALA, ÁLAVA)

5.1 Introducción.....	263
5.2 Descripción y formación del abrigo.....	267
5.3 Contexto geológico.....	269
5.4 Contexto arqueológico y cronológico.....	269
5.4.1 Contexto arqueológico.....	271
5.4.2 Contexto cronológico.....	279
5.5 Secuencia estratigráfica.....	281
5.6 Análisis geoarqueológico: Resultados.....	286
5.6.1 Muestras estudiadas.....	286
5.6.2 Granulometrías.....	289
5.6.3 Difracción de Rayos X.....	291
5.6.4 Fluorescencia de Rayos X.....	294
5.6.5 Determinación de Carbono Orgánico y Nitrógeno.....	296
5.6.6 Datos estadísticos: Análisis de Componentes Principales.....	299
5.7 Análisis micromorfológico: Resultados.....	302
5.7.1 Nivel VIII.....	304
5.7.2 Nivel VIII y VIIc.....	308
5.7.3 Nivel VIIc.....	314
5.7.4 Nivel VII.....	320
5.7.5 Nivel VIIb2 y VIIb.....	325
5.7.6 Nivel VIIb y VIb2.....	330
5.7.7 Nivel VIb2 y VIb.....	334
5.7.8 Nivel VI y V.....	340
5.7.9 Nivel V y IV.....	345
5.7.10 Nivel IV y IIIb2.....	351
5.8 Discusión.....	358
5.8.1 Caracterización de los niveles estratigráficos del yacimiento.....	358
5.8.2 Procesos de formación sedimentarios del yacimiento.....	366
5.8.2.1 Procesos de formación naturales.....	366
5.8.2.2 Procesos de formación antropogénicos.....	368
5.8.2.3 Procesos post-deposicionales.....	370
5.8.3 Controles y cambios ambientales en el registro arqueosedimentario.....	372
5.9 Conclusiones.....	374

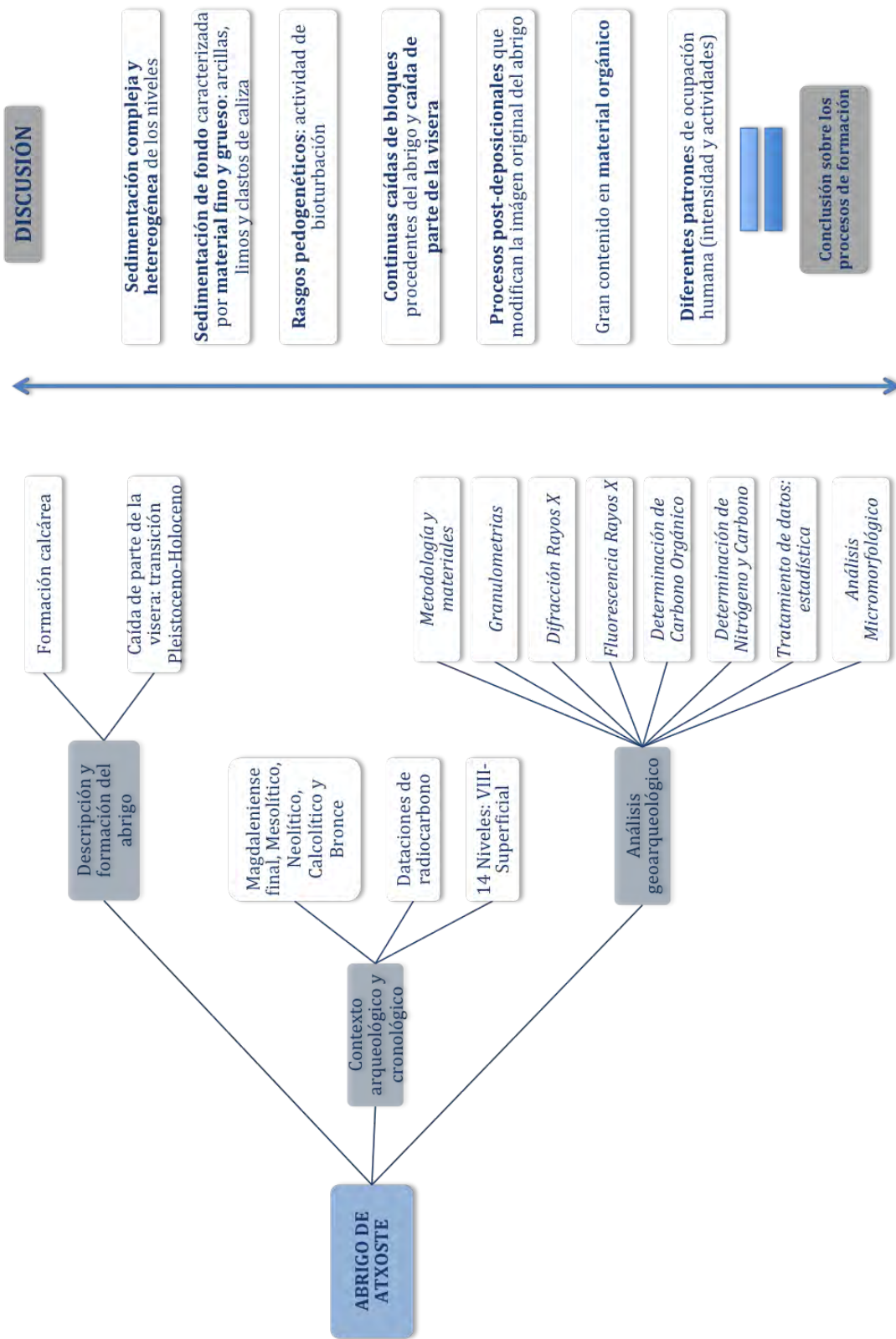


Figura 106 Organigrama de los resultados del yacimiento de Atxoste

5.1 Introducción

El siguiente yacimiento al que hemos aplicado las analíticas geoarqueológicas a las muestras extraídas, es el abrigo de Atxoste (Vírgala, Álava) (Fig. 106). También se identifica someramente, elementos arqueológicos sacados a la luz durante los procesos de excavación de la secuencia central del yacimiento. Los datos serán empleados en la discusión de los procesos de formación del yacimiento y su valor en la interpretación sobre la historia de nuestra secuencia arqueológica. Todo ello bajo un contexto de finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno en la región del Alto Valle del Ebro.

El abrigo de Atxoste se ubica en la localidad de Vírgala Mayor, en el Puerto de Azáceta (Álava) en las coordenadas UTM 543.256- 4.734.406 (Figs. 107 y 108a). Se sitúa en la vertiente sudoriental de las Sierras Centrales de Álava. La parte más interna del yacimiento se encuentra a unos 13m de la orilla del río Aizpea, a unos metros se une al río Berrón discurriendo hacia el valle de Arraia. En consecuencia, se observa un terreno frente al yacimiento con una cierta inclinación E-O pero susceptible de ser utilizado.

Las dimensiones originales del yacimiento son difíciles de identificar, debido a la caída del voladizo, casi en su totalidad, durante el periodo de transición Pleistoceno-Holoceno. El resto de la visera no debió de sobresalir, siendo muy parecido a su imagen actual. A pesar de ello, no fue un impedimento ya que tenemos constancia de ocupación humana durante un largo recorrido cultural. Además se pudo haber recurrido a la construcción de estructuras (hoy en día desaparecidas) adosadas a la pared del abrigo con el fin de construir una techumbre. En consecuencia se han hallado una serie de agujeros de poste que están asociados a una serie de lajas con una cierta disposición en cuña, identificados en los niveles mesolíticos (Alday, 2000a y b y Soto, 2015).

Aunque no se puede reconstruir con exactitud las dimensiones del abrigo, se puede intuir que corresponde a un espacio habitable y mayor al actual, sobre todo en ocupaciones más tardías (Alday, 1996a y Soto, 2015). Su descubrimiento sacó a la luz en sus primeros momentos la dificultad de ver sus características de refugio (Alday, 1996a y Soto, 2015).

Como en el caso de los abrigos de Socuevas y Martinarri, el abrigo de Atxoste se encuentra cercano a otros yacimientos con similitudes en cuanto a formación, cronología y contexto, además de Martinarri (Obécuri, Treviño) y Socuevas (Pobes, Álava), son los yacimientos de Kanpanoste Goikoa y Kanpanoste (Vírgala, Álava) (Fig. 107).

Su descubrimiento fue fruto de prospecciones que en esa área realizó A. Alday y su equipo, gracias en parte a una cita en la Carta Arqueológica de Álava realizada por J.A. Madinabeitia, ubicando erróneamente al yacimiento.

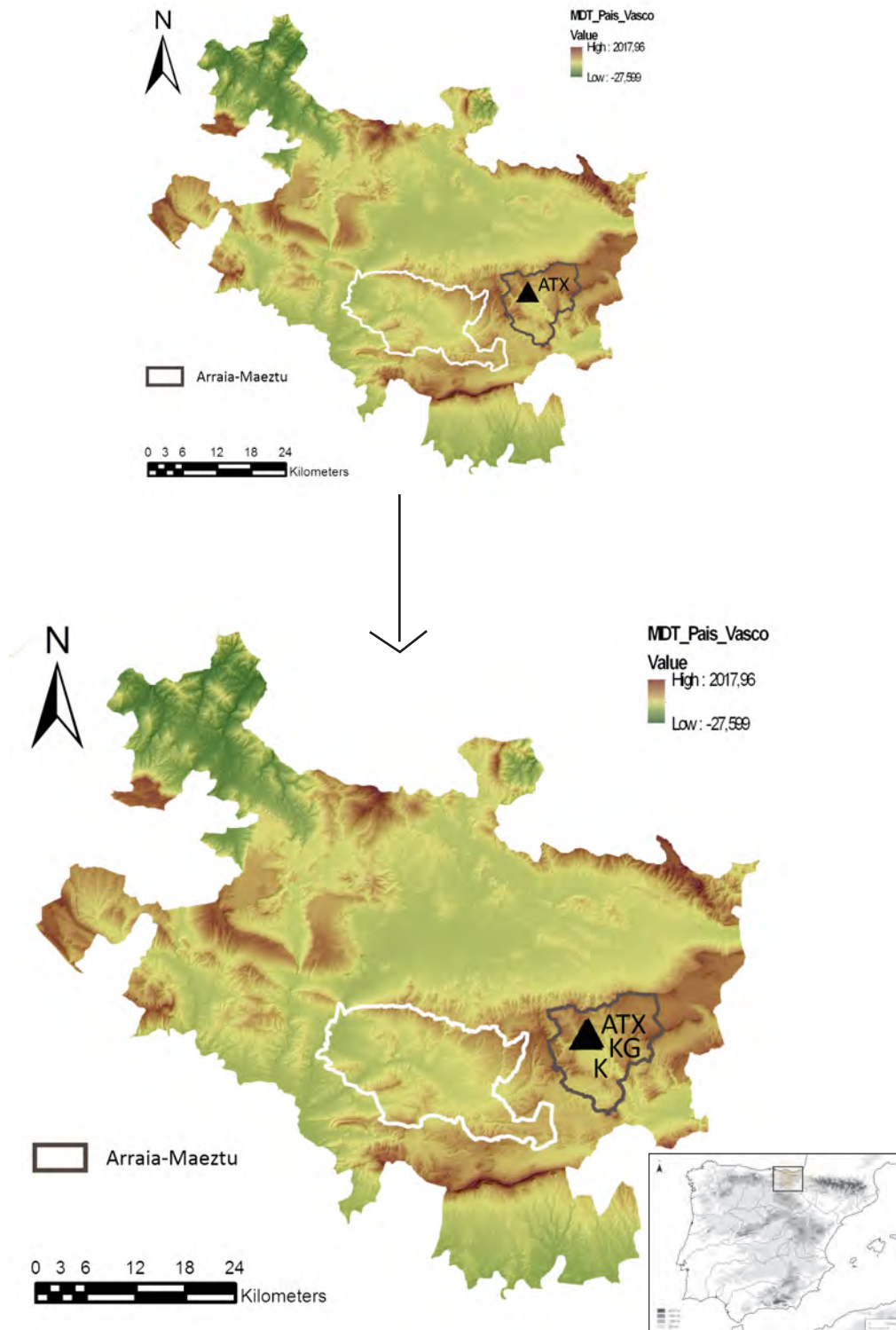


Figura 107 Localización yacimiento de ATX: Atxoste (Vérgala, Álava) y de KG: Kanpanoste Goikoa (Vérgala, Álava) con similares cronologías

5. El abrigo de Atxoste

La primera intervención arqueológica se realiza en 1995, bajo la dirección de A. Alday, reconociendo así su potencial arqueológico (Alday, 1996a). Por aquellas fechas se realizan obras de mejora del Puerto de Azáceta, que sin afectar al yacimiento directamente, si alteraron las condiciones de acceso al mismo.

Sobre el suelo actual, los trabajos arqueológicos pusieron de relevancia una potente estratigrafía de hasta 6 metros de potencia. Las tierras superficiales se disponen en ladera, de tal manera que mientras los niveles inferiores se conservan con integridad, los superiores quedan cortados por la ladera.

Once campañas de excavación fueron llevadas a cabo que sacaron a la luz niveles ricos en material arqueológicos. Muchos de estas unidades estratigráficas fueron analizadas e identificadas con un valor prehistórico, sólo los niveles superficiales y la actual cobertera vegetal, carece de este interés.

Los primeros grupos, que se asentaron en el abrigo de Atxoste, irrumpieron cuando los tiempos glaciares estaban llegando a su fin, en el final del Paleolítico superior o Magdaleniense. En la actualidad climática, el Holoceno, la presencia humana así como sus actividades fueron mucho más intensas.

La situación del yacimiento de Atxoste permite el usufructo en un medio natural muy variado. El yacimiento está localizado en el cierre del Valle de Arraia, el acceso al mismo y a las zonas altas como sus laderas es de fácil acceso.

Durante los procesos de excavación se identificaron una serie de útiles líticos correspondiendo a diferentes actividades y acciones de caza. Todo ello es debido a que el yacimiento de Atxoste se encontraba rodeado de amplios prados y bosques, más o menos densos y de roquedos que serían nichos ideales para ciervos y corzos, uros, jabalíes, sarríos, cabras, caballos, etc. El bosque se encontraría en pleno desarrollo con especies que irían desde los pinos a los robledales y avellanos, tilos, olmos, sauces, tejos y hayas. Todo ello ofrece amplios recursos para madera y alimentos (frutos secos, bayas, postes, etc.).

Desde este punto de vista en Atxoste se identificaron dos grandes paquetes sedimentarios:

a) del final del Pleistoceno y primera fase del Holoceno

b) del Holoceno, propiamente dicho, con sus diversas fases culturales (Mesolítico, Neolítico, Calcolítico y Bronce).



Figura 108 a) Vista aérea del yacimiento de Atxoste (Vírgala, Álava) (extraído de IGME); **b)** Vista del abrigo de Atxoste (Alday *et al.*, 2014b); **c)/d)** Excavación de la zona central del yacimiento y **d)** Detalle de colmatación por carbonatos y grandes bloques de caliza, situados en el área central de la excavación (Fotos: A. Alday)

5.2 Descripción y formación del abrigo

Una parte importante para el buen conocimiento del abrigo de Atxoste es describir el abrigo además de su formación geológica. Localizado en la vertiente sudoriental de las Sierras Centrales de Álava. El yacimiento de Atxoste se ve hoy como un pequeño refugio, que carece de cobertera (Fig. 108a y b). No obstante la imagen que tenía cuando fue ocupada sería muy diferente. La parte más interna del abrigo dista en torno a unos 13m de la orilla del río Aizpea, el cual a escasos metros se une al río Berrón. De esta manera, Atxoste se dispone en un terreno que presenta cierta inclinación E-O pero perfectamente susceptible de ser ocupado.

El yacimiento se abre en uno de los denominados bancos calizos del Puerto de Azáceta, cerrando por el norte el diapiro de Maestu. Éste puerto separa dos regiones geográficas bien identificadas: la Llanada Alavesa y el Valle de Araya. El abrigo se conforma como parte de un amplio farallón de calizas del Eoceno. Se ha producido una desigual erosión de los materiales geológicos de este periodo (margas, arcillas, calcarenitas, areniscas, etc.) formando así un paisaje que se caracteriza por los numerosos escarpes con sus correspondientes oquedades. Es aquí donde el abrigo de Atxoste se conforma bajo uno de estas oquedades, con una orientación hacia el sur (Soto, 2015). Es conocido este terreno como las landas de Atxoste.

En los niveles inferiores, la cubierta del abrigo se localizaría a una mayor altura con respecto al suelo. En consecuencia se reduciría esta medida según se iban formando los diferentes paquetes sedimentarios. Con la última ocupación del abrigo (uso como lugar funerario) se alcanzaría el límite quedando prácticamente colmatado (Soto, 2015).

Es perceptible el carácter calcáreo del yacimiento (Fig. 108c, d y e). Que aportará granulometrías gruesas y finas a la formación de las diferentes unidades estratigráficas así como su cercanía al río del que probablemente se produzcan filtraciones, no muy abundantes, hasta el yacimiento. Además, hay que contar que la caliza es un elemento muy susceptible de roturas, desgaste, erosiones, etc. por lo que las filtraciones de agua procedentes del río así como las precipitaciones y heladas ha desvirtuado la imagen original del yacimiento. La falta de una cobertera muy pronunciada hace que la zona susceptible de ocupación quede casi al aire libre y propensa a sufrir la meteorología y el crecimiento de una masa vegetal.

Situaciones de formación de abrigos con estas cronologías los observamos en otros yacimientos cercanos como son Kanpanoste Goikoa (Vírgala, Álava), Mendandia (Sáseta, Treviño) y también como hemos visto previamente en el yacimiento de Socuevas (Pobes, Álava) de un modo más acusado y el yacimiento de Martinarri (Obécuri, Treviño), aunque éste último guarda su imagen prehistórica hasta la actualidad sin apenas cambios.

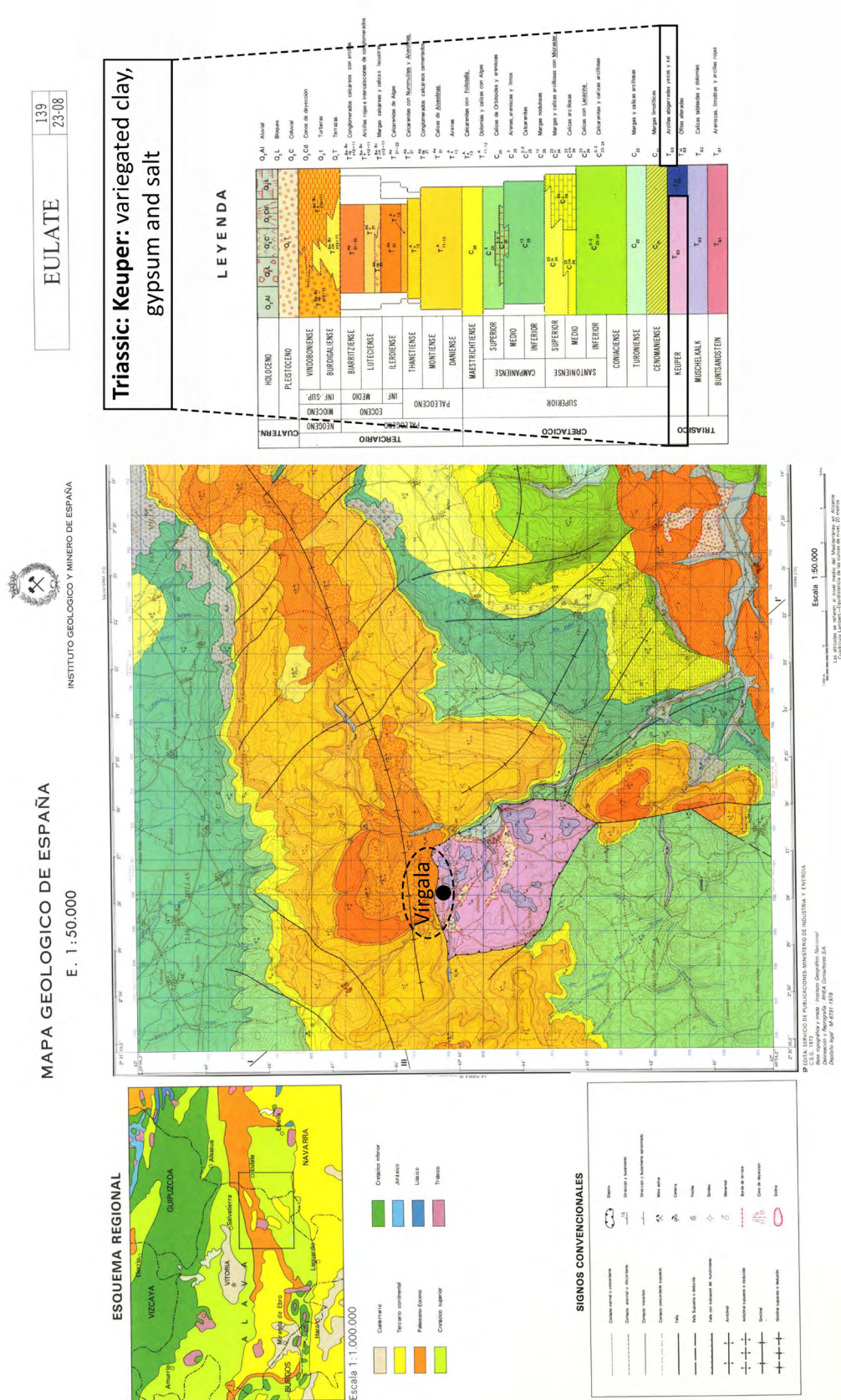


Figura 109 Mapa geológico Hoja no 139 (modificado del IGME) con numeración T₆₃

5.3 Contexto geológico

La zona de estudio ocupa el municipio de Arraia-Maeztu, en la población de Vírgala (Álava), en la cartografía geológica pertenece a la Hoja nº 139 (Eulate) (Fig. 109).

Esta Hoja de Eulate se concentra en las provincias de Álava y Navarra, geológicamente hablamos de la región de la Cuenca Cantábrica (con hiatos y lagunas estratigráficas a techo del Cretácico y en el Terciario marino).

Los materiales, sedimentos y formación geológica del entorno son una conjunción de elementos: *Triásico* (materiales con la fase Keuper del diapiro de Maestu, con arcillas abigarradas, yesos y sal, hay presencia de ofitas en la zona sur-oriental asomadas en una falla ligada a Dos Hermanas), *Cretácico Superior* (con *Cenomaniense* al *Masstrichtiense* con lagunas estratigráficas), *Terciario marino* (aflorando en el sinclinal de Urbasa, presencia de sedimentos marinos y continentales) y por último la representación de sedimentos del *Cuaternario* (lentejones irregulares en aluviones y coluviones) con una extensión bastante breve (Carreras y Ramírez del Pozo, 1967). Entre Maestu y Apellaniz se extiende una amplia llanura de carácter circular y que corresponde a una gran estructura de diapiro. En esta estructura se encuentran sedimentos arcillosos cubiertos, en su mayoría por un manto coluvionar de origen cuaternario y los cuales están muy desarrollados (Sáenz de Olazagoitia, 2004). Esas arcillas tienen influencia de masas de calizas, carniolas y dolomías. Los límites del diapiro se encuentran pequeños crestones de calizas brechoides. En estas calizas abundan muchos restos fósiles (lamelibranquios), sobre las que se disponen niveles de arena (Sáenz de Olazagoitia, 2004).

La acción tectónica la vemos representada en la región de nuestro abrigo de Atxoste, el diapiro de Maestu (dentro de la carta geológica con numeración T_{G3} (IGME, 1933) a superficie resulta difícil la identificación si no fuera por diversos afloramientos de ofitas. El diapiro funciona como una zona tectónica de carácter débil permitiendo la existencia de aguas de acuíferos atravesados por arcillas (Sáenz de Olazagoitia, 2004). En consecuencia parecen manantiales con un caudal muy pequeño y en zonas deprimidas aparecen lagunas de muy pequeño tamaño. En las zonas contiguas se encuentran sedimentos de calizas tableadas y dolomías triásicas. El yacimiento del abrigo de Atxoste se asienta sobre sedimentos del *Triásico* con fase *Keuper*. El abrigo de Atxoste formaría parte de un amplio farallón rocoso de formación caliza del *Eoceno* (Soto, 2015), en el cual nos encontramos una serie de formación en donde los escarpes con diferentes huecos son bastante comunes.

5.4 Contexto arqueológico y cronológico

Durante los procesos de excavación (Fig. 110) se diferenciaron una serie de unidades estratigráficas que quedarán definidas e identificadas en el subapartado sobre

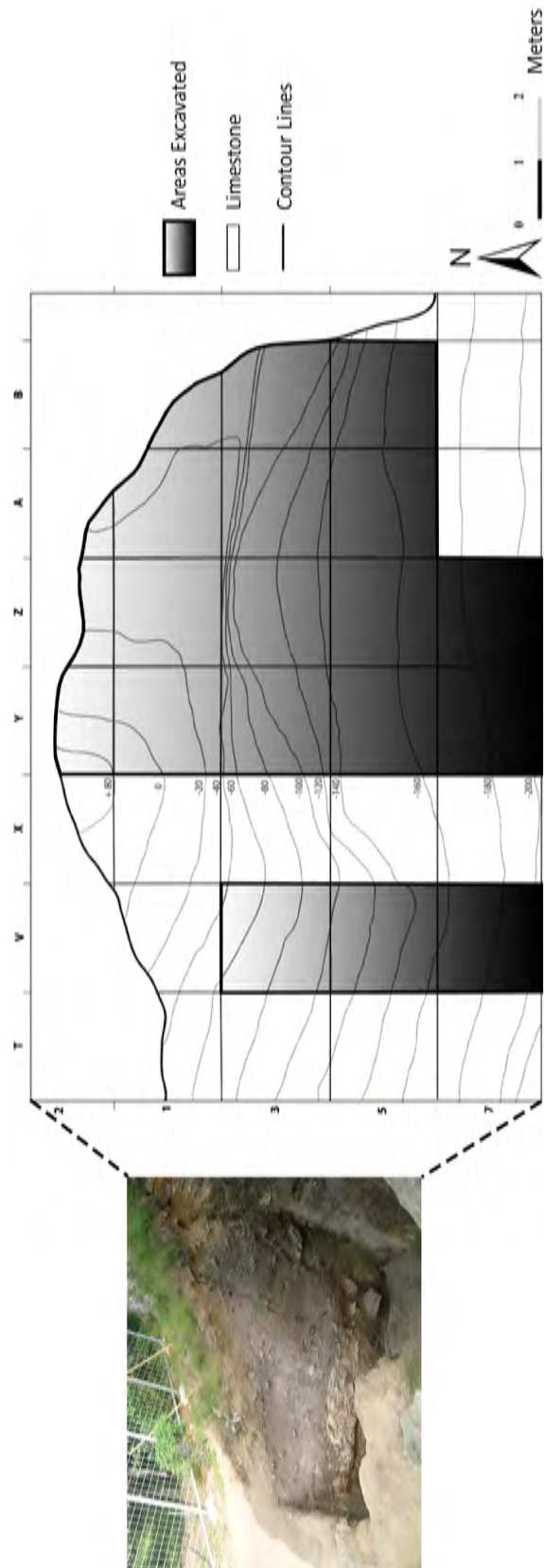


Figura 110 Área excavada del yacimiento durante las campañas 1996-2006

la secuencia estratigráfica. Hay que matizar que este estudio se ha realizado en la zona central del yacimiento, por lo que nos dispondremos a describir el material arqueológico así como el sedimentológico de esa área. El área central del abrigo es la superficie principal de la excavación. Se sitúa en la parte más oriental del abrigo extendiéndose unos 14m² (según los niveles). Dispone de dos zonas muy diferenciadas entre sí. Este estudio está centrado en el área que está dispuesta bajo la cubierta del abrigo y la desarrollada en el espacio delantero y que queda al aire libre.

Durante los años 1996-2006 se realizaron once campañas de excavación donde se recuperó un amplio material arqueológico, en número y en cronología. Se realizó durante estas campañas el trabajo de campo oportuno, según la metodología aplicada estándar: la definición de un plano de referencia o plano 0 desde donde se toman las profundidades, la división de la superficie de excavación según una cuadrícula de 1m², éstos fueron subdivididos en 9 sectores de 33x33cm, se rebajó los sedimentos en diversas semitallas de unos 5cm mientras fuera posible y manteniendo la división de diferentes horizontes estratigráficos así como las diferentes estructuras identificadas, se realizaron los trabajos de laboratorio (lavado, siglado y catalogación). La potencia sedimentaria del abrigo de Atxoste, unos 6 metros, es una de las más amplias de la zona del Alto Valle del Ebro y mejor secuenciada. Desde su base caracterizada por las fases finales del Magdaleniense, posteriormente se observa el asentamiento de grupos mesolíticos. La secuencia estratigráfica propia del Mesolítico abarca todas las fases culturales e industriales (laminar, muescas y denticulados y gemométrico) que culmina en el Neolítico inicial. El abrigo de Atxoste además cuenta con cronologías del Calcolítico y Bronce, con una fase funeraria final.

5.4.1 Contexto arqueológico

Los diferentes niveles estratigráficos se denominarán con números romanos a excepción de las diferentes subunidades que serán nombrados con letras en minúsculas (Fig. 111).

El primero de los niveles identificados es el Superficial encontrado en la mayor parte de la superficie excavada. Con una disposición en ladera con una inclinación bastante acusada. Con una potencia sedimentaria de unos 30 centímetros. No aparece ningún material de carácter prehistórico y ni siquiera de carácter histórico. Por lo que se define este nivel como estéril. Se trata del nivel que mantiene la cobertura vegetal actual.

La siguiente unidad estratigráfica es el Nivel I con una potencia de unos 40 centímetros. La transición con el Nivel II se halló restos funerarios y se estableció el uso funerario del abrigo.

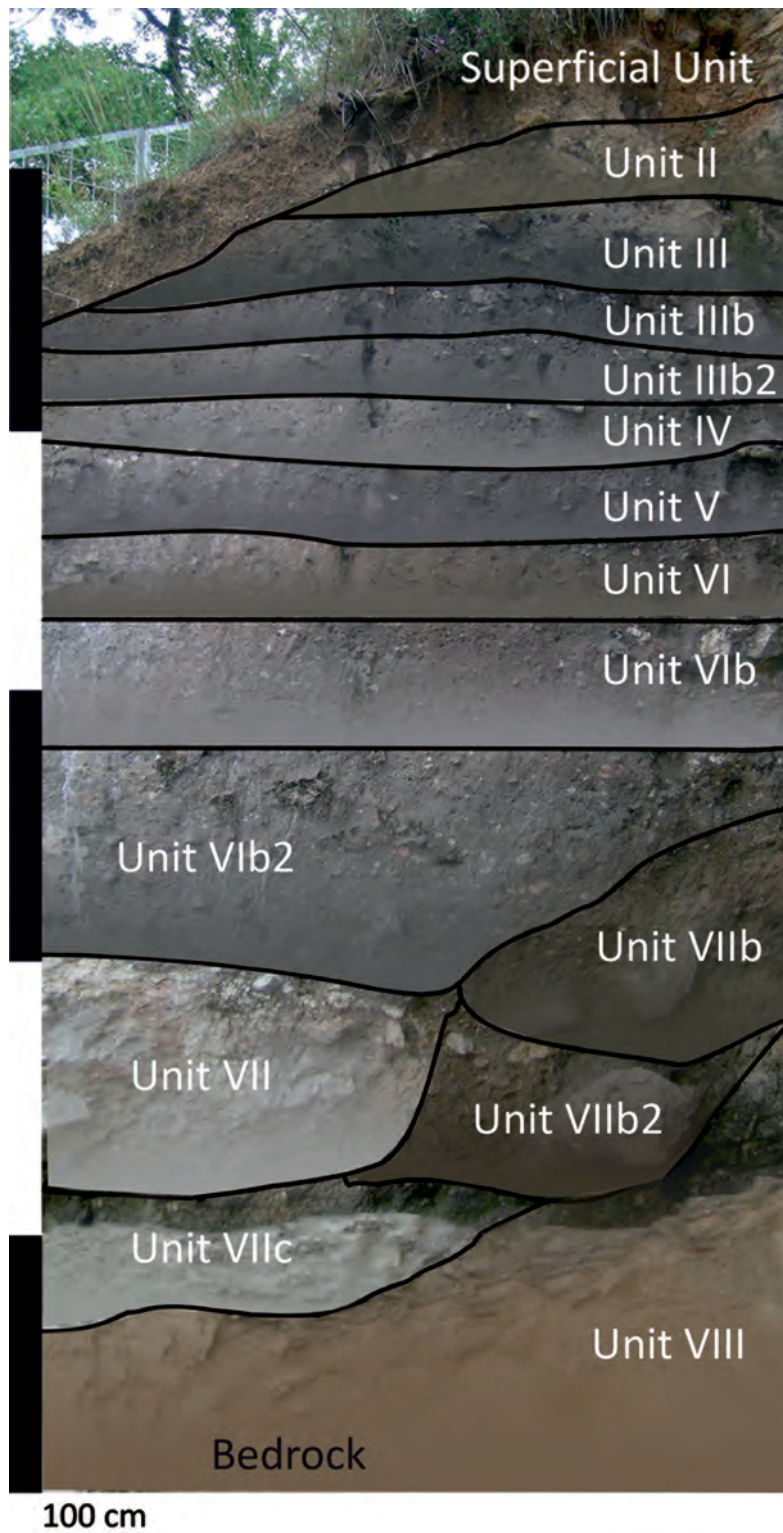


Figura 111 Identificación de los Niveles Superficiales-VII del yacimiento con la identificación de las coloraciones de los sedimentos

5. El abrigo de Atxoste

Se identifica esta unidad adecuada para su empleo en actividades funerarias. Se recuperó además material cerámico y lítico y restos humanos de una decena de individuos (Alday, 1996a). Los ritos funerarios se establecieron en Atxoste sobre el techo del Nivel II. Las acciones para adecuar el espacio funerario produciría una mezcla de materiales de uno y otro nivel. En consecuencia es difícil mantener una distinción exacta.

Durante los trabajos de excavación se definió la transición entre en Nivel I y II con una potencia sedimentaria de 15 centímetros. En el se mezclan materiales de la fase funeraria, comienza la participación de elementos de carbón.

En cuanto al Nivel II con una potencia media de unos 15 centímetros y llegando en algunos casos hasta los 35 centímetros. El material arqueológico recuperado en este nivel se adscribe a la cultura material del Neolítico, con alguna visita posterior Calcolítica. La industria lítica comprende unos 150 restos de talla, una docena de láminas, una muesca doble, dos lascas retocadas, un raspador y un segmento con retoque de doble bisel (Alday, 1996a). Se recuperaron en la excavación unos fragmentos de ofita y fragmentos de material cerámico de varios recipientes lisos y con decoraciones incisas. De entre otros materiales se detectaron fragmentos de ocre, mineral de hierro, un fragmento distal de espátula ósea así como un asperón. De fauna se ha recuperado medio millar de fragmentos correspondientes a especies como cabra, ciervo y jabalí y unos pequeños fragmentos correspondientes a humanos (Alday, 1996a), remanentes del posterior uso funerario del abrigo.

La siguiente unidad estratigráfica excavada fue el Nivel III se divide en Nivel IIIa en la zona superior y IIIb en la zona inferior.

El Nivel IIIa con una potencia media de unos 15 centímetros. Se caracteriza por el porcentaje amplio de colonias de *Helix nemoralis* (gasterópodos) y el aumento progresivo del material arqueológico: más de un centenar de piezas de sílex de restos de talla, raspadores, dorsos, denticulados, geométricos con dos segmentos con retoque en doble bisel y dos trapecios de retoque abrupto (Alday, 1996a); más de dos centenares y medio de fragmentos de cerámica (Fig. 112), con decoraciones incisas e impresas, lisos. También se recuperó como un millar de fragmentos faunísticos la mayoría pertenecientes a ungulados. En otros materiales se ha hallado una serie de fragmentos de ocre y minerales de hierro, muy presentes en la zona (Alday, 1996a).

Le sigue el subnivel Nivel IIIb, con una potencia media de unos 30 centímetros, en el cual se ha recuperado el siguiente material arqueológico: unos setecientos restos de sílex no retocados y con una base de láminas y unos sesenta elementos de sílex retocados. Dentro de estos destacan los triángulos, segmentos en doble bisel y un trapecio, dorsos, láminas retocadas, muescas y denticulados, truncaduras y raspadores (Alday, 1996a). En la industria cerámica se han recuperado una serie de fragmentos lisos de recipientes no identificados y fragmentos decorados con impresión y boquique. En el caso de los

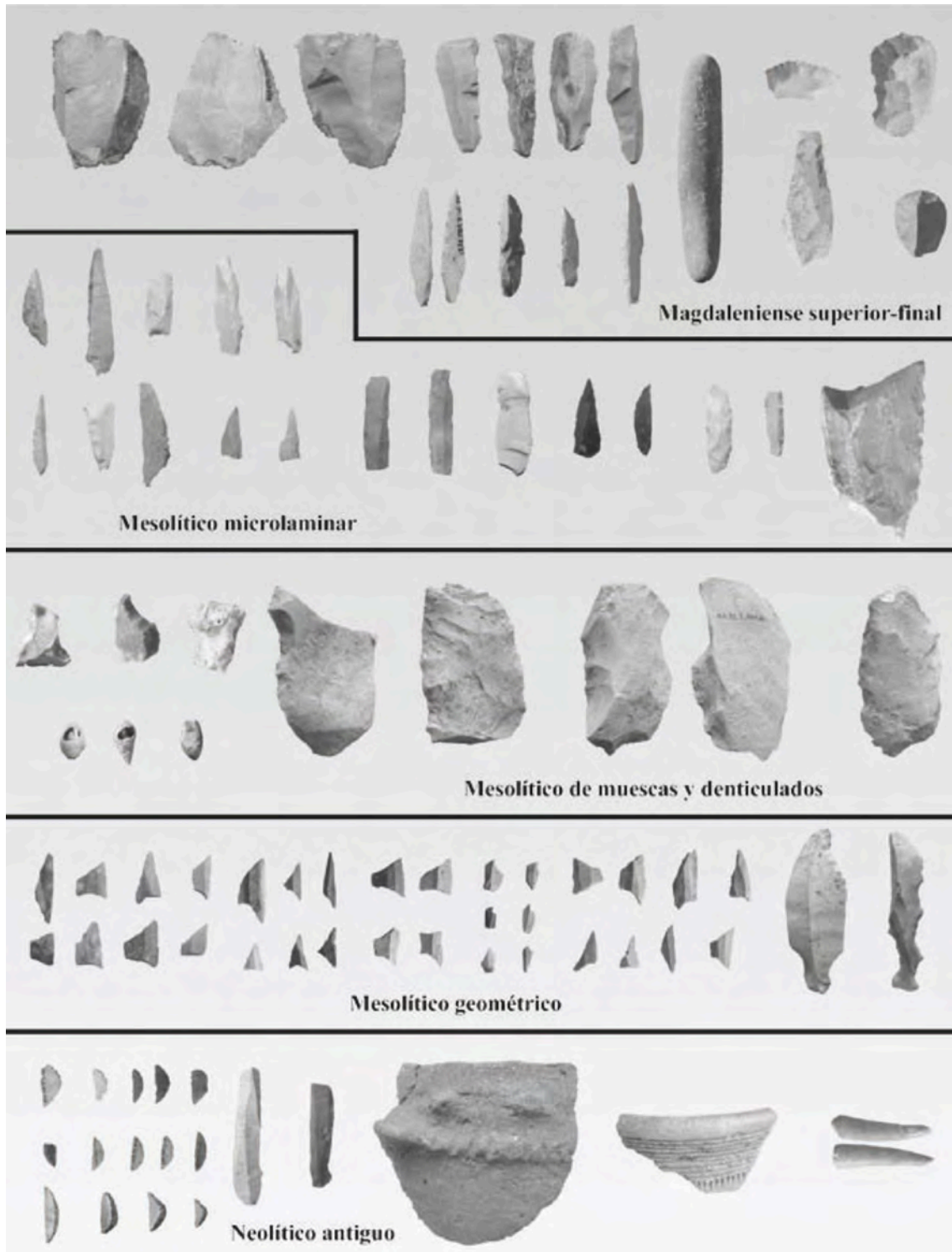


Figura 112 Material arqueológico recuperado durante los procesos de excavación: Neolítico antiguo; Mesolítico geométrico; de muescas y denticulados; microlaminar y Magdaleniense superior-final (Fotos: A. Alday)

elementos de hueso se han hallado unos cinco mil fragmentos pertenecientes a ciervos, jabalí, uro y cabras. Se han descrito algunos elementos trabajados, con el excepcional pitón de ciervo decorado (Alday, 1996a). Además la recuperación de un molino (Fig. 113a y b) cuyos estudios realizados a través del análisis de fitolitos, procedencia del soporte, caracterización traceológica y su caracterización geológica ha señalado la intensa actividad del procesado de materiales vegetales (Alday *et al.*, 2014b).

Se ha identificado también un subnivel, el Nivel IIIb2. Con una potencia media de unos 20 centímetros. En el material arqueológico se ha identificado: unos tres mil restos en material lítico, siendo representativo el porcentaje muy amplio de las piezas retocadas. Con el dominio significativo de los geométricos, triángulos, trapecios y dorsos (Fig. 112), más los raspadores, muescas y denticulados y una baja representación de perforadores. En cuanto al material faunístico unos nueve mil fragmentos han sido recuperados, correspondiéndose con especies procedentes de diversos ambientes ecológicos: roquedo, espacios abiertos y monte bajo. En otros materiales se han hallado una serie de ocras, semillas vegetales, un punzón óseo, minerales de hierro y algún percutor (Alday, 1997b). La unidad estratigráfica se puede adscribir, tras el estudio y caracterización del material arqueológico, al Mesolítico geométrico.

La siguiente unidad estratigráfica excavada fue el Nivel IV con un espesor medio de 25 centímetros. Se han identificado algunas estructuras, reconocidas como varios hogares, principalmente en las semitallas finales del nivel. Algunas de ellas están bien delimitadas y en forma de cubeta con varios centímetros de profundidad. Las bolsadas de caracoles han desaparecido prácticamente (Alday, 1998b). En su material arqueológico ha sido recuperado: unas dos mil piezas de sílex, la mayor parte conforman los restos de talla. Dentro del material retocado su máximo exponente lo encontramos con los geométricos (Fig. 112 y 113c) (trapecios y triángulos), junto a los denticulados, raspadores, microburiles, dorsos, truncaduras y muescas, muy cercanas estas a los modelos campañoides (Alday, 1998b). De fauna se recuperaron uno ocho mil fragmentos de muy pequeño tamaño. Dentro del apartado de otros materiales recuperados se han hallado una serie de elementos como son; cristales de roca, materiales colorantes, conchas, ofita, material de carbones y dentro de la industria ósea se ha hallado un punzón y una espátula sobre hueso (Alday, 1998b). Según el estudio del material arqueológico se estableció su permanencia al Mesolítico geométrico.

Al Nivel IV le sigue el Nivel V con un espesor medio de unos 20 centímetros, dependiendo de los cuadros. Es significativo la ausencia de caracoles. Como en el anterior nivel estratigráfico aquí se han hallado una serie de estructuras conformadas por una serie de bloques calizos con una cierta disposición circular y adosados a restos de quema. El material lítico recuperado dista con la tradición laminar vigente. El material lítico de esta unidad se basa en la producción de lascas y en la pérdida de elementos geométricos, sustituidos en su mayoría por muescas y denticulados (Fig. 112) (Alday, 1998b).

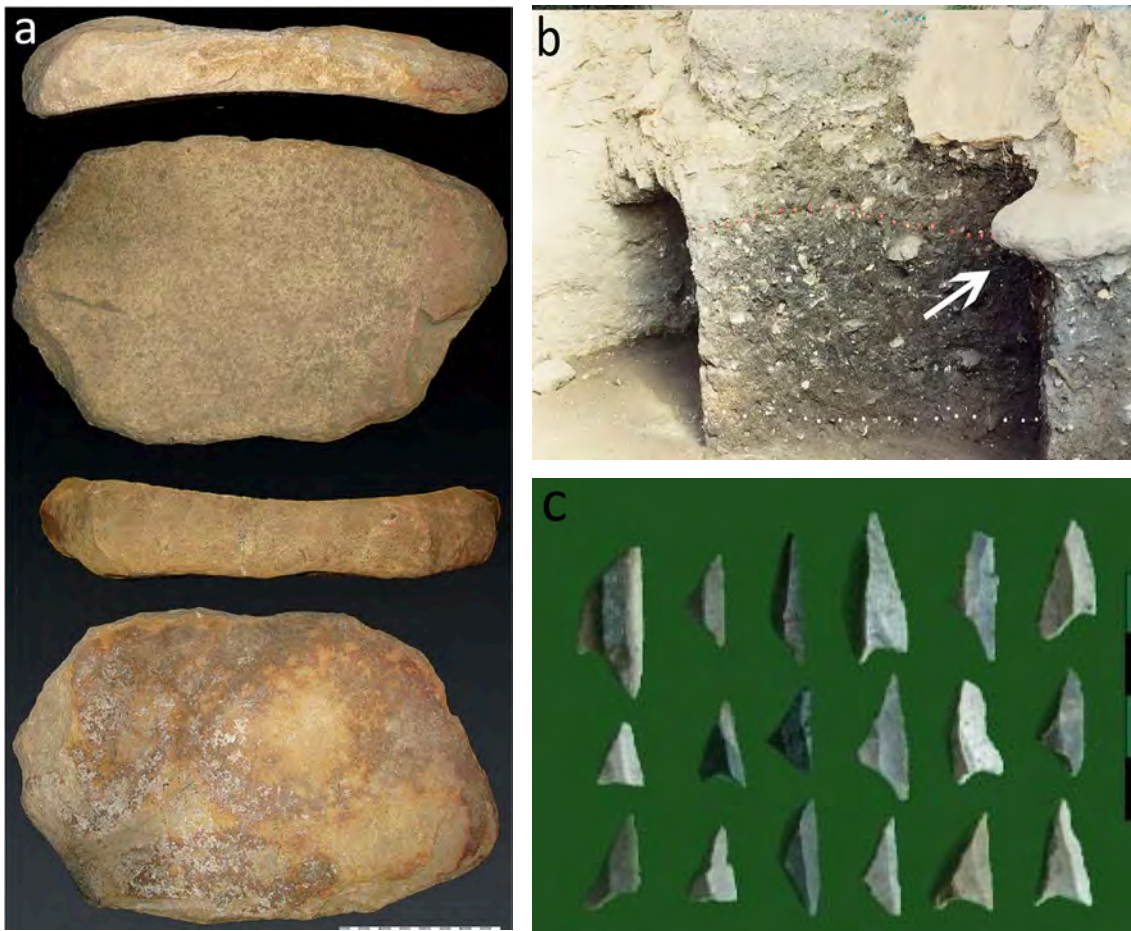


Figura 113 a) Diferentes vistas del molino (Alday *et al.*, 2014b); b) Molino en el momento del descubrimiento (Alday *et al.*, 2014b) referentes al nivel Neolítico y c) Geométricos del nivel Mesolítico recuperados durante los procesos de excavación

En cuanto a los restos de fauna se han hallado unos ocho mil restos muy fragmentados. Otros materiales recuperados han sido cantos rodados, un retocador, ofitas, un canino atrofiado de ciervo, material colorante y algún fragmento de concha (Alday, 1998b). Todo este material arqueológico definido y caracterizado al Mesolítico de denticulados.

Este Nivel VI se caracteriza por ser un denso paquete de metro y medio de potencia y con una compleja formación e identificación y descripción durante los trabajos de excavación. Se caracteriza por la presencia de gasterópodos con la especie *Helix nemoralis* (Fig. 114b). En cuanto al material arqueológico se ha definido como muy similar a la anterior unidad estratigráfica recuperándose el siguiente material: en la industria lítica unas mil piezas, un alto porcentaje en los restos de talla y material retocado, destacando el número de muescas y denticulados (Fig. 114a). En cuanto al material óseo se han recuperado unas tres mil piezas. Otros materiales recuperados

han sido una serie de cantos rodados y una serie de colorantes y un punzón óseo (Alday, 1998b). Por lo que como el nivel anterior analizado, este Nivel VI se adscribe a la cultura material del Mesolítico de denticulados.

Le sigue el subnivel VIb con una potencia media de unos 15 centímetros. Se localizaron una serie de estructuras de combustión, identificado como un hogar con forma circular y con restos de combustión y adosados a materiales de carbón. El material arqueológico recuperado: unos cuatrocientos elementos de sílex (dorsos, las muescas y denticulados y algunas lascas retocadas). De fauna se han recuperado unas dos mil evidencias óseas de pequeño tamaño y bastante fragmentados. Otros materiales hallados han sido identificado una serie de cantos rodados, como posibles alisadores (Alday, 2000b).

Le sigue el subnivel VIb2 con una potencia media de 20 centímetros. El material recuperado ha sido el siguiente: más de un millar de restos de sílex (núcleos, dorsos, lascas retocadas, raspadores, raederas, denticulados, un buril pero sobre todo es fundamental la presencia de los soportes laminares) (Fig. 112). De fauna destacan el bajo número de material en hueso a comparación de los anteriores niveles. Más de un millar de elemento en hueso se han recuperado, fragmentos de muy pequeño tamaño y muy fragmentados. En otros materiales se han hallado diferentes cantos rodados, un asta, alguno fragmento óseo trabajado y por último una serie de colorantes (Alday, 1999b). Estos dos niveles se adscriben a la cultura material del Mesolítico laminar.

El Nivel VII cuya características es que el material recuperado se encuentra y procede de una cultura diferente a las anteriores unidades estratigráficas. Nos acercamos a un periodo nuevo marcado por una diferente identidad cultural. Este Nivel VII con una potencia media de unos 80 centímetros, el de mayor potencia sedimentaria, aunque en algunos sectores llega a alcanzar un metro. Se ha identificado el siguiente material: unas doscientas evidencias, la mayor parte han sido recuperados los restos de talla. Dentro de los elementos retocados están los láminas, puntas de dorso, raspadores, raederas, buriles, perforadores y muescas (Fig. 112). De fauna unas doscientas evidencias con numerosas marcas de descarnamiento. Otros materiales recuperados tenemos minerales de hierro, plaquetas de areniscas planas y una serie de cantos rodados (Alday, 2002a). Todo este material arqueológico ha sido definido y estudiado dentro del marco cronológico perteneciente al Magdaleniense final.

Le sigue el subnivel VIIb localizado solo en algunos sectores, por lo que es difícil estipular el espesor de la secuencia sedimentaria. Unos quinientos elementos de sílex han sido recuperados, dominado por los restos de talla y elementos retocados. Las piezas retocadas vienen dominadas por los dorsos, hojas con retoques marginales, raspadores, raederas, buriles, denticulados, truncaduras y perforadores. En restos de fauna se han recuperado unos cuatro centenares, identificables se han recuperado varias astas de ciervo. Otros materiales hallados se han recopilado una serie de cantos

rodados (Alday, 2002a). Este subnivel se ha adscrito a los finales del Pleistoceno, adscrito al Magdaleniense final.

Otro episodio sedimentario ha sido definido y caracterizado como el subnivel VIIb2, hallado sólo en algunos sectores. También resulta complicado estipular su potencia sedimentaria. Se han recuperado los siguientes elementos arqueológicos: del material lítico se han hallado unos dos centenares de elementos de sílex que destacan los restos de talla y núcleos y en material retocado armaduras con retoque abrupto, buriles, láminas con retoque marginal y raederas (Fig. 112). De fauna medio centenar de restos muy fragmentados y de pequeño tamaño. Se han identificado varias astas. Otros materiales recuperados se han identificado minerales de hierro (Alday, 2002a). Todo estos elementos arqueológicos se siguen adscribiendo a las fases finales del Pleistoceno con la cultura material del Magdaleniense final.

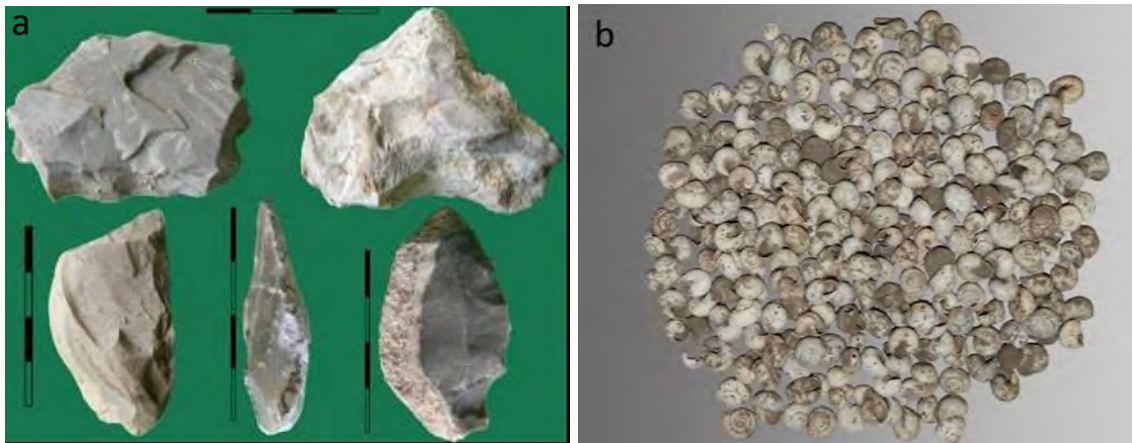


Figura 114 a) Muestras y denticulados recuperados durante el proceso de excavación en el Nivel VI y **b)** Gasterópodos recuperados en el Nivel VI

Le sigue una subunidad con interés arqueológico, el subnivel VIIc. Con una colección arqueológica antigua e interesante en cuanto a su diversidad y composición. Es difícil estipular una potencia sedimentaria de este nivel estratigráfico, ya que solo se adscribe a unos sectores dentro del yacimiento. Se han hallado una serie de estructuras de combustión con una forma circular y adscritos al descubrimiento de material de carbones. En el material arqueológico recuperado tenemos material de sílex, unos cinco centenares de restos líticos. En su mayoría son restos de talla y en los elementos retocados tenemos dorsos apuntados, láminas y lascas, denticulados, muescas, raspadores, truncaduras y buriles (Fig. 112). De fauna se han identificado medio millar de restos, algunos de ellos presentan marcas de corte. Otros materiales recuperados se encuentra algún canto rodado y mineral de hierro (Alday, 2002a).

El último nivel adscrito a una cultura material arqueológica es el Nivel VIIc, correspondiendo el material a las fases finales del Magdaleniense. Pero el último nivel

estratigráfico excavado fue el Nivel VIII, identificado como estéril. Se constituye como la base no arqueológica que soporta toda la secuencia estratigráfica. Salvo por algún fragmento lítico recuperado en la zona superficial, y vinculados a la anterior unidad, carece de interés arqueológico.

5.4.2 Contexto cronológico

Los primeros asentamientos de estos grupos humanos en el abrigo se localizan en los niveles excavados en la zona externa del yacimiento de Atxoste, Niveles H2 y F2 así como el Nivel VII, genérico. Todos ellos se deben de tomar como una única unidad cultural. La cultura material dominada por dorsos, raederas y raspadores se ajusta a los cánones del magdaleniense terminal. Una batería de dataciones radiocarbónicas confirman esa hipótesis (Tabla XXX y Fig. 115).

Tenemos para estos Niveles H2 y F2 de los primeros asentamientos las fechas de 15140-14315 calBP y 14088-13762 calBP respectivamente. Ligeramente más tardías son las del VII: 13750-13481 calBP, 13730-13366 calBP, 13741-13457 cal BP y 13730-13429 calBP (Alday, 2006b). Son compatibles también sus industrias con las de los cercanos lugares de la cueva de Arrillor (Zigoitia, Álava), Anton Koba (Oñati, Guipúzcoa), Berniollo (Subijana, Álava) y Socuevas y Martinarri.

El subnivel VIb corresponde con grupos epipaleolíticos, con influencia sauveterriense (Alday, 2002). Se caracteriza por los elementos retocados caracterizados por su base laminar (Alday, 2002a). Con una dataciones correspondientes a 11086-10601 calBP y 11133-10691 calBP. Contamos con los registros radiocarbónicos de varios yacimientos con cronologías muy similares: Martinarri (11256-11170 calBP) y Berniollo (Subijana, Álava) con 9940 ± 490 BP (Alday *et al.*, 2003).

El siguiente conjunto cultural está representado en los Niveles VI y V. Respecto a la tecnología lítica, pasamos a un periodo con series lascas, y retoques simples escamosos (Soto, 2015), propios del mundo de los conjuntos mesolíticos de muescas y denticulados, conviviendo con raspadores, raederas y perforadores. Respecto al Nivel VI tenemos dataciones con 10148-9548 calBP y 9670-9310 calBP y para el Nivel V 9031-8658 calBP, 8855-8455 cal BP y 8699-8459 calBP.

Se puede casar con una serie de dataciones en diversos yacimientos cercanos: Kanpanoste Goikoa III-inf (Vírgala, Álava) con 7860 ± 330 BP y 7620 ± 80 BP, Mendandia IV (Sáseta, Treviño) con 7810 ± 330 BP y 7780 ± 60 BP (Alday *et al.*, 2003c).

El último episodio del periodo Mesolítico corresponde al geométrico, evidenciado en Atxoste en los niveles IV y IIIb2. En el material arqueológico se retoma las dinámicas de funcionamiento laminar, para la producción de armaduras geométricas triangulares

Unit	Depth	Reference	Material Pretreatment	Radiometric value	Calibration CalPal 2 Sigma
I	45	GrA-9786	Bone collagen	3360±40	3,695-3,480 calBP
I	60	GrA-9787	Bone collagen	3470±40	3,843-3,636 calBP
I	70	GrA-24684	Bone collagen	3680±50	4,151-3,880 calBP
I	70	GrA-6846	Bone collagen	4730±50	5,585-5,324 calBP
I	70	GrN-22739	Bone collagen	4560±110	5,577-4,878 calBP
I	70	GrA-24683	Bone collagen	4980±50	5,891-5,602 calBP
III	155	GrA-13414	Bone collagen	6050±40	7,005-6,785 calBP
III	160	GrA-9789	Bone collagen	6220±50	7,257-6,997 calBP
IIIb2	170	GrA-13415	Bone collagen	6940±40	7,915-7,679 calBP
IIIb2	180	GrA-13417	Bone collagen	6710±50	7,665-7,490 calBP
IIIb2	180	GrA-13468	Bone collagen	7140±50	8,041-7,850 calBP
IV	190	GrA-13418	Bone collagen	7340±70	8,326-8,012 calBP
IV	190	GrA-13468	Bone collagen	7480±50	8,383-8,129 calBP
IV	200	GrA-13419	Bone collagen	6970±40	7,927-7,696 calBP
IV	200	GrA-13470	Bone collagen	8080±50	9,232-8,771 calBP
V	210	GrA-13447	Bone collagen	7810±40	8,699-8,459 calBP
V	225	GrA-13448	Bone collagen	8030±50	8,855-8,455 cal BP
V	225	GrA-13472	Bone collagen	7830±50	9,031-8,658 calBP
VI	240	GrA-15700	Bone collagen	8510±80	9,670-9,310 calBP
VI	265	GrA-15699	Bone collagen	8760±80	10,148-9,548 calBP
VIb	294	GrA-15858	Bone collagen	9550±60	11,133-10,691 calBP
VIb	310	GrA-35142	Bone collagen	9510±50	11,086-10,601 calBP
VII	405	GrA-22865	Bone collagen	11720±70	13,730-13,429 calBP
VII	415	GrA-22866	Bone collagen	11760±70	13,741-13,457 cal BP
VII	425	GrA-23107	Bone collagen	11690±80	13,730-13,366 calBP
VII	435	GrA-22900	Bone collagen	11800±60	13,750-13,481 calBP
F2	457	GrA-19554	Bone collagen	12070±60	14,088-13,762 calBP
H2	500	GrA-19503	Bone collagen	12540±80	15,140-14,315 calBP

Tabla XXX Dataciones realizadas del yacimiento de Atxoste (calibrado con el programa Oxcal)

y trapeciales y dorsos que conviven con raspadores, láminas de retoques continuos, raederas y microburiles (Alday, 2006b). Para estas unidades estratigráficas se han obtenido las dataciones radiocarbónicas: En el Nivel IV tenemos las fechas de 9232-8771 calBP, 7927-7696 calBP, 8383-8129 calBP y 8326-8012 calBP. Para el Nivel IIIb2 hemos obtenido las fechas de 8041-7850 calBP, 7665-7490 calBP y 7915-7679 calBP. Se pueden encontrar los paralelos en diversos yacimientos del Alto Valle del Ebro y cercanías. Es el caso del yacimiento de Fuente Hoz III (Anúcita, Álava) con 8120 ± 240 BP, 7140 ± 120 BP y 7880 ± 120 BP. También tenemos dataciones de similares condiciones en Kanpanoste Goikoa III-sup (Vírgala, Álava) con 6360 ± 70 BP y 6550 ± 260 BP y en Mendandia III-inf (Sáseta, Treviño) con 7620 ± 50 BP. También tenemos los casos navarros de Aizpea I (Anve, Navarra) con las fechas de 7790 ± 70 BP, 7160 ± 70 BP, 6830 ± 70 BP y 6600 ± 50 BP (Alday *et al.*, 2003c).

El último gran episodio de asentamiento en el abrigo de Atxoste se corresponde con las unidades estratigráficas IIIb, III, II.

Del Nivel III con fechas de 7257-6997 calBP y 7005-6785 calBP. Corresponde a un nivel en el que se han hallado un buen número de fragmento cerámicos junto con una industria lítica caracterizada por láminas retocadas y segmentos de doble bisel. Se puede casar con lo que ocurre en otro yacimientos contiguos en cuanto a material arqueológico y en dataciones radiocarbónicas. Tenemos los casos de Fuente Hoz II (Anúcita, Álava) con las fechas de 6120 ± 280 BP, Peña Larga IV-inf (Cripán, Álava) con un 6150 ± 230 BP y 5830 ± 110 BP, Mendandia III-sup (Sáseta, Treviño) con 7210 ± 80 BP, 7180 ± 45 BP, 6540 ± 70 BP y 6440 ± 40 BP, el yacimiento de Zatoya I (Abaurrea Alta, Navarra) con un 6320 ± 280 BP y Los Husos (Alday *et al.*, 2003c). Hablamos de los episodios del Neolítico antiguo.

En cuanto al Nivel II no se han obtenido dataciones radiocarbónicas, representa una unidad con una ocupación poco intensa y el material arqueológico recuperado se encuentra parcialmente mezclado junto con restos funerarios del Nivel I.

La siguiente unidad estratigráfica del cual se han obtenido una serie de dataciones radiocarbónicas es el Nivel I, del Calcolítico e inicios del Bronce, y con actividad funeraria, cuyos restos antropológicos se hallaron desordenados y con ajuar escaso. De esta unidad estratigráfica tenemos las siguientes fechas: 5891-5,602 calBP, 5577-4,878 calBP, 5585-5324 calBP, 4151-3,880 calBP, 3843-3.636 calBP y 3695-3.480 calBP.

Tenemos similitudes en diversos yacimientos adscritos al Calcolítico y cercanos. Estos yacimientos son: Kanpanoste Goikoa II (Vírgala, Álava) con 4550 ± 40 BP, 4350 ± 60 BP, 3430 ± 60 BP y 4190 ± 100 BP, el yacimiento de Berniollo (Subijana, Álava) con unas fechas de 3910 ± 100 BP y la Peña de Marañón b (Marañón, Navarra) con unas dataciones de 4350 ± 80 BP, 3710 ± 160 BP y 3610 ± 60 BP (Alday *et al.*, 2003).

5.5 Secuencia estratigráfica

Durante los trabajos de excavación se identificaron una serie de niveles y subniveles estratigráficos (Fig. 116) según su coloración (Tabla XXXI), textura, composición, matriz, disposición, etc.

Las labores de excavación comenzaron en el Nivel Superficial (Fig. 116): una capa vegetal con abundantes raíces y de material orgánico proveniente de esta actividad de la masa vegetal. Son sedimentos de carácter granuloso, pulverulento, con participación de una serie de bloques procedentes de retiradas de bloques para el acondicionamiento de la senda de acceso al término. Su coloración viene caracterizada por tonalidades de color marrón-grisáceo.

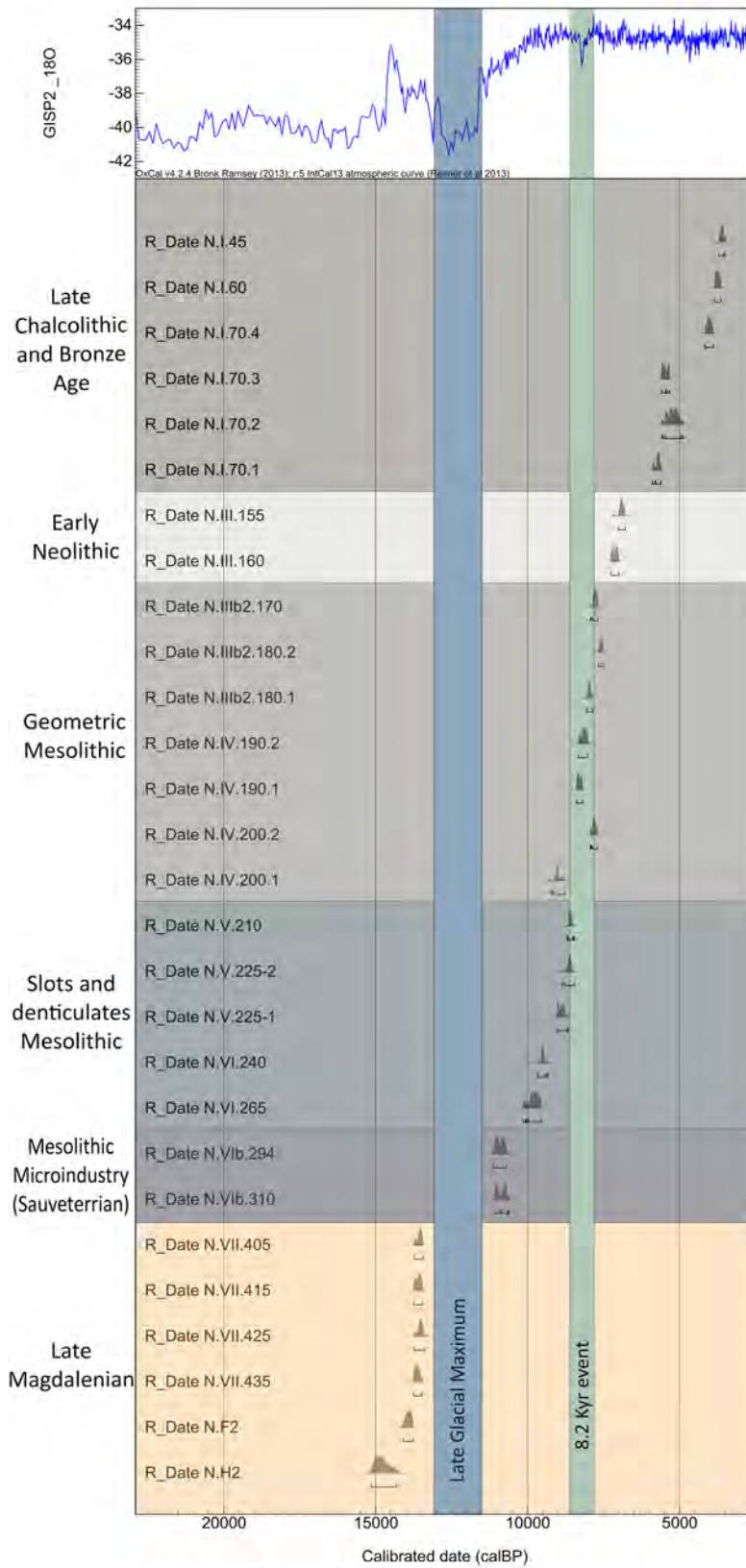


Figura 115 Calibraciones y datos GISP2_180 del yacimiento. Véase el hiato correspondiendo con el último máximo glacial y el evento 8.2 con ocupación humana en el yacimiento de Atxoste

El Nivel I (Fig. 116), mantiene unas características sedimentarias muy similares a la anterior unidad, aunque el carácter herbáceo va desapareciendo progresivamente. Son unos sedimentos con un carácter menos granulosos y más limosos, también más sueltos por ser la fase funeraria. La coloración es marrón clara cambiando a coloraciones más oscuras según profundizamos.

Según profundizamos en la secuencia sedimentaria los sedimentos se vuelven más compactos. En el Nivel II (Fig. 116) desaparece el carácter vegetal, se observa un enriquecimiento del material grueso, de bloques calizos producto de desprendimientos de pared y techo del abrigo. La coloración no es homogénea en todo el nivel, con colores que van desde los grisáceos a los marrones.

Los subniveles del Nivel III (Fig. 116) son muy similares pero se observan algunas diferencias señalables. Inicialmente es una capa amarillenta y polvorienta calcárea, con una matriz limosa y sufre la pérdida del componente grueso calcáreo. En consecuencia dará a los sedimentos una coloración amarilla o marrón muy claro y oscureciéndose según profundizamos, cambio en la tonalidad que se puede atribuir a la presencia de numerosos restos de carbones. Otra característica de este nivel es la presencia de colonias de *Helix nemoralis* como aporte e incorporación a la formación sedimentaria. A suelo el mayor oscurecimiento y limosidad de los sedimentos. Caracterizan a IIIb2, disminuyendo además la fracción gruesa.

Tras este nivel se señala un cambio composicional y de coloración, el Nivel IV (Fig. 116). Los sedimentos se caracterizan por ser más limosos, con un aumento de la granulosidad, un descenso considerable de *Helix nemoralis*, así como de la fracción más gruesa, aunque en los cuadros más cercanos a la pared son más susceptibles a la caída de bloques de la pared del abrigo. Los sedimentos son mucho más compacto que en las anteriores unidades. Las coloraciones son marronáceas, dependiendo de la degradación de la caliza.

En el Nivel V (Fig. 116) hay un aumento progresivo de *Helix nemoralis*, inmersos en unos sedimentos marrones oscuros con una serie de lentejones rojizos (debido a la degradación de calcarenitas y presencia de óxidos de hierro), blanquecinas (debido a los gasterópodos y degradación de la caliza) y negruzcas (debido a los carbones).

El Nivel VI (Fig. 116) es de formación compleja, debido a que parte de la cobertera del abrigo se derrumbó y afectó a estas unidades por procesos físico-químicos, sobre todo en las primeras subunidades. En consecuencia, presentan abundantes bloques calizos y bloques parcialmente fragmentados. Es por ello que este gran paquete sedimentario se han individualizado varias subunidades con caracteres diferentes (VIb, VIb2). Es por ello que las coloraciones, texturas, matrices, etc. sean heterogéneas. El Nivel VI se caracteriza por su coloración con marrones claros y rojizos por el componente de óxidos de hierro de ciertas calcarenitas.

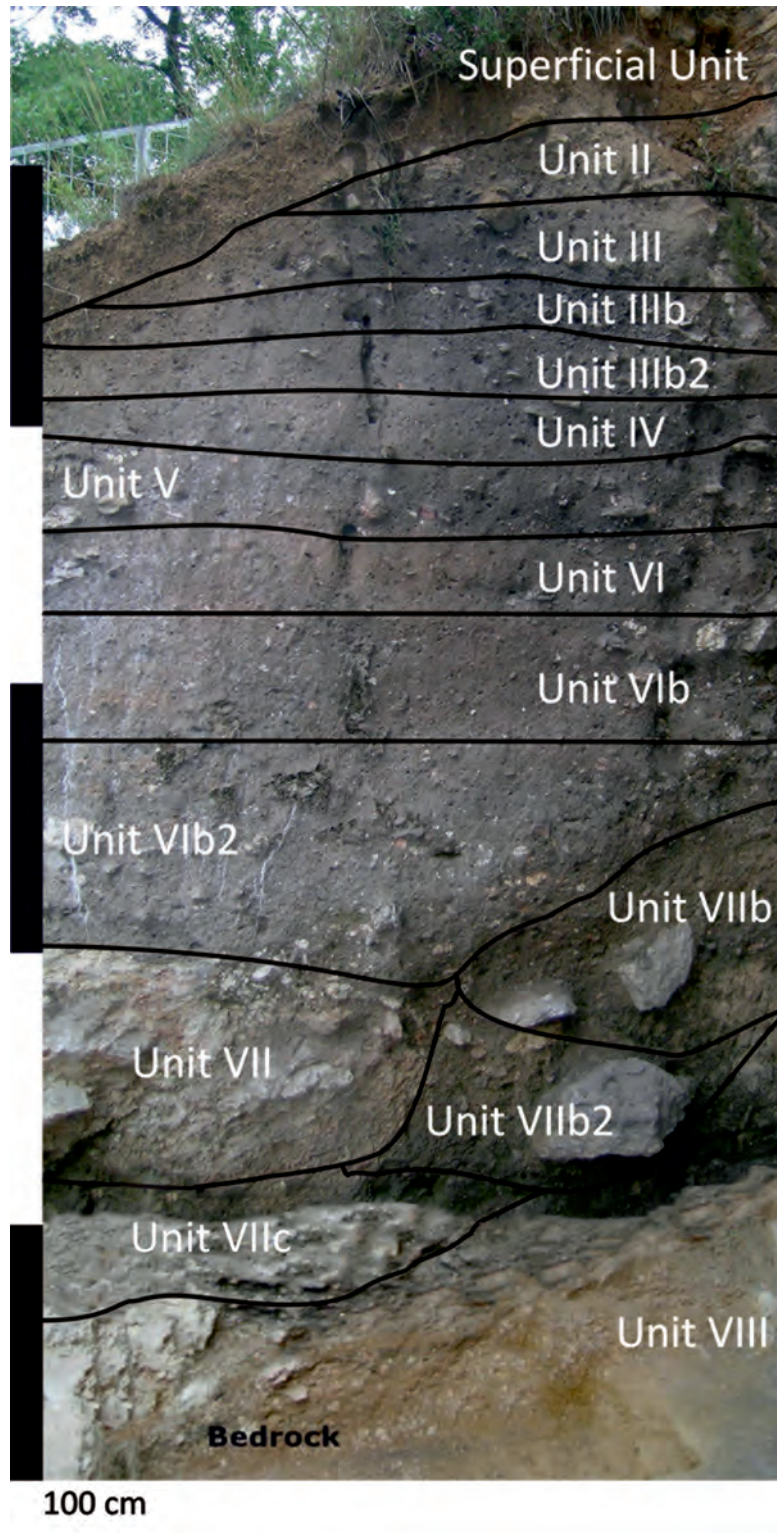


Figura 116 Identificación de los Niveles Superficiales-VIII del yacimiento de Atxoste

El subnivel VIb (Fig. 116) mantiene los caracteres que veníamos observando. La diferencia es la mayor presencia de clastos angulosos y bloques calizos, incluyendo abundantes estructuras de combustión.

El subnivel VIb2 (Fig. 116) con una composición y textura en los sedimentos muy similar al anterior, aunque con sedimentos más claros (tonos amarillentos a gris y blanquecinas) debido a una degradación del material calizo.

El Nivel VII con una potente secuencia sedimentaria y de complejidad a la hora de definir coloración, textura, composición, matriz, disposición, etc. (Fig. 116). Se adscriben a esta unidad realidades diferentes con la participación de la fracción más gruesa (subunidades VIIb, VIIb2 y VIIc).

El Nivel VII es un nivel con escasa matriz sedimentaria, muy arcillosa y caracterizada por la presencia de bloques y fragmentos calizos en estado de descomposición. En consecuencia observamos colores amarillentos en los sedimentos.

El subnivel VIIb (Fig. 116) viene definido y caracterizado por ser unos sedimentos menos compactos mezclado con la caliza degradada. Por ello dará una coloración más blanquecina a los sedimentos.

En el siguiente subnivel, VIIb2, muy parecido al anterior aunque con el aumento de la fracción gruesa de bloques de calizas (Fig. 116). Sus sedimentos se caracterizan por tener colores muy similares a lo anterior pero con la presencia de una serie de lentejones rojizos que se originan, seguramente, por la presencia de óxidos de hierro.

El subnivel VIIc menos arcilloso y con mayor presencia de material orgánico, incluido carbones (Fig. 116). En consecuencia vemos un mayor oscurecimiento de los sedimentos.

La última unidad caracterizada e identificada es el Nivel VIII (Fig. 116). Constituye la base de la secuencia sedimentaria. Su componente principal son arenas y arcillas del diapiro de Maestu y su situación muy próxima y prácticamente a la misma altura del cauce del río Berrón. La textura del sedimento es muy compacto y con una coloración amarillenta y anaranjada.

Unit	Samples	Depth (cm)	Munsell Soil Color Chart	Color
IIIb	1	140	10R 5/2	Weak red
IIIb	2	156-160	10R 5/2	Weak red
IIIb2	3	160-165,5	10R 5/2	Weak red
IIIb2	4	170-175	10R 5/2	Weak red
IIIb2	5	180-185	10R 5/2	Weak red
IV	6	190	10R 4/2	Weak red
IV	7	210	10R 4/2	Weak red
V	8	235	10R 4/2	Weak red
V	9	250	10R 4/2	Weak red
VI	10	260-265	10R 4/2	Weak red
VI	11	285	10R 4/2	Weak red
VIIb	12	305	7.5YR 5/3	Brown
VIIb	13	325	7.5YR 6/4	Light brown
VII	14	350	7.5YR 6/4	Light brown
VII	15	370	10YR 7/4	Very pale brown
VII	16	390	10YR 7/4	Very pale brown
VII	17	410-415	2.5YR 8/4	Pale yellow
VII	18	420-425	2.5YR 8/4	Pale yellow
VIIb	19	405-410	2.5YR 8/3	Pale yellow
VIIb	20	410-415	10YR 7/3	Very pale brown
VIIb2	21	410-415	10YR 8/3	Very pale brown
VIIb2	22	420-425	10YR 8/3	Very pale brown
VIIc	23	405-410	2.5YR 8/3	Pale yellow
VIIc	24	408-415	10YR 7/3	Very pale brown
VIIb2	25	420	10YR 8/2	Very pale brown
VIIb2	26	440	10YR 8/2	Very pale brown
VIIb2	27	460	10YR 8/2	Very pale brown
VIIb2	28	480	10YR 8/4	Very pale brown
VIIb2	29	500	10YR 8/6	Yellow
VIII	30	510	10YR 5/8	Yellowish brown
	31	3E	10YR 5/8	Yellowish brown
	32	50E	2.5Y 3/3	Dark olive brown
	33	AZ rio	5YR 4/4	Reddish brown
	34	120W	5YR 3/4	Dark reddish brown

Tabla XXXI Caracterización del color del sedimento de las muestras analizadas granulométricamente de la secuencia central del yacimiento

5.6 Análisis geoarqueológico: Resultados

Una vez analizado, identificado y caracterizado todos los datos a escala macroscópica en relación a cada nivel estratigráfico así como la redacción de todos los elementos del material arqueológico, el siguiente paso a seguir es analizar nuestros sedimentos arqueológicos desde una escala microscópica.

5.6.1 Muestras estudiadas

Los siguientes subapartados nos encargaremos de identificar y realizar una interpretación final a colación de la presentación de resultados procedentes de la realización de una serie de métodos en el campo geoarqueológico. Estos métodos son el análisis granulométrico, difracción y fluorescencia de rayos X, determinación de Carbono Orgánico, determinación de Nitrógeno y Carbono. Todos los datos serán tratados a partir del análisis estadístico con la identificación de componentes principales.

Las muestras para la realización de las granulometrías se tomaron y georeferenciaron por A. Alday durante las campañas de excavación: a lo largo de los 6 metros de secuencia, se tomaron cada 5 centímetros siempre que fue posible. Se han seleccionado aquellas muestras que corresponden a toda la secuencia magdaleniense y mesolítica, cubriendo las fases finales del Pleistoceno y el inicio del Holoceno (siguiendo hasta el Neolítico) así como el tránsito entre ambas. Además se han seleccionado cuatro muestras de sedimento suelto de los alrededores del yacimiento. El estudio se ha centrado en el análisis granulométrico de 34 muestras de sedimento suelto que corresponden a las unidades estratigráficas de la VIII al IIIb correspondientes al Corte Sur de los cuadros Z1 y Corte Oeste de los cuadros Y2 y 3. Además de la recogida de cuatro muestras cercanas al yacimiento (Fig. 117).

La sigla que se ha empleado en cada muestra es la siguiente:

- AZ-1 y 2 corresponden a las unidades IIIb (2 muestras).
- AZ-3 a la 5 corresponden a las unidades IIIb2 (3 muestras).
- AZ-6 y 7 corresponden a la unidad IV (2 muestras).
- AZ-8 y 9 corresponden a la unidad V (2 muestras).
- AZ-10 y 11 corresponden a la unidad VI (2 muestras).
- AZ-12 y 13 corresponden a la unidad VIb (2 muestras).
- AZ-14 a la 18 corresponden a la unidad VII (5 muestras).
- AZ-19 y 20 corresponden a la unidad VIIb (2 muestras).
- AZ-21 y 22 y 25 a la 29 corresponden a la unidad VIIb2 (7 muestras).
- AZ-23 y 24 corresponden a la unidad VIIc (2 muestras).
- AZ-30 corresponden a la unidad VIII (1 muestra).
- AZ-31 corresponde a 3 metros al Este del yacimiento (1 muestra).
- AZ-32 corresponde a 50 metros al Este del yacimiento (1 muestra).
- AZ-33 corresponde a la zona del lecho del río cercano al yacimiento (1 muestra).
- AZ-34 corresponde a 120 metros al Oeste del yacimiento (1 muestra).



Figura 117 Muestras extraídas de zonas cercanas al yacimiento y la localización del yacimiento de Atxoste: AZ-31 corresponde a 3 metros al Este del yacimiento, AZ-32 corresponde a 50 metros al Este del yacimiento, AZ-33 corresponde a la zona del lecho del río cercano al yacimiento y AZ-34 corresponde a 120 metros al Oeste del yacimiento

Las demás analíticas se geolocalizan de la siguiente manera: han sido seleccionadas 58 muestras de sedimento suelto de las cuales 49 proceden de la columna estratigráfica del área central del yacimiento del cuadro Z1, 5 del área exterior (concretamente del intervalo a 240-245cm de profundidad), y 4 muestras de control en distintas zonas cercanas al yacimiento (a 120m al oeste, a 3m al este, a 50m al este y del lecho del río).

La sigla que se ha empleado en cada muestra es la siguiente:

- AZ-90,110 y 140 y 1 a la 3 corresponden a las unidad IIIb (6 muestras).
- AZ-4 a la 18 corresponden a las unidades IIIb2 (15 muestras).
- AZ-190, 210 y 19 a la 21 corresponde a la unidad IV (5 muestras).
- AZ-235, 250 y 24 a la 28 corresponden a la unidad V (7 muestras).
- AZ-22, 23 y 285 corresponden a la unidad VI (3 muestras).
- AZ-305, 325, 350 corresponden a la unidad VIb (3 muestras).
- AZ-370, 390 corresponden a la unidad VII (2 muestras).

- AZ-29, 32 a la 34 corresponden a la unidad VIIC (4 muestras).
- AZ-30, 31, 35 a la 40 corresponden a la unidad VIIb2 (8 muestras).
- AZ-41 corresponde a la unidad VIII (1 muestra).
- AZ-3E corresponde a 3 metros al Este del yacimiento (1 muestra).
- AZ-50E corresponde a 50 metros al Este del yacimiento (1 muestra).
- AZ-lecho-río corresponde a la zona del lecho del río cercano al yacimiento (1 muestra).
- AZ-120W corresponde a 120 metros al Oeste del yacimiento (1 muestra).

5.6.2 Granulometrías

Se muestran a continuación los resultados obtenidos así como las variables más representativas del análisis granulométrico del yacimiento de Atxoste. Las granulometrías más gruesas se han tomado también en cuenta a la hora de calcular los porcentajes granulométricos de las muestras, calculándose el peso total de la muestra y el peso final de la fracción fina después de pasarlo por el tamiz (1.250 mm). Se han extraído las siguientes variables del análisis estadístico de los datos granulométricos: grupo textural, el sesgo, la *kurtosis* (Anexo Chapter5- Tabla A1 y Fig. A2) y los porcentajes de grava, arena, limo, arcilla y fango (suma de limo y arcilla) (Tabla XXXII).

Los análisis granulométricos de las muestras a lo largo de la secuencia han dado resultados muy diversos entre sí. Los mayores porcentajes de gravas han sido identificados en los niveles IIIb (95,70%) y V (95,75%) así como en la muestra correspondiente al lecho del río (91,69%) (Tabla XXXII). Los porcentajes menores de gravas se dan en el nivel VIII (10,88%) (Tabla XXXII). En general, se observa que el contenido en gravas y las demás fracciones granulométricas (arena y fango) se anticorrelacionan. Pueden así definirse 5 fases evolutivas a lo largo de la secuencia estratigráfica. Se han identificado cinco fases muy diferenciadas a lo largo de la secuencia (Fig. 118).

El primer grupo ha sido identificado desde 510cm a 440cm de la secuencia estratigráfica (le pertenecen los Niveles VIII y VIIb2). Se caracteriza por un progresivo crecimiento en la fracción de grava (10,88-73,24%) y un gran e irregular descenso de la fracción arena (8,54-33,69%).

El segundo grupo se ha identificado desde los 440cm hasta los 380cm de la secuencia estratigráfica (le pertenecen los Niveles VIIb2, VIIC, VIIb y VII). Se caracteriza por el aumento progresivo y muy heterogéneo de la fracción grava (13,53-88,88%) y

Unit	Samples	Depth (cm)	% Gravel	% Sand	% Silt	% Clay	% Mud	G/S
IIIb	1	140	95,70	2,25	0,28	1,78	2,05	42,59
IIIb	2	156-160	35,21	31,87	2,46	30,38	32,91	1,10
IIIb2	3	160-165,5	17,63	42,83	4,20	35,34	39,54	0,41
IIIb2	4	170-175	17,32	50,77	2,40	29,52	31,92	0,34
IIIb2	5	180-185	43,64	36,41	1,52	18,37	19,95	1,20
IV	6	190	64,30	17,07	2,25	16,35	18,64	3,77
IV	7	210	77,59	12,17	1,14	9,12	10,24	6,38
V	8	235	65,49	19,64	1,69	13,15	14,87	3,33
V	9	250	95,75	2,41	0,22	1,62	1,84	39,81
VI	10	260-265	58,40	23,59	2,45	15,60	18,01	2,48
VI	11	285	72,22	12,86	1,53	13,39	14,92	5,62
VIb	12	305	88,76	4,35	0,73	6,16	6,89	20,41
VIb	13	325	68,02	11,99	2,24	17,75	19,99	5,67
VII	14	350	79,47	7,90	1,38	11,25	12,62	10,06
VII	15	370	71,88	13,41	1,80	12,91	14,70	5,36
VII	16	390	42,07	23,93	4,00	30,07	34,01	1,76
VII	17	410-415	43,52	5,99	4,35	46,14	50,49	7,27
VII	18	420-425	32,82	20,63	4,23	42,33	46,56	1,59
VIIb	19	405-410	40,45	15,13	4,82	39,54	44,42	2,67
VIIb	20	410-415	59,72	6,49	4,07	29,73	33,80	9,21
VIIb2	21	410-415	46,81	8,56	4,73	39,90	44,63	5,47
VIIb2	22	420-425	13,53	22,91	6,57	56,98	63,55	0,59
VIIc	23	405-410	35,31	8,80	6,86	49,10	55,90	4,01
VIIc	24	408-415	88,88	4,79	0,82	5,51	6,33	18,54
VIIb2	25	420	60,70	17,14	2,40	19,73	22,17	3,54
VIIb2	26	440	49,76	15,98	3,32	30,90	34,26	3,11
VIIb2	27	460	73,24	8,54	1,85	16,35	18,22	8,58
VIIb2	28	480	26,68	33,29	4,11	35,93	40,03	0,80
VIIb2	29	500	71,21	12,70	1,47	14,60	16,09	5,61
VIII	30	510	10,88	33,69	8,38	47,06	55,43	0,32
	31	3E	63,57	15,52	2,99	17,93	20,91	4,10
	32	50E	6,69	43,85	6,34	43,20	49,45	0,15
	33	AZ río	91,69	6,29	0,32	1,70	2,02	14,57
	34	120W	27,53	59,35	1,16	12,10	13,12	0,46

Tabla XXXII Porcentajes granulométricos de las muestras procesadas: AZ-1-34

un descenso de las arenas muy poco perceptible, pero con un ligero crecimiento muy heterogéneo a techo de la secuencia (4,79-23,93%).

El tercer grupo se ha identificado desde los 380cm hasta los 200cm de la secuencia estratigráfica (le pertenecen los Niveles VII, VIb, VI y V). Se ha identificado una disminución y muy heterogénea poco perceptible de la fracción grava (58,40-95,75%) y un descenso muy heterogéneo de las arenas (2,41-23,59%).

El cuarto grupo se ha identificado desde los 200cm hasta los 160cm de la secuencia estratigráfica (le pertenecen los Niveles IV y IIIb2). Caracterizado por una fuerte disminución de la fracción grava (17,32-64,30%). En consecuencia hay una fuerte subida en el porcentaje de arenas (17,07-50,77%).

El último grupo diferenciado corresponden con las muestras analizadas desde los 160cm hasta los 140cm (le pertenecen los Niveles IIIb). Se ha identificado un fuerte subida en la fracción grava (35,21-95,70%). En consecuencia hay una fuerte bajada en las arenas (2,25-31,87%).

5. El abrigo de Atxoste

Los grupos texturales, que caracterizan a las muestras analizadas, están repartidos entre arena fangosa localizado en los niveles correspondientes a los niveles IIIb2, IV, V, VI y las muestras que corresponden a 120 metros al oeste del yacimiento y al lecho del río (Anexo Chapter5- Tabla A1) y fango arenoso corresponden a los niveles VI, VIb, VII, VIIb2, VIIC, VIII y a las muestras correspondientes a 3 y 50 metros al este del yacimiento.

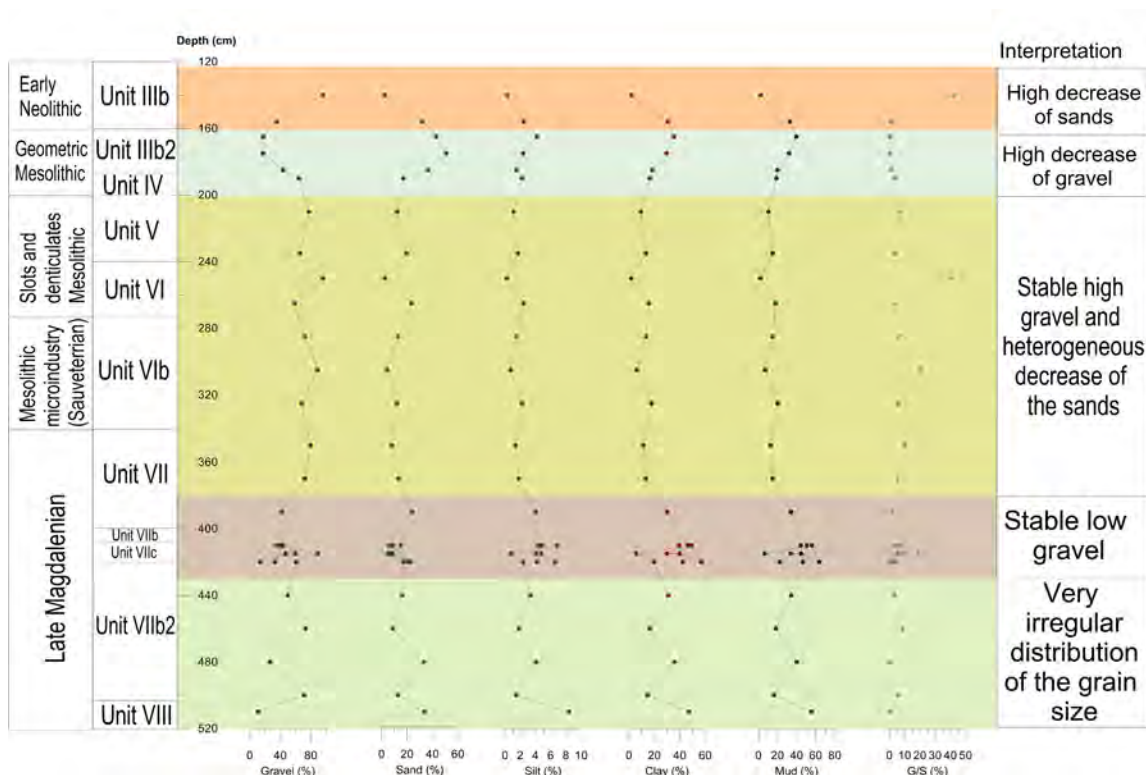


Figura 118 Representación de los porcentajes de los análisis granulométricos a lo largo de toda la secuencia estratigráfica de las muestras analizadas (AZ-1-34)

5.6.3 Difracción de Rayos X

Se han analizado a través de la difracción de rayos X la secuencia estratigráfica del yacimiento de Atxoste. Se han definido los minerales mayoritarios (>10%) y minoritarios (< 10%). La mineralogía de las muestras ha dado resultados variables, siendo los minerales mayoritarios la calcita, el cuarzo y los filosilicatos (Tabla XXXIII y Fig. 119).

La calcita presenta unos porcentajes que van desde el 56% al 98%. Sus mayores concentraciones se observan a 410-430 cm de la secuencia. Sus menores concentraciones se observan a 175-180 cm, 260-265 cm y 425-430 cm. Destacamos la ausencia de la calcita en dos de las muestras que corresponden a 50 m a este y a 120 m a oeste del

yacimiento. El cuarzo presenta porcentajes que van desde el 2% al 90%, con tres máximos entre 175-180 cm, 240-245 cm y 430-435 cm de profundidad. Mientras que sus valores mínimos están presentes en la profundidad de 410-430 cm.

Los minerales de la arcilla presentan valores entre 1 y 10%. Los valores máximos se encuentran en la muestra basal, a 510 cm de profundidad y entorno 250 a 160 cm de profundidad. La covarianza en algunas muestras entre los minerales de cuarzo y

de la arcilla aparecen reflejados por la naturaleza terrígena de ambos elementos.

Los minerales minoritarios son los feldespatos (0-12,03%), óxidos de hierro (0-2,57%), fosfatos (0-4,27%) y anfíboles (0-2,96%) y no aparecen en todas las muestras. Se han identificado cuatro fases muy diferenciadas en toda la secuencia estratigráfica (Fig. 119):

La primera fase corresponde a las Unidades VIII, VIIb2, VIIC y VII. Caracterizada por la heterogeneidad del contenido en cuarzo (1,54-42,84%), calcita (57,16-98,46%) y minerales de la arcilla (0-9,73%). A techo el contenido en los minerales es más homogéneo (Fig. 119).

La segunda fase corresponde a las Unidades VIb y VI. Se caracteriza por el homogéneo contenido de la calcita (55,06-93,29%) aunque con una ligera bajada, una subida ligera del cuarzo (4,39-32,49%) y de los minerales de la arcilla (1,17-7,26%).

La tercera fase corresponde a las Unidades V y IV. Se ha identificado un contenido heterogéneo de la calcita (72,34-90,18%), cuarzo (7,39-38,65%) y minerales de la arcilla (1,16-9,61%).

Unit	Samples	Depth (cm)	% Calcite	% Quartz	% Clay Minerals
IIIb	AZ90	90	81,49	11,79	2,81
IIIb	AZ110	110	81,99	13,12	3,26
IIIb	AZ140	140	86,36	9,84	1,58
IIIb	AZ1	147	70,87	11,86	6,1
IIIb	AZ2	153	64,54	26,73	2,95
IIIb	AZ3	157	79,19	19,31	
IIIb2	AZ4	163	67,48	24,27	4,74
IIIb2	AZ5	164	74,46	22	
IIIb2	AZ6	167	66,92	24,45	8,63
IIIb2	AZ7	168	65,48	27,18	7,33
IIIb2	AZ8	169	78,02	9,95	7,84
IIIb2	AZ9	173	70,73	18,68	7,6
IIIb2	AZ10	177	58,42	38,09	1,5
IIIb2	AZ11	183	84,68	10,87	2,58
IIIb2	AZ12	184	75,71	17,89	3,34
IIIb2	AZ13	185	62,87	23,22	2,63
IIIb2	AZ14	186	71,29	24,7	2,89
IIIb2	AZ15	187	71,3	26,92	1,78
IIIb2	AZ16	188	61,56	22,46	6,57
IIIb2	AZ17	189	76,09	15,7	1,23
IIIb2	AZ18	190	81,42	10,89	1,08
IV	AZ190	191	83,44	14,68	1,89
IV	AZ19	207	86,22	7,68	4,56
IV	AZ20	208	81,11	7,39	7,49
IV	AZ21	209	90,18	8,66	1,16
IV	AZ210	210	72,34	21,6	3,11
V	AZ235	235	77,92	12,47	9,61
V	AZ24	243	76,03	21,41	2,57
V	AZ25	244	74,17	20,84	2,76
V	AZ26	245	75,53	18,34	6,13
V	AZ27	246	55,13	23,52	6,51
V	AZ28	247	53,18	38,65	8,17
V	AZ250	250	73,96	12,74	9,18
VI	AZ22	263	55,06	32,49	7,26
VI	AZ23	264	80,13	15,55	4,32
VI	AZ285	285	85,74	10,81	3,45
VIIb	AZ305	305	90,51	7,56	1,93
VIIb	AZ325	325	92,55	4,39	3,06
VIIb	AZ350	350	93,29	5,54	1,17
VII	AZ370	370	90,68	7,66	1,66
VII	AZ390	390	86,09	7,79	4,39
VIIc	AZ32	413	97,99	2,01	
VIIc	AZ29	417	94,06	2,44	3,49
VIIc	AZ33	418	88,15	6,98	3,79
VIIc	AZ34	419	87,7	6,57	2,7
VIIb2	AZ35	420	77,39	14,76	7,03
VIIb2	AZ36	421	96,15	2,65	1,2
VIIb2	AZ30	427	98,46	1,54	
VIIb2	AZ37	428	90,42	6,85	2,73
VIIb2	AZ38	429	66,95	31,64	1,22
VIIb2	AZ31	433	89,22	10,17	
VIIb2	AZ39	434	57,16	42,84	
VIIb2	AZ40	435	85,57	11,11	3,13
VIII	AZ41	510	71,73	17,69	9,73
	AZ3E	515	62,87	31,25	4,1
	AZ50E	520		89,97	6,2
	AZ120W	525		90,55	5,81
	AZlecho rio	530	70,1	26,89	

Tabla XXXIII Resultados de la difracción de rayos X

5. El abrigo de Atxoste

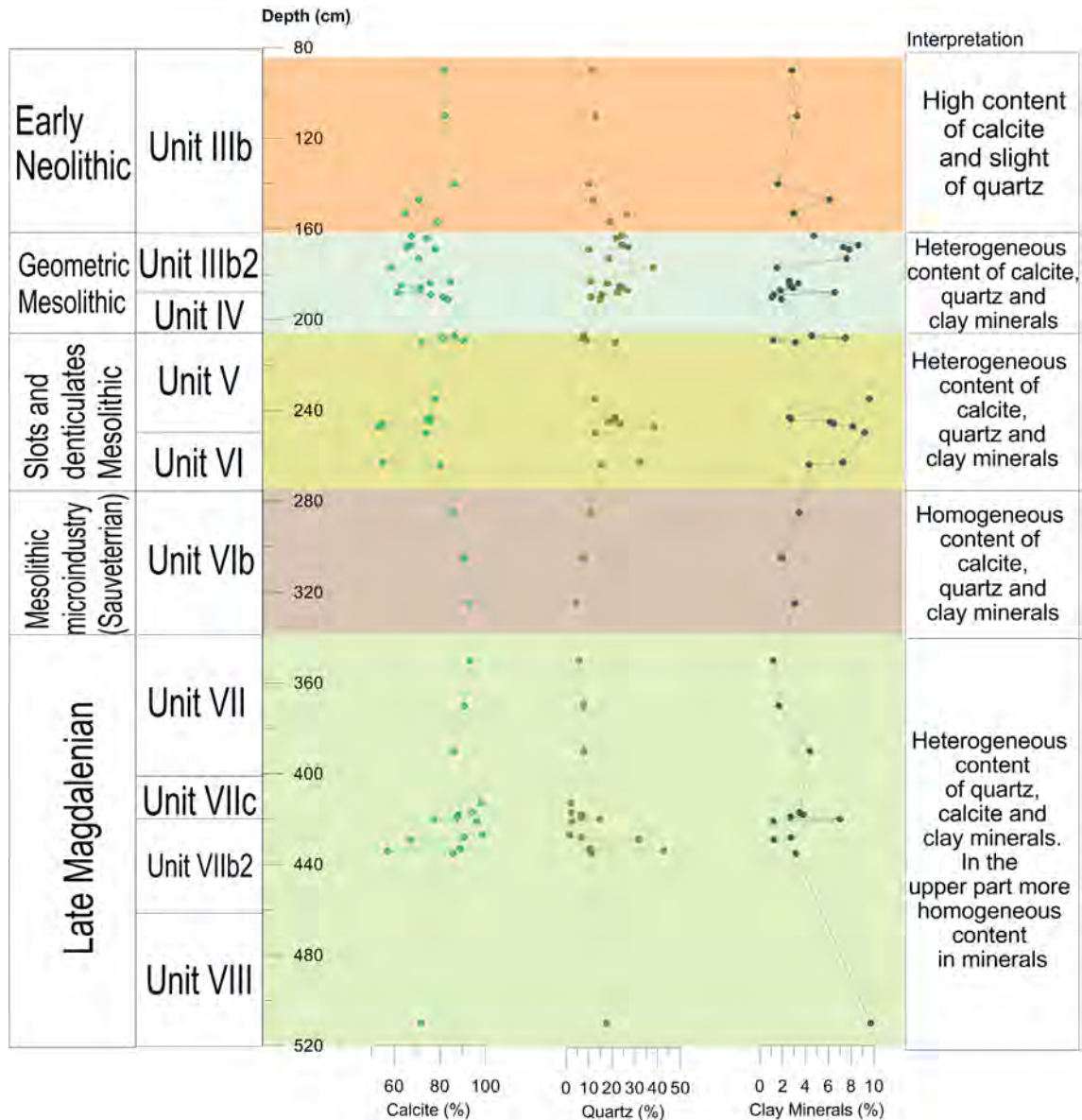


Figura 119 Representación de los porcentajes de los análisis: Difracción de rayos X a lo largo de toda la secuencia estratigráfica de las muestras analizadas

La cuarta fase corresponde a la Unidad IIIb2 se caracteriza con el contenido de los diferentes minerales. Se ha identificado un ligero descenso de la calcita (58,42-84,68%), un ascenso del cuarzo (9,95-38,09%) y de los minerales de la arcilla (0-8,63%).

La quinta fase corresponde a la Unidad IIIb. Se ha identificado un alto contenido en los porcentajes de la calcita con una ligera subida a techo de la secuencia (64,54-86,36%), un descenso considerable en el cuarzo (9,84-26,73%) y de los minerales de la arcilla (0-6,1%).

5.6.4 Fluorescencia de Rayos X

Gracias a los análisis geoquímicos mediante XRF se han cuantificado de manera semicuantitativa los elementos mayoritarios y minoritarios presentes en las muestras de la secuencia arqueostratigráfica del yacimiento de Atxoste. Se han denominado elementos mayoritarios aquellos con porcentajes mayores al 10% (Ca, Si, Al y Fe en Tabla XXXIV) y elementos minoritarios los elementos con contenidos inferiores al 10% (S, Mg, K, Ti, Na, P, Mn, etc. en Tabla XXXIV).

Los elementos del Ca y el Si, Al y Fe están anticorrelacionados. El Ca, elemento mayoritario en todo el perfil, varía entre un 47,56% al 85%. Los valores mínimos se dan

Unit	Samples	Depth (cm)	% Ca	% Si	% Al	% Fe
IIIb	AZ90	90	77,6	13,66	2,51	2,29
IIIb	AZ110	110	76,28	12,97	2,17	2,18
IIIb	AZ140	140	75,16	13,68	2,8	2,11
IIIb	AZ1	147	62,12	24,98	4,03	2,83
IIIb	AZ27	153	58,16	29,89	4,15	2,42
IIIb	AZ3	157	69,16	20,58	3,05	1,79
IIIb2	AZ4	163	60,39	26,51	3,97	2,25
IIIb2	AZ5	164	67,12	20,56	2,68	1,45
IIIb2	AZ6	167	57,6	28,11	3,84	1,93
IIIb2	AZ7	168	57,93	27,97	4,66	2,51
IIIb2	AZ8	169	70,95	17,44	2,86	1,73
IIIb2	AZ9	173	57,98	27,49	4,38	2,56
IIIb2	AZ10	177	64,61	22,6	3,39	1,9
IIIb2	AZ11	183	71,68	14,94	2,51	1,54
IIIb2	AZ12	184	65,21	22,14	3,53	1,89
IIIb2	AZ13	185	63,53	23,71	3,63	1,93
IIIb2	AZ14	186	62,33	23,62	3,52	2,57
IIIb2	AZ15	187	65,2	22,6	3,36	1,91
IIIb2	AZ16	188	53,11	30,61	4,73	2,54
IIIb2	AZ17	189	62,72	26,4	3,89	2,04
IIIb2	AZ18	190	67,69	21,83	3,37	2
IV	AZ190	191	72,61	16,22	2,82	1,89
IV	AZ19	207	76,57	13,29	1,98	1,5
IV	AZ20	208	75,53	13,72	2,03	1,34
IV	AZ21	209	75,53	13,44	2,07	1,75
IV	AZ210	210	67,51	21,28	3,34	2,23
V	AZ235	235	63,97	23,91	3,8	2,28
V	AZ24	243	63,76	23,72	3,43	1,89
V	AZ25	244	53,48	31,26	4,54	2,23
V	AZ26	245	57,77	30,88	4,77	2,35
V	AZ27	246	48,69	36,81	5,7	2,88
V	AZ28	247	56,69	31,06	4,91	2,5
V	AZ250	250	61,28	25,66	4,06	2,38
VI	AZ22	263	64,66	22,8	3,64	2,1
VI	AZ23	264	73,21	18,57	2,55	1,78
VI	AZ285	285	68,34	20,67	3,25	1,93
VIIb	AZ305	305	74,27	16,08	2,23	1,35
VIIb	AZ325	325	81,83	9,42	1,61	1,04
VIIb	AZ350	350	80,88	9,65	1,65	1,04
VII	AZ370	370	81,3	10,01	1,67	1,03
VII	AZ390	390	74,98	14,69	2,46	1,47
VIIc	AZ32	413	83,19	6,43	1,11	0,657
VIIc	AZ29	417	84,9	4,96	0,67	0,639
VIIc	AZ33	418	78,47	11,11	1,42	1,07
VIIc	AZ34	419	85,58	6,16	0,8	0,655
VIIIb2	AZ35	420	77,55	13,59	1,77	1,03
VIIIb2	AZ36	421	81,52	7,05	0,91	0,854
VIIIb2	AZ30	427	86,2	3,7	0,57	0,83
VIIIb2	AZ37	428	72,37	20,35	2,35	1,14
VIIIb2	AZ38	429	69,13	21,19	1,88	1,34
VIIIb2	AZ31	433	70,71	17,28	2,22	1,21
VIIIb2	AZ39	434	84,44	7,48	0,94	0,772
VIIIb2	AZ40	435	75,04	15,31	2,02	1,23
VIII	AZ41	510	47,56	35,96	7,31	4,19
	AZ3E	515	54,25	31,12	6,27	3,19
	AZ50E	520	1,43	81,94	9,21	2,9
	AZ120W	525	1,71	85,78	6,03	2,99
	AZlecho río	530	56,36	29,8	2,99	3,96

en las muestras AZ41 correspondientes a las unidades estratigráficas VIII. Mientras que los máximos aparecen en la base de la secuencia alrededor de 419 cm de profundidad. El Si varía entre 3,7% y 36,81%, máximo en 250cm correspondientes a la Unidad V. El Al varía entre un 0,57 % al 5,7% encontrándose sus mínimos a una profundidad de entre 413-435 cm y sus máximos entre 240-260 cm. El Fe presenta porcentajes entre el 0,63% y 4,19%, dándose sus valores máximos entre 510 cm de profundidad.

Así, se han podido definir a lo largo de la secuencia cinco fases evolutivas (Fig. 120). Si bien, la primera y última fase son poco significativas dada la pequeña cantidad de datos y/o la heterogénea distribución de las muestras analizadas. La primera fase engloba las muestras entre los 510 cm y los 400 cm, abarcando las unidades estratigráficas VIII, VIIIb2 y VIIc. La base de la secuencia se caracteriza por presentar el contenido en Ca (47,56%) más bajo y altos porcentajes en Si (35,96%), Al (7,31%) y Fe (4,19%), no obstante esta muestra pertenece a un nivel arqueológico basal. Hacia techo aumentan los porcentajes de Ca,

Tabla XXXIV Resultados de la fluorescencia de rayos X

5. El abrigo de Atxoste

obteniéndose de los valores más altos de la secuencia, si bien son variables (47,56-86,2%), de la misma manera descienden los valores de Si (3,7-35,96%), Al (0,57-7,31%) y Fe (0,64-4,19%) representando de los valores más bajos de la secuencia (exceptuando la muestra que corresponde al nivel basal).

La segunda fase diferenciada se desarrolla entre los 400 cm y 320 cm, abarcando las unidades estratigráficas VII y VIb. Se caracteriza por mantener valores relativamente altos y constantes de Ca (74,98-81,83%). Sucediendo lo contrario, valores relativamente bajos y estables, con el Si (9,42-14,69%), Al (1,61-2,46%) y Fe (1,03-1,47%).

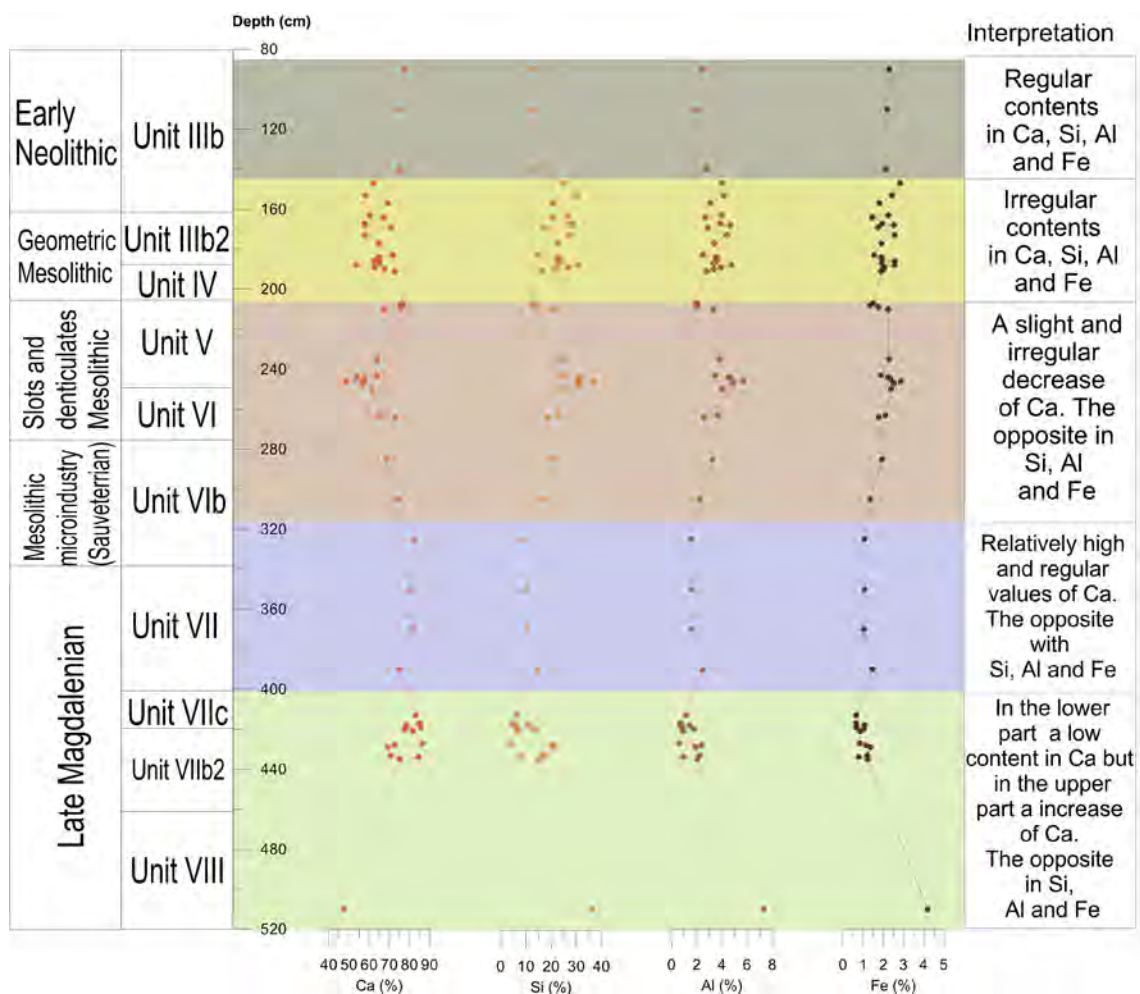


Figura 120 Representación de los porcentajes de los análisis: Fluorescencia de rayos X a lo largo de toda la secuencia estratigráfica de las muestras analizadas

La tercera fase identificada abarca las muestras entre 320 cm y 210 cm de profundidad, y engloba las unidades VIb, VI y V. En esta fase el Ca tiende a disminuir de manera progresiva de base a techo (48,69-74,27%). Lo contrario ocurre con el Si (16,08-36,81%), Al (2,23-5,7% y el Fe (1,35-2,88%).

La cuarta fase, se desarrolla entre 210 cm y 140 cm, englobando la parte alta de la unidad IV, la práctica totalidad de la unidad IV, IIIb2 y IIIb. Geoquímicamente está caracterizada por presentar valores relativamente bajos, pero más altos que en la fase anterior, de Ca pero muy variables (57,6-76,57%). Lo contrario ocurre con el Si (13,29-30,61%), Al (1,98-4,73% y el Fe (1,34-2,83%).

Finalmente, la quinta fase sólo está representada por 3 muestras recogidas en el Unidad IIIb. Estas muestras tienen composiciones similares y estables, con porcentajes de Ca (75,16-77,6%), Si (12,97-13,68%), Al (2,17-2,8%), y Fe (2,11-2,29%).

5.6.5 Determinación de Carbono Orgánico y Nitrógeno

Se han determinado los porcentajes de carbono orgánico y nitrógeno en las muestras de la secuencia estratigráfica del yacimiento de Atxoste. Los valores recogidos presentan valores poco variables. Los porcentajes máximos de C orgánico se dan en torno a 200-300 cm de profundidad (7,28-8,17%). Sin embargo, los valores mínimos se encuentran a 300-500 cm de profundidad (2,22-2,35%).

Los porcentajes máximos en la determinación del nitrógeno se localizan en torno a los 145-265 cm de profundidad (0,09-0,10%) y los valores mínimos se concentran a 300-500 cm de profundidad 0-0,01%).

La relación C/N presentan unos valores muy altos y muy heterogéneos (Tabla XXXV). Los porcentajes más altos nos los encontramos acumulados entre 350-435cm de profundidad (203,70-291,86) y los mínimos nos los encontramos repartidos alternadamente a los largo de toda la secuencia estratigráfica.

A partir de estos resultados, estos resultados se ha podido definir cuatro fases con distintas características (Fig. 121): La primera fase se extiende desde los 510 cm hasta los ca. 310 cm, englobando las unidades VII a VIb. Se caracteriza por valores relativamente bajos e irregulares del carbono orgánico (0,057-2,66%) el N (0,001-0,057% y el C/N (74,46-291,86%).

En la segunda fase (310-200 cm) se identifica, en general, un mayor contenido en C orgánico (2,76-15,69%), y N (0,031-0,094%) de las muestras que abarcan las unidades VIb, VI y V. La relación C/N tienen sus valores más altos en la parte basal de esta fase (197,20%) y con una distribución bastante irregular en la secuencia (46,20-197,20%).

5. El abrigo de Atxoste

Unit	Samples	Depth (cm)	% LOI (550°)	% C	% N	C/N
IIIb	AZ90	90	2,71	4,07	0,05	90,10
IIIb	AZ110	110	4,45	5,59	0,06	86,55
IIIb	AZ140	140	5,09	6,99	0,08	87,10
IIIb	AZ1	147	5,92	6,45	0,10	63,73
IIIb	AZ2	153	5,52	4,43	0,08	52,36
IIIb	AZ3	157	5,37	5,78	0,07	79,22
IIIb2	AZ4	163	6,28	4,63	0,11	41,74
IIIb2	AZ5	164	3,72	4,33	0,03	154,77
IIIb2	AZ6	167	4,95	5,11	0,01	351,07
IIIb2	AZ7	168	4,30	4,37	0,04	98,84
IIIb2	AZ8	169	3,77	3,71	0,05	80,29
IIIb2	AZ9	173	4,50	3,40	0,06	58,65
IIIb2	AZ10	177	4,46	4,54	0,08	59,80
IIIb2	AZ11	183	4,17	3,19	0,08	41,61
IIIb2	AZ12	184	4,91	6,36	0,10	66,84
IIIb2	AZ13	185	5,01	5,55	0,08	67,53
IIIb2	AZ14	186	5,33	4,25	0,08	51,05
IIIb2	AZ15	187	4,73	5,00	0,08	63,96
IIIb2	AZ16	188	3,53	1,49	0,02	61,82
IIIb2	AZ17	189	4,87	4,07	0,09	44,15
IIIb2	AZ18	190	3,87	5,88	0,07	83,90
IV	AZ190	191	3,61	5,20	0,04	136,47
IV	AZ19	207	3,63	3,28	0,05	64,61
IV	AZ20	208	2,78	4,49	0,05	92,64
IV	AZ21	209	3,13	3,76	0,04	87,50
IV	AZ210	210	4,52	8,17	0,06	147,26
V	AZ235	235	5,05	6,12	0,07	89,30
V	AZ24	243	15,70	4,44	0,07	61,44
V	AZ25	244	13,69	2,86	0,06	46,21
V	AZ26	245	15,70	6,08	0,07	84,95
V	AZ27	246	4,30	4,68	0,07	66,25
V	AZ28	247	3,17	4,13	0,06	65,49
V	AZ250	250	4,84	7,28	0,06	125,35
VI	AZ22	263	6,17	5,37	0,09	57,27
VI	AZ23	264	15,22	4,49	0,08	54,39
VI	AZ285	285	3,94	5,61	0,04	144,10
VIb	AZ305	305	2,76	6,05	0,03	197,20
VIb	AZ325	325	2,18	2,35	0,01	170,86
VIb	AZ350	350	1,78	4,57	0,02	203,01
VII	AZ370	370	1,78	3,33		
VII	AZ390	390	2,64	2,22	0,02	92,84
VIIc	AZ32	413	0,20	3,18	0,04	77,81
VIIc	AZ29	417	0,29	2,63		
VIIc	AZ33	418	0,56	4,58	0,04	127,95
VIIc	AZ34	419	1,29	2,60	0,01	196,13
VIIb2	AZ35	420	1,53	3,75	0,03	121,26
VIIb2	AZ36	421	1,70	3,52	0,02	164,38
VIIb2	AZ30	427	0,06	4,76	0,06	83,71
VIIb2	AZ37	428	1,66	2,87	0,02	174,66
VIIb2	AZ38	429	1,76	4,37	0,02	203,70
VIIb2	AZ31	433	0,42	3,76	0,05	74,46
VIIb2	AZ39	434	1,20	4,24	0,01	291,86
VIIb2	AZ40	435	2,17	4,65	0,03	173,34
VIII	AZ41	510	2,66	2,97	0,03	85,42
	AZ3E	515	2,39	1,78	-0,01	-314,80
	AZ50E	520	2,71	4,16	0,03	155,60
	AZ120W	525	4,57	3,12	0,10	29,88
	AZlecho río	530	2,71	2,76	0,05	54,29

Tabla XXXV Resultados de la determinación de Carbono orgánico, Nitrógeno y la relación C/N

Cabe resaltar que en los análisis de C orgánico mediante L.O.I. es también en este intervalo donde se alcanzan los valores más altos.

La tercera fase diferenciada entre las profundidades de 200 cm y ca. 150 cm, (abarcan las unidades IV, IIIb2 y la parte inferior de la unidad IIIb), presenta abundantes muestras analizadas, y aunque variables, se presentan valores claramente inferiores a los de la fase anterior para el C orgánico (3,53-6,28%), y algo más altos en N (0,014-0,11%). En cuanto a la relación C/N los porcentajes se han regularizado gradualmente, aunque todavía con irregularidades (41,61-351,97%). Presentan sus mayores porcentajes a 167cm de la secuencia (351,07%).

Finalmente, la cuarta fase engloba las 3 muestras más superficiales, abarcando la parte superior de la unidad IIIb. En ellas se da un empobrecimiento del contenido tanto en C orgánico (2,71-5,92%) como en N (0,045-0,101%) y una subida en la relación C/N (63,73-90,09%).

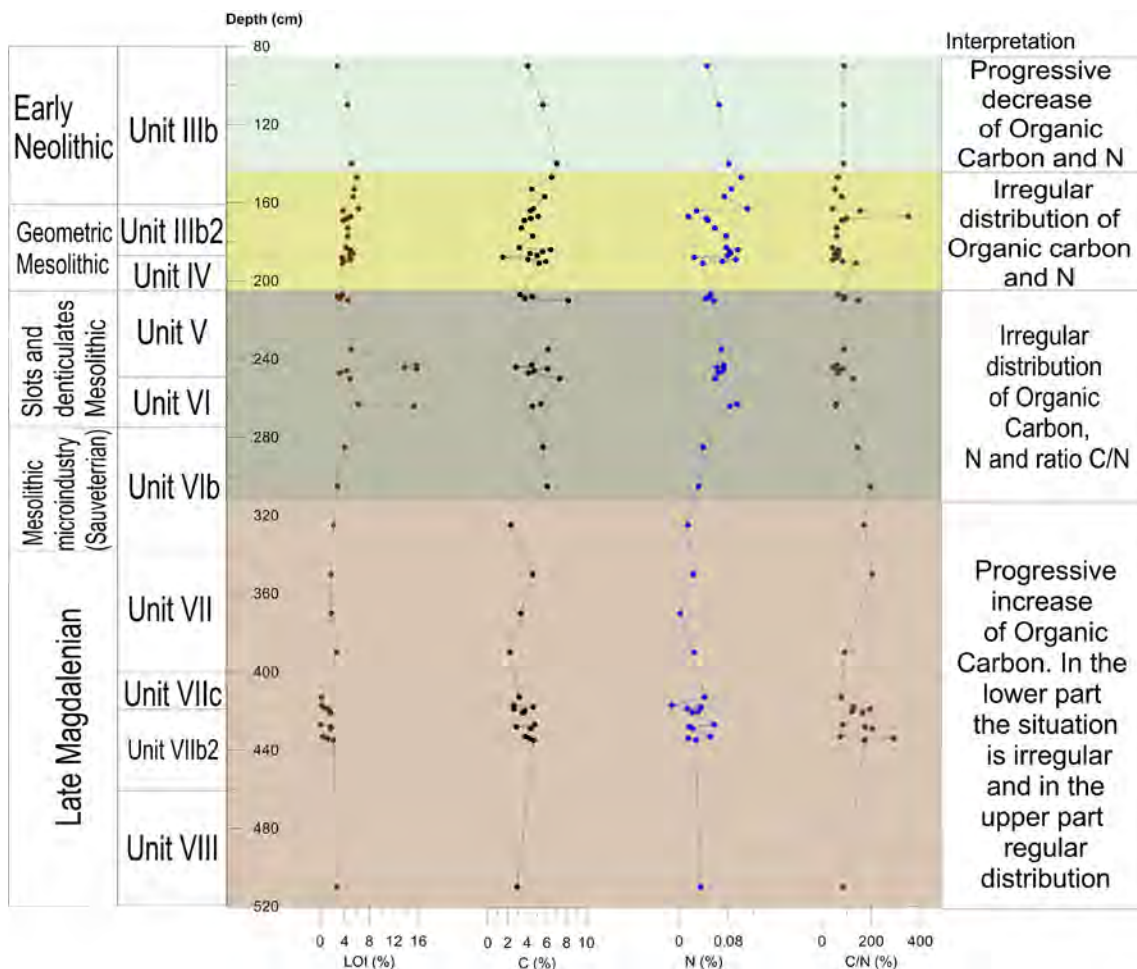


Figura 121 Representación de los porcentajes de los análisis de: Determinación de Carbono Orgánico, Nitrógeno y la relación C/N de las muestras analizadas

5.6.6 Datos estadísticos: Análisis de Componentes Principales

Los datos geoarqueológicos obtenidos han sido filtrados y analizados utilizando métodos de estadística multivariante, en este caso el análisis de componentes principales (ACP), que permitirán su mejor interpretación. Para el análisis estadístico se ha utilizado el programa SPSS 20.0.

La Tabla XXXVI (y Appendix Chapter 5-Fig. A3) recoge los componentes principales obtenidos. Por otro lado, hemos extraído la matriz de componentes principales, rotados y no rotados (Tablas XXXVI). Se ha expuesto el peso de cada componente en las distintas variables (loading).

Se han tomado en cuenta variables significativas en un PC cuando sobrepasan en valor de 0.7 o cercanos. Los cuatro componentes principales representan la variabilidad total de los datos que han sido analizados. Estos datos explican el 83,78% de la varianza de los datos (Tabla XXXVII).

El análisis de componentes principales (PCA) de la secuencia sedimentaria del Abrigo de Atxoste, ha obtenido cuatro componentes principales (PC) (Fig. 122) que explican un 83,79% de la varianza de los datos.

Todos ellos, explican la varianza de las distintas variables analizadas, tomándose como variables significativamente explicadas aquellas que tienen un coeficiente de correlación mayor de 0.7 con alguno de los PC (en negrita en la Tabla XXXVI).

Matriz de componente rotado				
	Componente			
	1	2	3	4
Al	0,98	0,06	0,07	-0,01
Si	0,97	0,10	0,08	0,09
Ti	0,96	0,20	0,13	0,04
Fe	0,90	0,04	0,19	-0,10
Zr	0,86	0,27	0,10	0,18
K	0,85	0,39	0,14	-0,02
Mg	0,80	0,33	-0,03	0,07
LOI	0,47	0,39	0,27	-0,03
N	0,41	0,61	0,51	0,04
Px	0,34	0,79	0,19	-0,08
Cr	0,29	0,19	0,13	0,79
Mn	0,22	0,91	0,12	0,01
S	0,15	0,28	0,19	-0,79
C	0,11	0,08	0,94	-0,05
Sr	0,07	0,96	0,03	0,04
Cu	0,06	0,85	-0,06	-0,07
Ca	-0,97	-0,11	-0,05	-0,06

Table XXXVI Coeficientes factoriales (las correlaciones entre las variables y los componentes principales) de las variables analizadas. En negrita se indican los coeficientes de las variables más significativas (mejor explicadas) para cada componente principal: matriz de componente rotado

El PC1 explica el 43,25% de la varianza y engloba 8 variables con un coeficiente de correlación significativo (> 0.7), 5 de ellas con altas correlaciones positivas (Tabla XXXVI): Al, Si, Ti, Fe, Zr, K y Mg, y otra, el Ca, con un coeficiente negativo. El Ca, con coeficientes negativos, indica la presencia relativa de sedimento carbonatado (Ca), que estaría negativamente correlacionada con la presencia de minerales terrígenos siliciclásticos finos, minerales de la arcilla (p. ej. Al, Si, Ti y K) y gruesos (arenas, Si y Zr).

El PC2 explica el 24,30% de la varianza. El Sr, Mn, Cu, P y N presentan correlaciones altamente positivas; ningún elemento presenta correlaciones negativas significativas (Tabla XXXVI). Todo ello sugiere que el PC2 podría indicar la presencia relativa de materia orgánica, al controlar la presencia de elementos biófilos (Sr, Mn, Cu, P y N) relacionada con la presencia de fases fosfáticas (fragmentos de hueso y otros precipitados tal vez relacionados con la estabulación que pertenecerían a los niveles Neolíticos, p. ej. Cu, P, N).

El PC3 explica el 8,38% de la varianza. Presenta una sola variable con una muy alta correlación positiva, el C orgánico (pirólisis) (Tabla XXXVI). Este PC indica, por tanto, la presencia de C orgánico, seguramente derivado de la presencia de carbón vegetal en las unidades estratigráficas del yacimiento.

El PC4 explica el 7,86% de la varianza y engloba 2 variables con un coeficiente de correlación significativo (> 0.7), el Cr con una alta correlación positiva, y el S, con un coeficiente de correlación negativo (Tabla XXXVI). Este componente principal podría reflejar la correlación negativa en la presencia de estos 2 elementos biófilos (S y Cr) que seguramente estén indicando la presencia de distintos tipos de materia orgánica (p. ej. carbón vs materia vegetal o fosfatos orgánicos).

Varianza total explicada						
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	9,007	52,980	52,980	7,352	43,248	43,248
2	2,872	16,895	69,875	4,129	24,290	67,538
3	1,338	7,870	77,746	1,426	8,385	75,924
4	1,027	6,042	83,788	1,337	7,865	83,788

Table XXXVII Datos de varianza total explicada de las muestras analizadas del yacimiento

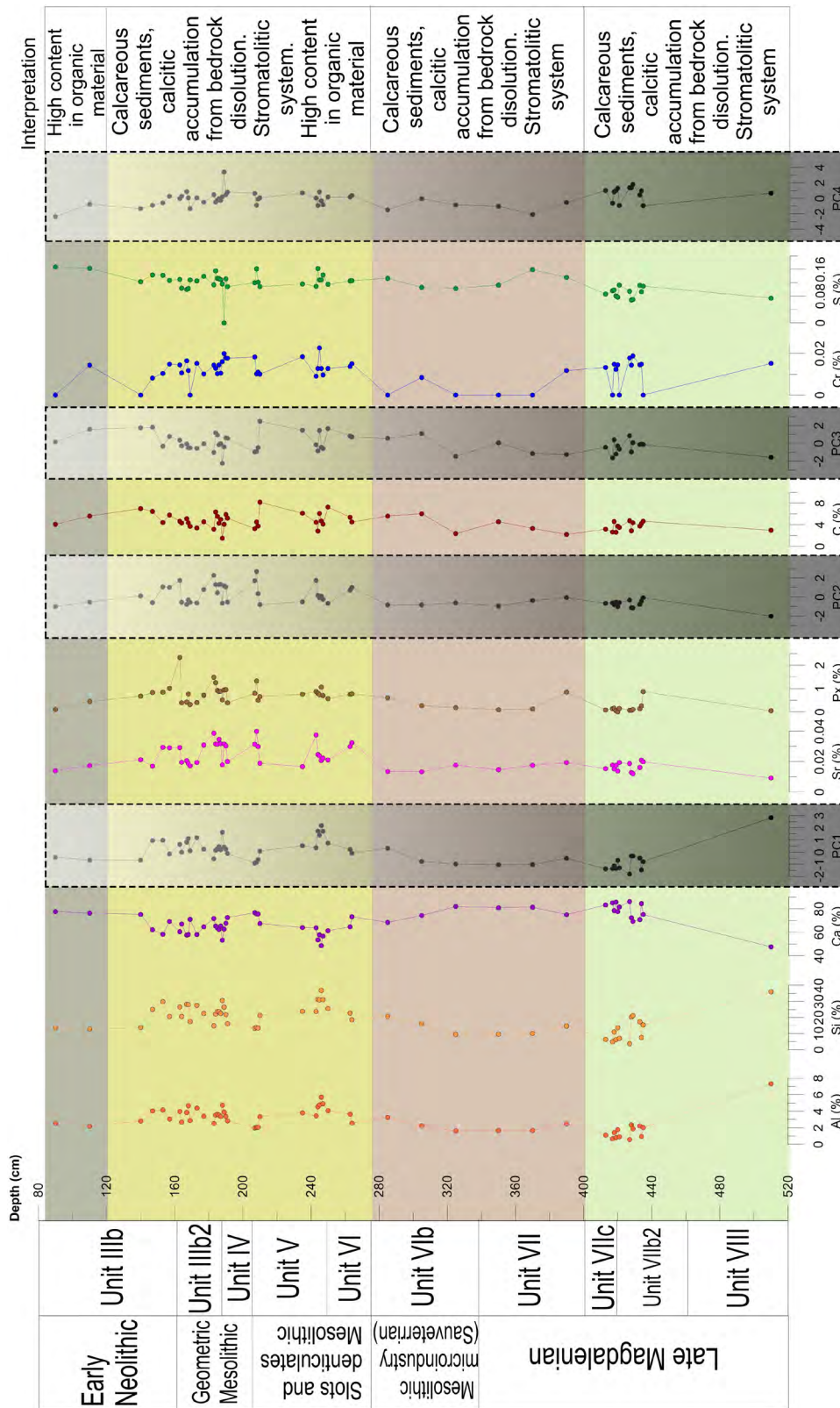


Figura 122 Representación de la evolución de la secuencia del contenido en los elementos granulométricos, químicos, orgánicos, etc. más significativos y evolución vertical de las puntuaciones factoriales de los distintos componentes principales (PC1, PC2, PC3 y PC4). Se señalan las distintas unidades litoestratigráficas diferenciadas y su interpretación

5.7 Análisis micromorfológico: Resultados

Han sido caracterizadas y estudiadas una serie de muestras de sedimento, convertidas en láminas delgadas, del perfil del yacimiento de Atxoste. Estas muestras de sedimento han sido tratadas y analizadas según los parámetros estándar del estudio micromorfológico (FitzPatrick, 1984; Bullock de 1985; Courty et al. de 1989 y Stoops de 2003). El estudio micromorfológico de las láminas delgadas de las distintas unidades estratigráficas del yacimiento han permitido caracterizar sus componentes y textura sedimentaria (Stoops, 2003). El asentamiento de Atxoste cuenta con una potencia sedimentaria de casi 6 metros. Del abrigo de Atxoste se han extraído once muestras de sedimento compacto antes de la realización de este proyecto para la realización de láminas delgadas (muestreo realizado por Alfonso Alday y Ana Polo) (Polo-Díaz y Alday, 2010c). Se eligió el perfil Oeste (cuadro Y2) por ser el más representativo en cuanto a niveles, procesos geológicos, actividad humana y cambios ambientales (Fig. 123).

Las unidades estratigráficas (VIII, VIIIc, VIIIb2, VIIIb1, VII, VIb2, VIb, VI, V, IV, IIIb2, IIIb, III, II, I y Superficial) cubren una secuencia desde el final del Magdaleniense, pasando por el Mesolítico, continuando al Neolítico para terminar en la secuencia del Calcolítico-Bronce. Con niveles antrópicos, naturales y de inhumación humana en los superiores. Se realizaron once láminas delgadas, una por muestra, con grosor de 30 micras y dimensiones de 13x 5,5 cm. Se extrajeron once muestras de sedimento compacto con perfiles de aluminio (14x6x4cm). Se realizaron una lámina por muestra de sedimento intacto (once láminas). De esas once láminas se han estudiado e interpretado diez láminas que corresponden a niveles desde la unidad en contacto con la roca madre pasando por unidades del Magdaleniense final y llegando al Mesolítico, la última lámina corresponde a las unidades neolíticas dejando su estudio para futuros trabajos. La unidad VIII (1 muestra) correspondiente al nivel estéril que se encuentra en el contacto con la roca madre con el fin de ver el origen del suelo arqueológico y formación del abrigo de Atxoste. Las unidades del VIIIc, VIIIb2, VIIIb1 y VII (4 muestras) corresponden a los niveles del Paleolítico final con cultura material del final del Magdaleniense. Las unidades VIb2, VIb, VI, V, IV, IIIb2 (5 muestras) corresponden a niveles del Mesolítico laminar, de denticulados y geométrico. Las siglas empleadas en el muestreo de sedimento compacto son de **AZ-M2 a la 11** (10 láminas en total) (Fig. 123).

Dentro del contenido de la lámina delgada analizaremos e identificaremos los diferentes elementos que caracterizan la formación de nuestro suelo: la fracción gruesa (litología y composición, clasificación, forma, esfericidad y redondez), la fracción fina (composición, diferentes agregados que lo conforman, los huecos entre la masa basal, las microestructuras internas), la distribución entre el material fino y el grueso (c/f distribución), la b-fabric, los diferentes edaforragos y microfacies. Todo ello son elementos que se conforman como unos aspectos fundamentales en los procesos de formación de nuestro suelo. Se han analizado e interpretado las siguientes unidades estratigráficas del abrigo de Atxoste, con los siguientes resultados:

5. El abrigo de Atxoste

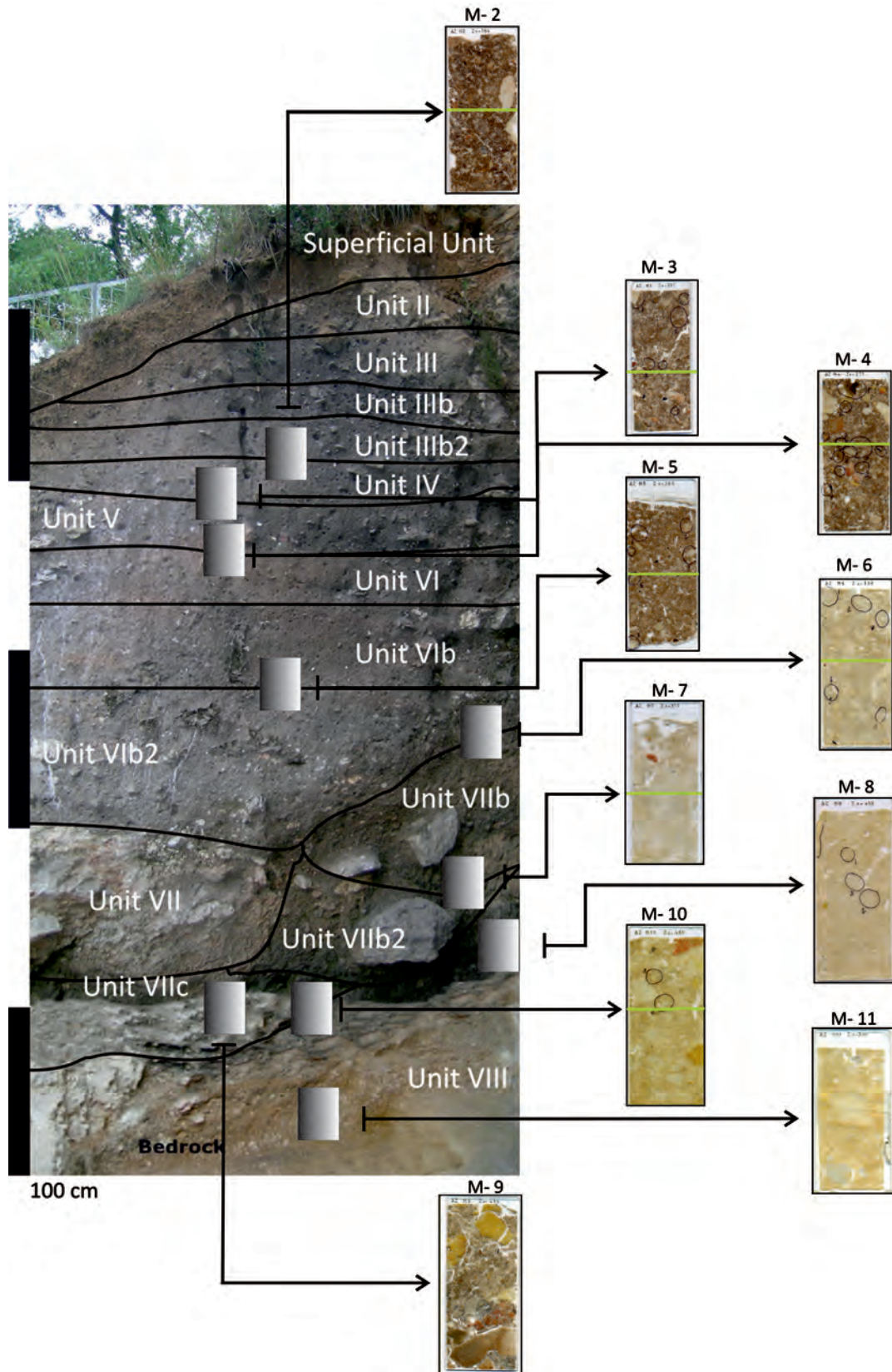


Figura 123 Localización de muestras inalteradas y sus respectivas láminas delgadas: Niveles VIII-IIIb2

5.7.1 Unidad VIII (lámina delgada M-11)



Figura 124 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VIII

Este nivel estratigráfico está en contacto con el sustrato rocoso del yacimiento de Atxoste, de formación caliza. Se trata de una unidad con un carácter sedimentario compacto y de coloración amarillenta (Fig. 124). A priori se trata de una unidad estratigráfica sin elementos antrópicos. La masa basal está caracterizada por un elemento clave, los carbonatos. Este elemento es mayoritario en toda la secuencia, evitando que la materia orgánica perviva y reemplazándola.

En el material grueso los elementos identificados son: la caliza que aparece

de un modo no ordenada, sin clasificar. En cuanto a su redondez y esfericidad es de subangular a angular y su rugosidad es de carácter rugoso (Fig. 126a y b). Otro elemento grueso son los granos de cuarzo (Fig. 126c y d). Este elemento aparece en un estado no ordenado dentro de la masa basal, con una redondez y esfericidad que va desde subredondeado a subangular con una rugosidad media a suave. Los granos de cuarzo aparecen en un estado policristalino y monocristalino. El origen de estos granos puede deberse a la acción de percolación de agua (agua de lluvia y escorrentía superficial). Los últimos elementos gruesos de esta unidad son las conchas de gasterópodos, siendo muy abundantes en este nivel (Fig. 125a y Fig. 126c y d).

En el material fino los elementos que caracterizan esta unidad son: la calcita, que representa casi la totalidad de la muestra. Se trata de calcita micrítica. El siguiente elemento minoritario es la arcilla y el fango, siendo no representativo y aparece en sitios muy concretos y poco frecuente. Las partículas de material orgánico, presentes en la lámina, son de carácter detrítico y representan un porcentaje muy bajo en esta unidad (Fig. 125b y c). Muchos de los tejidos orgánicos han sido reemplazados por carbonatos, secundarios (Fig. 126c y d). En la lectura de láminas delgadas se ha podido identificar una permineralización de este material orgánico. La materia fungal, muy relacionado con la materia orgánica, aparece representada en esta unidad. Este material no favorece a la conservación de los restos orgánicos. La materia fungal se suma a la destrucción junto con los carbonatos del material orgánico.

Los agregados presentes en esta unidad son generalmente migajosos y granulares además de tener canales (actividad de lombrices), ligeramente separados entre sí y van desde acomodados a no acomodados (FitzPatrick, 1984). En carácter de este suelo es bastante compacto.

Los huecos entre la masa basal son vughs: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos dos tipos de huecos son muy representativos y reflejo de la intensa actividad de bioturbación.

La microestructura es esponjosa. Es mayoritariamente material poroso apedal y intrapedal con una gran interconexión de hueco vughs (Stoops, 2003).

La relación entre el material grueso y fino de la masa basal (c/f distribución) es enaulico doble espaciado fino. Los elementos finos son mayoritarios a los gruesos. El espacio entre los elementos gruesos es doble y el elemento fino no rellena todos los huecos, interconectándose con el material grueso (Stoops, 2003).

La b-fabric que conforma esta lámina delgada es cristalítica cuyo principal componente es el carbonato cálcico. Está caracterizado por la presencia de una baja birrefringencia de los granos de los minerales (como es el caso de la calcita) (Stoops, 2003).

Los edaforrasgos que caracterizan esta unidad son: revestimiento de calcita, se sucede en varios huecos, recubriendo todo el borde de los huecos. Este proceso es debido al reemplazo del material orgánico (raíces) por la calcita (Fig. 126c y d). Por lo tanto es un proceso secundario. Otro tipo de edaforrasgos son el de rellenos de cristales de calcita. En este caso la calcita rellena los huecos de una manera incompleta. Este proceso es consecuencia también de un reemplazo de la materia orgánica en calcita, por lo tanto calcita secundaria. Y por último hemos identificado contenido de hierro. Aparecen en un estado de agregados detriticos sin ninguna ordenación y dispersos por toda la lámina delgada. Se encuentran incorporados en la matriz sedimentaria pero también en la parte interna de la caliza, procedente del sustrato rocoso del propio abrigo.

En general esta unidad estratigráfica se caracteriza por su ausencia de material antrópico ni a escala macro ni a micro. Su carácter calcáreo hace que apenas haya restos de materia orgánica que son reemplazado por los carbonatos habiendo una permineralización.

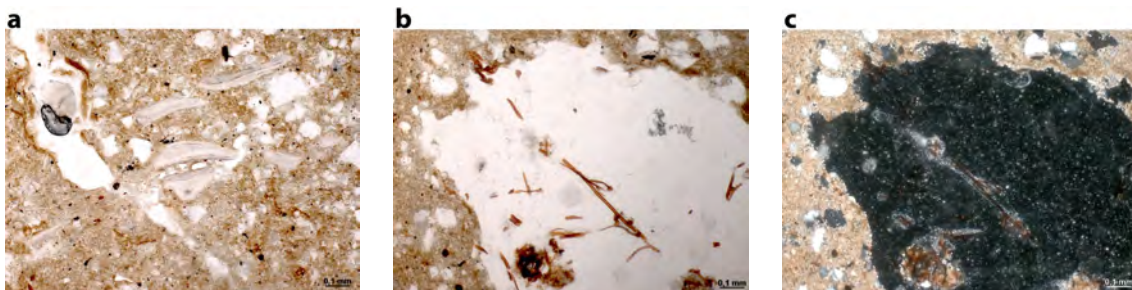


Figura 125 Fotomicrofotografía del Nivel VIII: **(a)**; Detalle de la masa basal con la acumulación de fragmentos de conchas (gasterópodos), PPL; **(b)** Detalle de poro con incorporación de material orgánico en descomposición y material fungal, PPL y **(c)** igual que (b) pero en XPL.

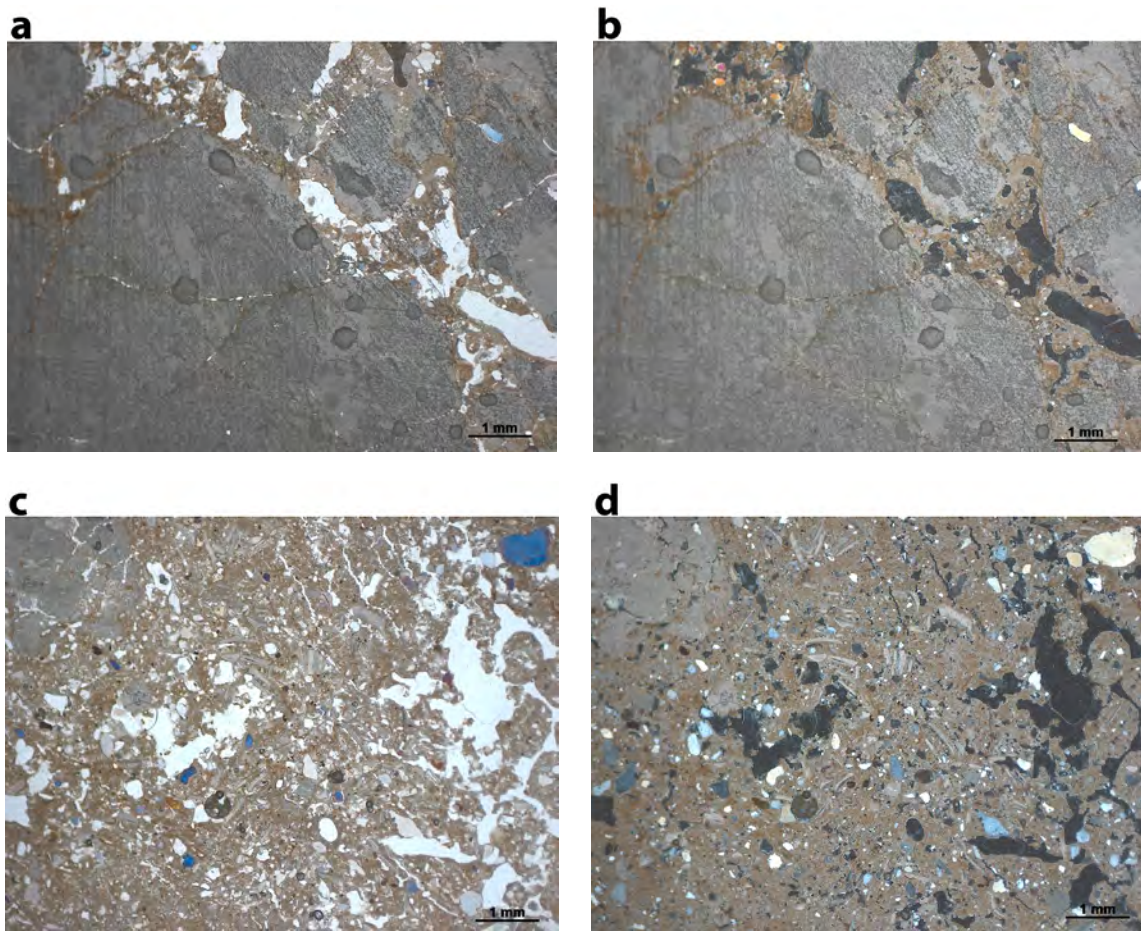


Figura 126 Fotomicrofotografía del Nivel VIII: **(a)** Detalle de fragmento calizo erosionado y fragmentado. Nótese la inclusión y relleno de las fracciones por el sedimento, PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Vista de la masa basal con una fuerte acumulación de fragmentos de conchas (gasterópodos). Nótese el carácter *vughy* de los poros (bioturbación) y **(d)** igual que (c) pero en XPL.

5.7.2 Unidad VIII y Unidad VIIc (lámina delgada M-10)



Figura 127 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VIII y VIIc

Es en esta muestra de lámina delgada cuando se comienza a observar restos antrópicos (Fig. 127). La parte inferior pertenece al contacto con el sustrato rocoso del abrigo mientras que la parte superior corresponde a un nivel con restos arqueológicos y pertenece a cronologías de finales del Magdaleniense.

A escala macroscópica sigue pareciéndose en dureza y composición (calcárea) a la anterior muestra, la M-11. En el caso de esta muestra se ve un progresivo aumento del

material orgánico y el arqueológico aunque todavía no es muy evidente.

Dentro de la masa basal el material grueso identificado es: la caliza, aparece en un estado desordenado. En cuanto a su redondez y esfericidad es de subangular a angular y sus bordes son de carácter rugoso (Fig. 129a-i). Esto es debido a que el ambiente propiciaba roturas de la caliza de una manera fuerte y en un proceso rápido. El siguiente elemento grueso es el componente de cuarzo (Fig. 129a-i) que aparece en un estado no ordenado dentro de la masa basal. Sus redondez y esfericidad va de subredondeado a subangular y los bordes de los granos de cuarzo son suaves. Este componente se encuentra en un estado policristalino y monocristalino. Otro componente grueso dentro de la masa basal son las conchas de gasterópodos, no muy abundantes a comparación de otras unidades (Fig. 128a-c, Fig. 129a y b, Fig. 130a, i y j y Fig. 131d-i). El siguiente elemento identificado son los huesos de muy pequeño tamaño y no muy bien conservados. En su interior se ha detectado el componente manganeso en algunos de ellos (Fig. 130i y j). Se ha identificado carbones derivados de huesos quemados y cuyos ángulos y estructura interna son de carácter redondeado (Fig. 130i y j). Muy diferentes al carácter de los tejidos de la materia orgánica que son de carácter angular. Otro elementos de tamaño grueso se han identificado sílex y carbones. El fragmento de sílex con una esfericidad y redondez muy angular y sus bordes con un carácter suave (Fig. 129h e i, Fig. 130l y Fig. 131a). Los carbones (low reflecting light) se encuentran no muy bien conservados y hay microcarbones. (Fig. 130b-e i y j) Algunos de ellos se ve su estructura celular interna pero es difícil de identificar (Fig. 130d-h). Algunos de los microcarbones se insertan en la matriz sedimentaria en un estado detrítico. Se conservan las partes más fuerte del material orgánico.

En el material fino de la masa basal tenemos los siguientes componentes: calcita micrítica que hace que el carácter de estas unidades sean totalmente calcáreas. En la matriz sedimentaria se distingue los componentes arcillosos muy localizados y cuya apariencia es en agregados o incorporado a la matriz sedimentaria calcárea. En siguiente elemento fino son los restos de material orgánico de muy pequeño tamaño (Fig. 131d-i), localizados en toda la lámina delgada y en progreso aumento de su porcentaje. Se encuentra en un estado detrítico e incorporado en casi toda la matriz sedimentaria. Al haber una disminución del carácter calcáreo hay un progresivo aumento de la materia orgánica. Otro componente fino es la material fungal, no muy abundante, que ataca a la materia orgánica (Fig. 131f y g). Dos componentes no favorecen, por tanto, a que sobreviva la materia orgánica los carbonatos y la materia fungal. Aunque estos dos componentes en este caso van en regresión.

Los agregados que se han identificado en esta lámina delgada son de carácter granular y esponjoso. Muy similares a la anterior unidad. Además se han identificado canales (actividad de lombrices), ligeramente separados entre sí y van desde acomodados a no acomodados (FitzPatrick, 1984). En carácter de este suelo es bastante compacto en la zona inferior mientras que la zona superior el carácter compacto se va perdiendo poco

a poco.

Los huecos que hay entre la masa basal en esta lámina delgada son: *vughs*: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Ello es debido a la soldadura de los agregados, a la disolución de componentes así como a la alteración de la microestructura. Otros huecos presentes en la masa basal son los canales: de carácter tubular, cuya esfericidad es redondeada y cuyos bordes son de carácter redondo. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces y los huecos que dejan. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos dos tipos de huecos son muy representativos y reflejo de la intensa actividad de bioturbación.

La microestructura que caracteriza esta unidad es la de microestructura esponjosa. Es mayoritariamente material poroso apedal y intrapedal con una gran interconexión de hueco *vughy* (Stoops, 2003). La relación entre el material grueso y fino de la masa basal (c/f distribución) es enaulico doble espaciado fino. Los elementos finos son mayoritarios a los gruesos. El espacio entre los elementos gruesos es doble y el elemento fino no rellena todos los huecos, interconectándose con el material grueso (Stoops, 2003).

La *b-fabric* que conforma esta lámina delgada es cristalítica cuyo principal componente es el carbonato cálcico. Está caracterizado por la presencia de una baja birrefringencia de los granos de los minerales (como es el caso de la calcita). Por lo que el carácter de estas unidades son casi completamente calcáreo aunque hay un incremento progresivo del material orgánico (Stoops, 2003).

Los edaforrasgos que caracterizan esta lámina delgada son: los revestimientos y rellenos de huecos por parte de calcita secundaria (Fig. 129 a-i y 131b y c). Todo ello es debido a la materia orgánica y su reemplazamiento por calcita. Además se ha identificado



Figura 128 Fotomicrofotografía del Nivel VIII y VIIIc: **(a)** Detalle de la masa basal con acumulación de fragmentos de concha (gasterópodos), granos de cuarzo de tamaño arena, actividad de bioturbación (poros tipo *vughy*) y fragmento calizo erosionado con recubrimiento de material fino arcilloso (marrón), PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Vista de la masa basal con acumulación de fragmentos de conchas de pequeño tamaño y en el centro un fragmento detallado, PPL.

5. El abrigo de Atxoste

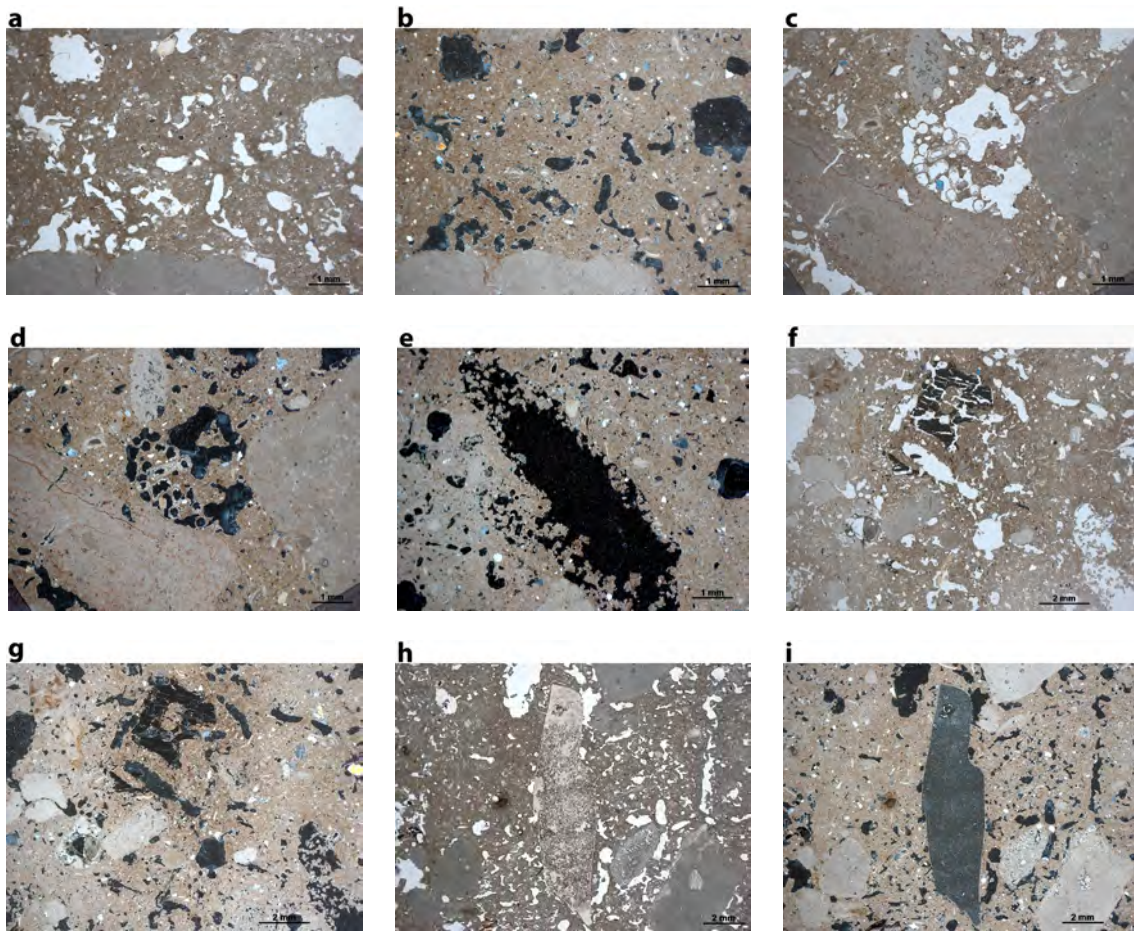


Figura 129 Fotomicrofotografía del Nivel VIII y VIIIc: **(a)** Vista de la masa basal. Nótese el carácter *vughy* de los poros (bioturbación), además del fragmento calizo en la parte baja de la imagen, PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de rellenos calcícos re TRABAJADOS correspondiendo a rizolitos en una matriz micrítica calcárea que incluye subredondeados poros revestidos de calcita. Atestigua el crecimiento de raíces por el sedimento. Además hay presencia de fragmentos calizos erosionados por actividad de agua, PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Vista de la porosidad de la masa basal que atestigua el crecimiento de raíces y su recristalización calcárea, XPL; **(f)** Detalle del carácter *vughy* de los poros (bioturbación) y detalle de fragmento de carbón fragmentado (crioturbación), PPL; **(g)** igual que (f) pero en XPL; **(h)** Detalle de un fragmento anguloso de sílex. Nótese el carácter *vughy* de los poros (bioturbación) y los numerosos fragmentos calizos erosionados (actividad de agua) and **(i)** igual que (h) pero en XPL.

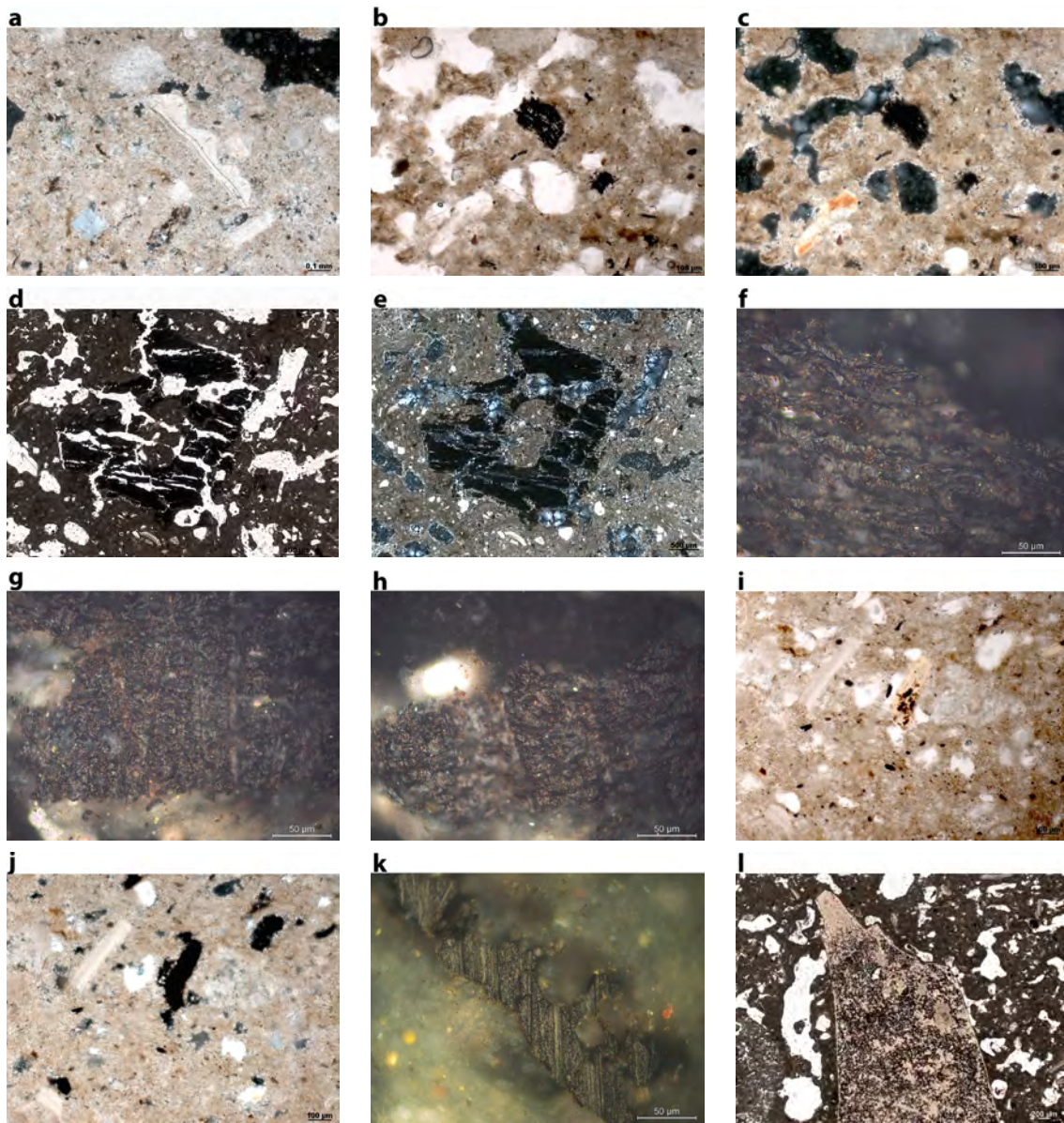


Figura 130 Fotomicrofotografía del Nivel VIII y VIIc: **(a)** Vista de la masa basal con acumulación de fragmentos de conchas de pequeño tamaño y en el centro un fragmento detallado, XPL; **(b)** Detalle del carácter *vughy* de los poros (bioturbación). Detalle de un fragmento de carbón manteniendo su estructura celular interna, PPL; **(c)** igual que (b) pero en XPL; **(d)** Detalle de fragmento de carbón fracturado (crioturbación); **(e)** igual que (d) pero en XPL; **(f)**, **(g)** and **(h)** Fragmentos carbonosos que mantienen su estructura celular interna, en fluorescencia; **(i)** Detalle de la masa basal con acumulación de fragmentos de conchas (gasterópodos) y un fragmento óseo afectado por la actividad biológica (ramificaciones dendríticas de manganeso) **(j)** igual que (i) pero en XPL; **(k)** Detalle de fragmento de material carbonizado procedente de material óseo, en fluorescencia y **(l)** Detalle de fragmento anguloso de silex, PPL.

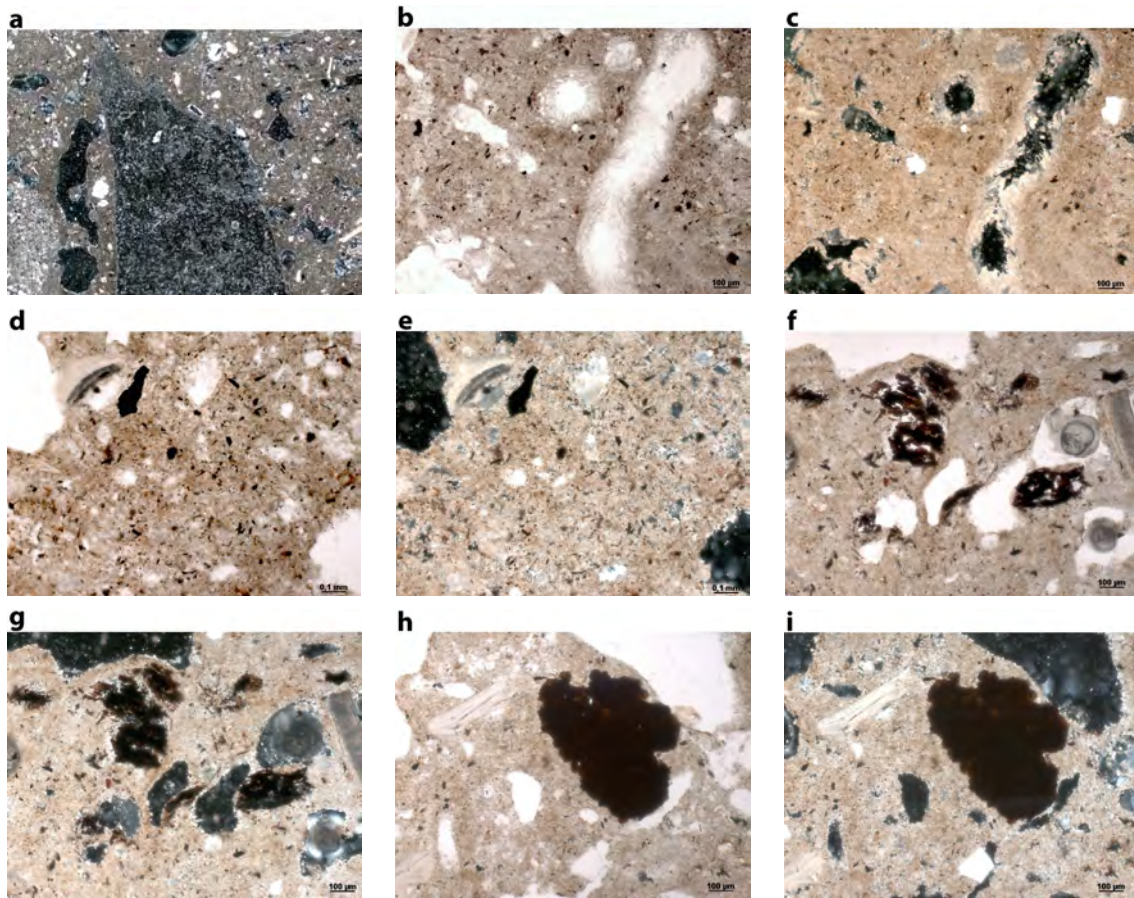


Figura 131 Fotomicrofotografía del Nivel VIII y VIIc: **(a)** Detalle de fragmento anguloso de silex, XPL; **(b)** Rellenos calcíticos de poros (redondeados y subredondeados) producto del crecimiento de raíces (recristalización de calcita secundaria). Nótese los pequeños fragmento orgánicos esparcidos en el sedimento como material amorfo (color marrónáceo); **(c)** igual que (b) pero en XPL; **(d)** Detalle de la masa basal con fragmentos de conchas (gasterópodos), material orgánico con carácter amorfo, PPL; **(e)** igual que (d) pero en XPL; **(f)** Detalle de residuos de fragmentos de material orgánico como granulos marrones de material amorfo, PPL; **(g)** igual que (f) pero en XPL; **(h)** Detalle de la masa basal con acumulación de fragmentos de conchas (gasterópodos) y acumulación de material orgánico amorfo, granulo marrónáceo proveniente de residuos orgánicos, PPL e **(i)** igual que (h) pero en XPL.

entre la masa basal y en el interior de la caliza el componente de óxido de hierro. Este elemento aparece de un modo no ordenado y detrítico.

En general estas unidades son muy similares a la anterior con la diferencia de la incorporación del elemento antrópico y que la materia orgánica va aumentando progresivamente. Por los elementos que le caracterizan se trata de un suelo húmico y natural donde la actividad del suelo (raíces de plantas y actividad de mesofauna) remueven los elementos de la masa basal, cada vez menos compacta que el anterior nivel. Está caracterizada por tanto por la actividad pedogénica, todavía más fuerte que el elemento antrópico.

5.7.3 Unidad VIIc (lámina delgada M-9)

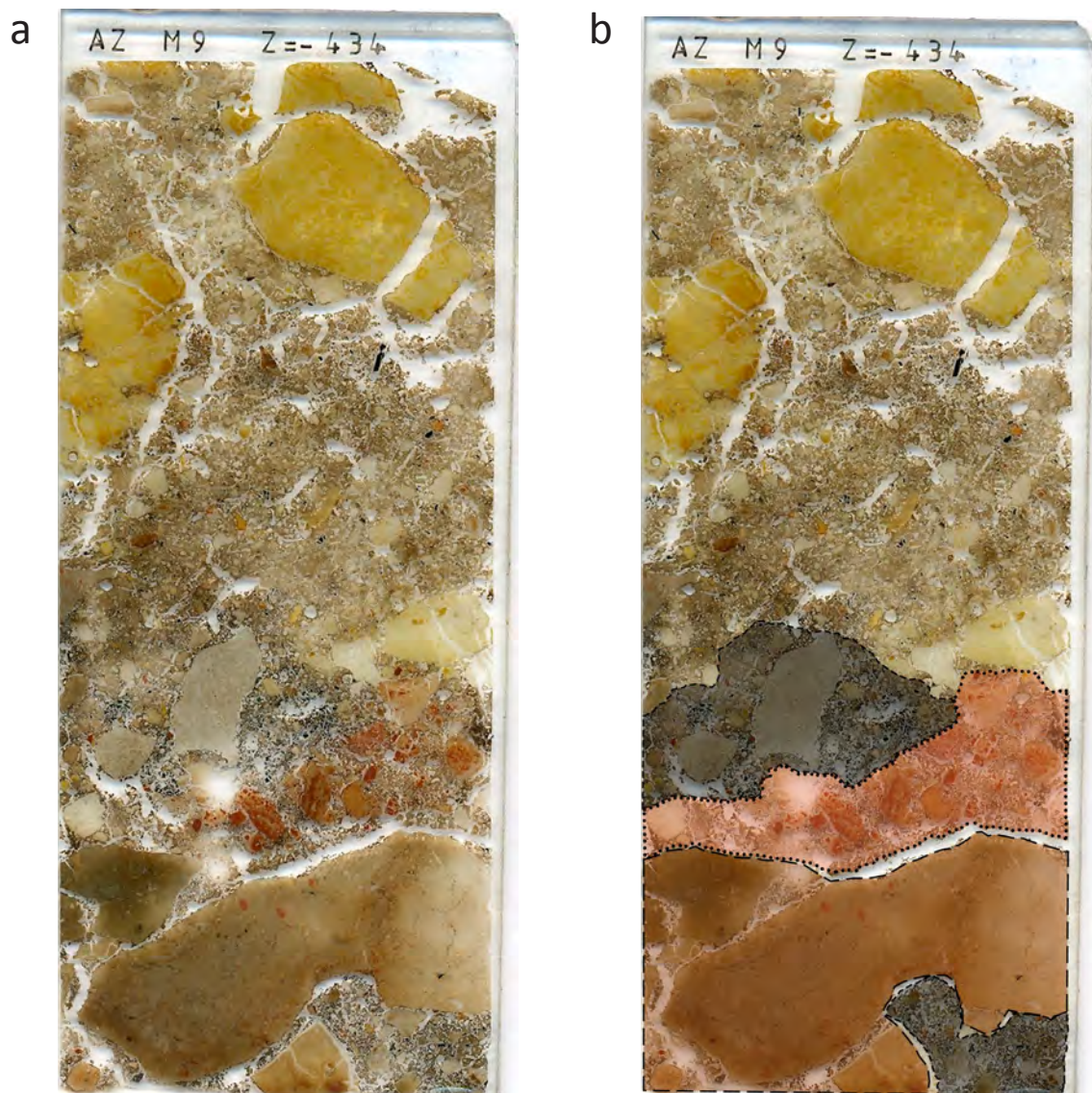


Figura 132 Escáner de las láminas delgadas: a) Nivel VIIc y b) Identificación de fuego (parte inferior)

Este nivel estratigráfico varía totalmente con los anteriores predominando la materia orgánica sobre lo calcáreo (Fig. 132). Con una coloración marronácea. Seguimos en el final del Magdaleniense, por lo que el elemento antrópico participa en los procesos de formación de esta unidad estratigráfica.

Dentro de esa masa basal los componentes gruesos son: la caliza que representa un tanto por ciento muy alto su presencia en esta unidad. Está conformado por zooclastos (foraminíferos) muy abundante en este elemento (Fig. 133a y b y Fig. 134a-l). Esta caliza foraminífera es biomicrita (bioclástica) en la que nos encontramos foraminíferos y otros restos esqueléticos (Folk, 1962). Se clasifica también como packstone en el cual vemos una estructura grano-soportada y una matriz micrítica ya que, el espacio intergranular es ocupado por micrita (Dunham, 1962). Esta caliza foraminífera está compuesta por una serie de animales unicelulares de benthic y planktonic (Brasier, 1980). Muestran muchas formas y tamaños. Los fragmentos de caliza aparecen en un contexto desordenado en la masa basal. Su redondez y esfericidad van de subangular a angular y cuyos bordes se encuentran rugosos. Parece ser un momento de continuas caídas de bloques provenientes del abrigo. Aparece en un estado amarillento y rojizo, seguramente porque ha sufrido un tratamiento térmico. Se encuentra adosado y relacionado con acciones de fuego (carbones, huesos quemados y cenizas) (Fig. 133e y f, Fig. 134a-l y Fig. 135g-i). Tiene un alto contenido de óxidos de hierro que le dan esas coloraciones rojizas y amarillentas. Otro elemento son los granos de cuarzo aparecen distribuidos al azar en la lámina delgada. Su redondez y esfericidad van desde subredondeado a subangular y la rugosidad de sus bordes es suave. Aparecen en un estado policristalino y monocristalino. El siguiente elemento son las conchas de gasterópodos que aparecen muy fragmentados (Fig. 134i-l). En elementos antrópicos nos encontramos huesos (Fig. 133g-i y Fig. 134i-l) (más abundantes que en el anterior nivel) y carbones. Estos dos elementos aparecen muy bien conservados, incluso se pueden ver estructuras internas de ambos elementos. En el caso de los carbones algunos se mantienen en un tamaño considerable (Fig. 135g) mientras que en otros caso observamos microcarbones destruidos y adosados a la matriz sedimentaria (Fig. 134g y k y Fig. 135c, d, h e i). Hay material orgánico que está relacionado con huesos carbonizados (estructura redondeada) y no con estructuras de plantas (estructura angular). Pero también se han identificado tejidos de plantas quemados (herbáceas con estructura interna ordenada en círculos de muy pequeño tamaño y de madera con estructura celular interna ordenada en círculos u ovalados de mayor tamaño que las herbáceas). Aparecen tanto material de madera como herbáceo y de hueso carbonizado en la zona intermedia, correspondiendo con los elementos calizos con óxidos de hierro. Las piezas orgánicas que no han sido quemadas aparecen bajo microscopio en luz reflejada en un estado opaco negro mientras que los elementos quemados aparece con colores blancos (high reflecting) y grisáceos (low reflecting) dependiendo de la intensidad del fuego (Fig. 133c y d y Fig. 135g-i).

En el material fino de la masa basal hemos observado: calcita no siendo en este

caso tan abundante. Aparece en un estado primario y secundario. Primario por su relación con la roca madre del abrigo y secundario del reemplazamiento de la materia orgánica, permineralización. La calcita se presenta en micrita y muy vinculada a dos factores: la existencia de raíces, las conchas de gasterópodos y cenizas adosadas a las estructuras de combustión. En este nivel se ha identificado ceniza (Fig. 135g-i). Relacionado con los carbones, microcarbones, la caliza con óxidos de hierro y el hueso carbonizado. Las cenizas provenientes de la quema de carbones de madera según su morfología calcítica y son birrefringente en XPL (Wattez y Courty, 1987). Estas cenizas tienen un carácter granular y calcárea pero difuminada. Otro elemento que participa en la formación de este suelo es la arcilla que aparece más abundante en este nivel en forma de agregados y disperso por toda la lámina delgada. Este estado revuelto es debido a la actividad bioturbación (mesofauna y plantas). Los elementos más presentes en esta lámina delgada son el de pequeñas partículas de material orgánico (Fig. 133e, f e i). Muy abundante y en un estado detrítico que aparece disperso y sin una distribución concreta a lo largo de toda la lámina. Este material se ha conservado debido a que la proporción de carbonatos no es tan amplia como en los anterior niveles. En consecuencia se ha conservado ese material orgánico. El material orgánico por tanto se conserva pero en un estado detrítico e incorporado a la matriz sedimentaria.

Los agregados representados en la lámina son de carácter migajoso y granular moderadamente separados y no acomodados entre ellos. Los huecos entre estos agregados son: huecos de empaquetamiento complejo, que resultan de la pérdida de diferentes componentes del suelo por lo que no se encuentran acomodados entre si. También los huecos tipo vughs: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos tipos son muy representativos y reflejo de la intensa actividad de bioturbación. Muy perceptible en este nivel ya que se forman también agregados de arcilla con un carácter granular.

La microestructura general de la lámina es compleja debido al número de tipos de huecos (hueco de empaquetamiento complejos, vughs y canales) establecidos en ella (Stoops, 2003).

La distribución en cuanto al componente grueso y fino dentro de la masa basal (c/f distribución) es enaulico doble espaciado igual. En el cual el componente fino forma los agregados, entre ellos se producen huecos entre los componentes más gruesos. De una manera en el cual estos agregados no rellenan los huecos de espacio poroso de una manera completa (Stoops, 2003).

5. El abrigo de Atxoste

La b-fabric que caracteriza la matriz sedimentaria es la cristalítica. El componente principal es la calcita que se disuelve entre la masa basal. En esta unidad, por tanto, la micrita calcítica, junto con el componente de materia orgánica más abundante en este nivel, conforma los elementos fundamentales de la matriz sedimentaria (Stoops, 2003).

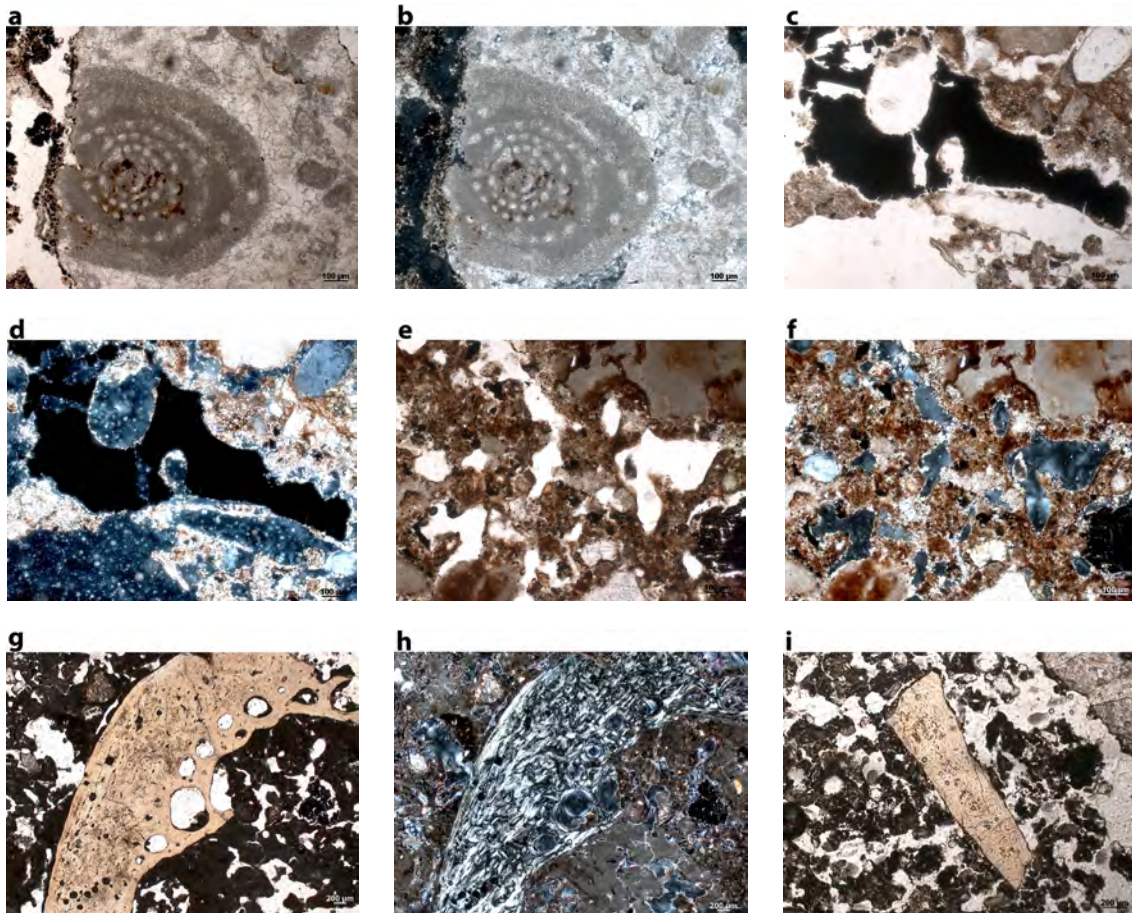


Figura 133 Fotomicrofotografía del Nivel VIIc: **(a)** Detalle de fragmento de caliza rica en bioclastos (alveolinas), PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de fragmento de material carbonizado procedente de tejido de madera. Nótese el resto de fragmento de poro de estructura celular, PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Vista de la masa basal con fragmentos de caliza erosionados y degradados (actividad de agua) y fragmentos de pequeño tamaño de material orgánico amorfo (color marrón-rojizo), PPL; **(f)** igual que (e) pero en XPL; **(g)** Detalle de fragmento de hueso en buen estado y con porosidad en su extremo derecho, PPL; **(h)** igual que (g) pero en XPL e **(i)** Detalle de fragmento de hueso con buena conservación. Nótese la porosidad de la masa basal (bioturbación), PPL.

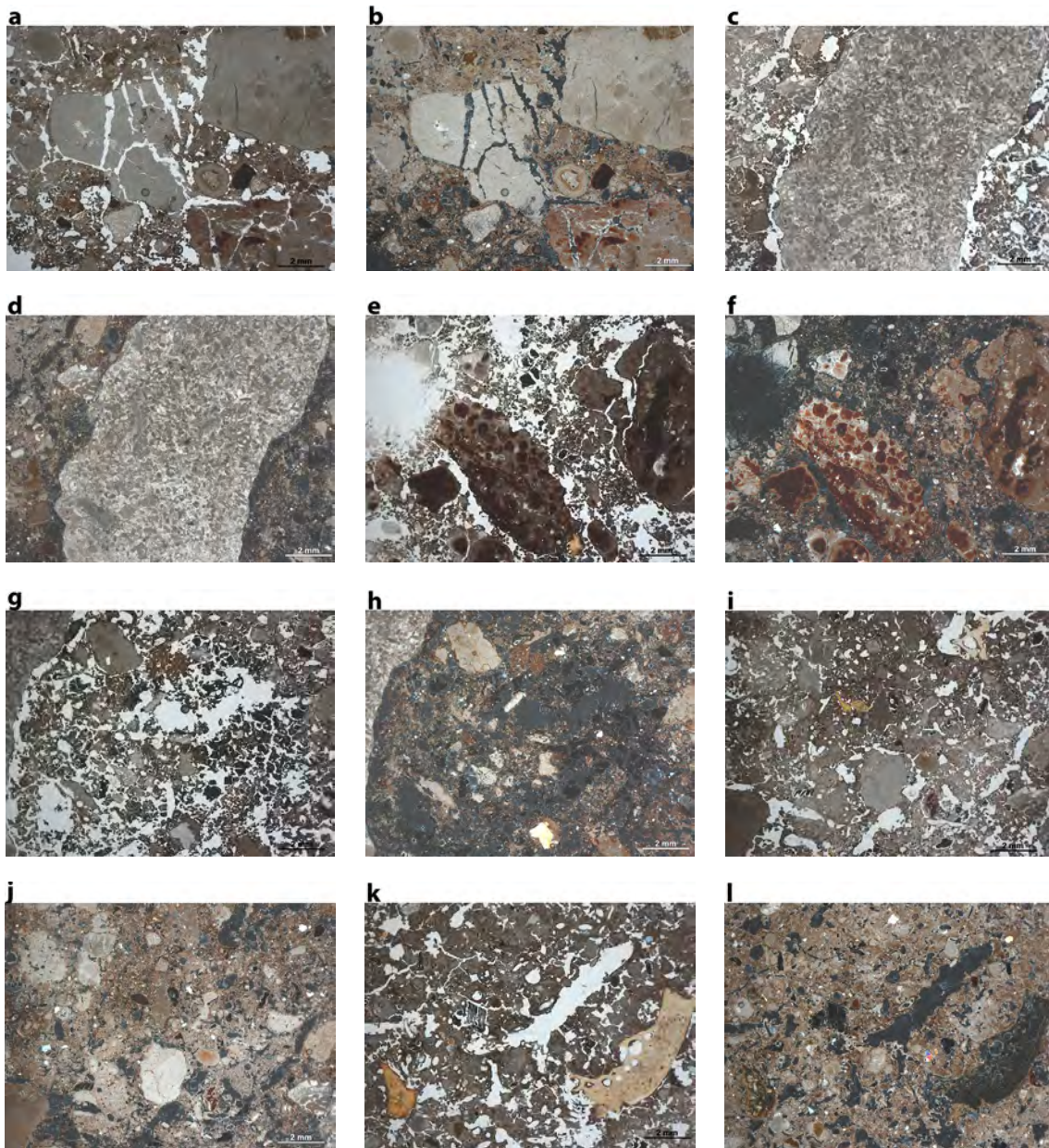


Figura 134 Fotomicrofotografía del Nivel VIIc: **(a)** Detalle de varios fragmentos calizos erosionados y agrietados (actividad de agua y fuego). Nótese el rojizo de los sedimentos por acción de fuegos (rubefactados), PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de fragmento de caliza rica en bioclastos, PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Detalle de material rojizo rubefactado (calizas y tierras) y hueso parcialmente quemado en la parte baja de la imagen, PPL; **(f)** igual que (e) pero en XPL; **(g)** Detalle de la masa basal con aportes de fragmentos calizos ricos en bioclastos erosionados y fragmentados (acción de agua y fuegos) y numerosos fragmentos de carbón muy fragmentados, PPL; **(h)** igual que (g) pero en XPL; **(i)** Detalle de la masa basal con fragmentos de hueso parcialmente quemados (zona intermedia), PPL; **(j)** igual que (i) pero en XPL; **(k)** Detalle de hueso parcialmente quemado (zona baja izquierda), PPL y **(l)** igual que (k) pero en XPL.

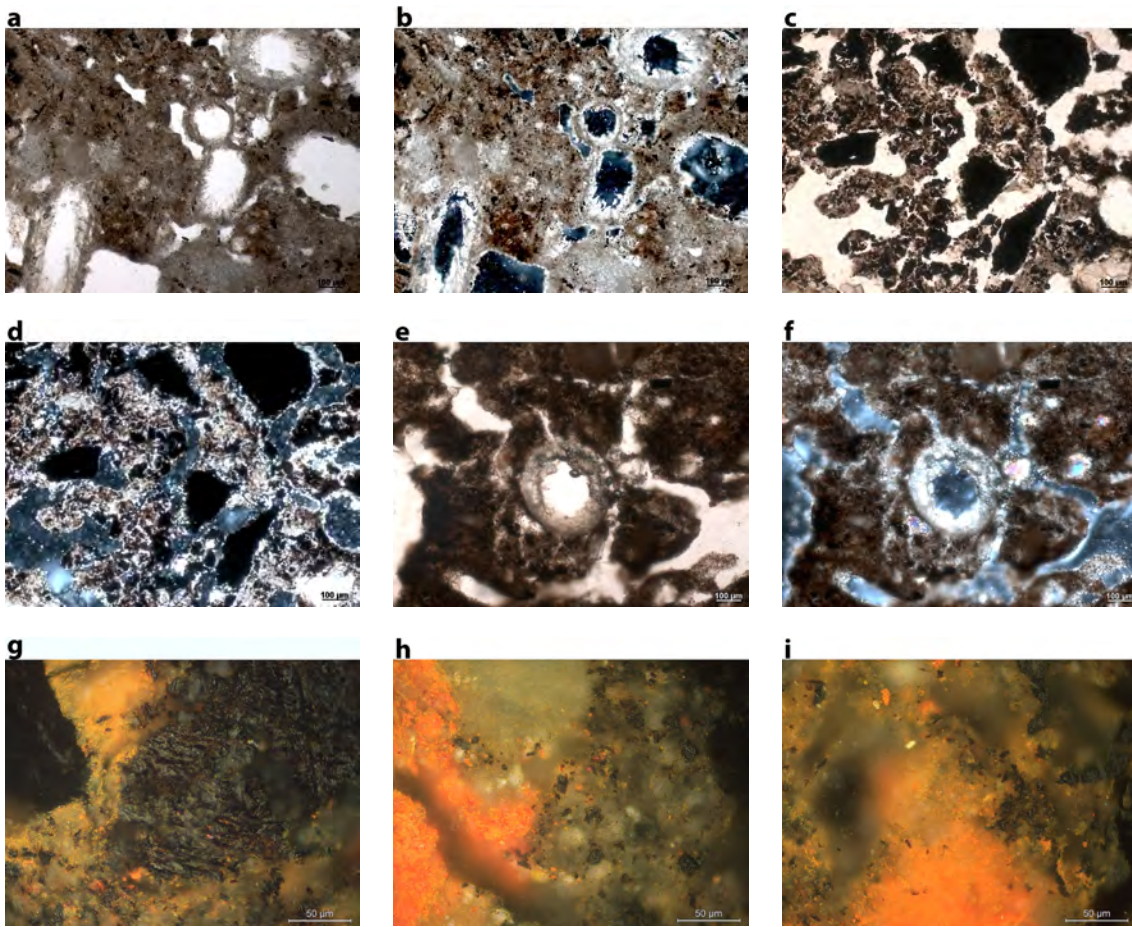


Figura 135 Fotomicrofotografía del Nivel VIIc: **(a)** Detalle de recristalización de calcita secundaria por actividad y crecimiento de raíces en los sedimentos (revestimientos y rellenos calcíticos), PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de fragmentos de carbones de muy pequeño tamaño y muy fragmentados, PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Detalle de un poro recristalizado por calcita debido al crecimiento de raíces en los sedimentos. Nótese el revestimiento del poro con calcita secundaria, PPL; **(f)** igual que (e) pero XPL; **(g)** Vista de material carbonoso que mantiene la estructura celular; **(h)** Detalle de la parte inferior de la lámina con carácter rubefactado de los sedimentos. Nótese la presencia de cenizas (calcita), óxidos de hierro en la masa basal (zona rojiza) y material carbonoso (microcarbones) e **(i)** Detalle de la parte inferior de la lámina con carácter rubefactado de los sedimentos. Nótese la presencia de cenizas (calcita), óxidos de hierro en la masa basal (zona rojiza) y material carbonoso (microcarbones) y fragmentos de material carbonizado procedente de quema de material óseo.

Los edaforrasgos vienen representados por: los revestimientos y rellenos de huecos por parte de calcita secundaria (Fig. 135a-f). Todo ello es debido a la materia orgánica y su reemplazamiento por calcita. Además se ha identificado entre la masa basal y en el interior de la caliza el componente de óxido de hierro. Este elemento aparece de un modo no ordenado y detrítico.

En esta unidad estratigráfica en elemento antrópico va aumentando considerablemente así como la materia orgánica, en detrimento de los carbonatos. El material calcáreo aun así conforma el componente mineral de la masa basal. Éste está compuesto por material muy fino, micrítico y un poco ferruginoso. Se ha observado una cierta organización de fuego en la parte media de la lámina delgada con elementos de carbones, huesos carbonizados, óxidos de hierro y caliza rubefactada (Fig. 134a-l). Todos estos elementos parecen indicar la existencia de un fuego. Aun así aunque se vea una cierta organización aparece en un estado de mala conservación, detrítico. Este hecho será debido a las acciones de bioturbación (plantas y lombrices) que tienen una actividad muy acusada en estas unidades estratigráficas.

5.7.4 Unidad VII (lámina delgada M-8)



Figura 136 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VII

Esta unidad sigue perteneciendo a final del Magdaleniense. Corresponde a un nivel que ha sufrido varias caídas de bloques y de pared procedentes del abrigo Fig. 136). El elemento antrópico no queda reflejado en esta secuencia. El elemento calcítico seguramente hay destruido los elementos antrópicos, por lo que se tratan de unas condiciones no óptimas para la conservación de los elementos orgánicos. La masa basal es prácticamente carbonatada con una participación del componente orgánico mucho menos profusa que en la anterior muestra (M-9). Se trata de una acumulación calcítica procedente de la disolución de la roca madre.

Los componentes gruesos en la matriz sedimentaria son: la caliza que aparece en un estado bastante degradado e incorporado a la matriz sedimentaria. No hay una ordenación específica de este elemento en la lámina. Su redondez y esfericidad va desde subangular a angular y cuya morfología de los bordes son extremadamente rugosos. Se encuentra en un estado casi de descomposición y muy vinculada a procesos de agua (sistema tobáceo). Aparecen fragmentos de calizas cuya clasificación es de biolilita (Folk, 1962), definido como estromatolito (sistema tobáceo) (Fig. 137a-f y Fig. 138a). En estos fragmentos los componentes originales se encuentran unidos al mismo tiempo que se sucede la sedimentación. Esa unión se forma por la acción de diversos organismos (bio-conductores) (Dunham, 1962), que en este caso pueden ser las algas u otro tipo de elementos. Se tratan de estructuras órgano-sedimentarias con un carácter laminado de una serie de carbonatos (Walter, 1976). Estos han crecido unidos al sustrato. La presencia de la actividad de una serie de agentes microbianos han surgido y facilitado la precipitación de carbonatos. Algas u otros elementos que han llegado a calcificar dentro de la estructura (briofritos) (Courty *et al.*, 1989).

El siguiente elemento es el cuarzo que aparece de una manera no ordenada en la secuencia. Su redondez y esfericidad van de subredondeado a subangular y cuyos bordes tienen una morfología suave. Aparecen en un estado policristalino y monocristalino. El siguiente elemento son las conchas de gasterópodo, no muy abundantes a comparación de los niveles más orgánicos. Los elementos que corresponden a la actividad antrópica no figuran en esta lámina, seguramente porque las condiciones no son favorables para su preservación. El material orgánico en ambientes carbonatados no se conserva óptimamente. Se han identificado una serie de raíces en un estado de mala conservación solo preservándose las partes más fuertes (Fig. 138f). La morfología de las raíces suele ser común, con una conservación en algunos casos óptimas en el que se pueden distinguir e identificar los diferentes tejidos; la epidermis es la parte externa encontrada en jóvenes partes de las plantas y no muy resistente, córtex con todas sus estructuras internas celulares (Babel, 1975).

En el material fino se han identificado los siguientes elementos: la calcita micrítica y la dolomita como elemento mayoritario y muy vinculado a la disolución de la roca madre. La dolomita es de origen secundario. Otros elementos minoritarios son las arcillas, muy aisladas e incorporadas a la matriz y las pequeñas partículas de material

orgánico, apareciendo en un estado detrítico y no muy abundante. El elemento de carbonatos no favorece la conservación del material orgánico.

Los agregados que se han identificado en esta unidad estratigráfica son de carácter granular y esponjoso. Muy similares a las anteriores unidades carbonatadas. Además se han identificado canales (actividad de lombrices), ligeramente separados entre sí y van desde acomodados a no acomodados (FitzPatrick, 1984). El carácter de este sedimento es bastante compacto en toda la secuencia.

Los huecos que predominan esta unidad son vughs: muy vinculados a la actividad de bioturbación. Se tratan de huecos irregulares, más o menos equidimensionales y con bordes en este caso con un carácter suave. No están conectados con otros huecos de similar tamaño (Stoops, 2003). Estos son debidos a la disolución de varios componentes como son la caliza y de la actividad bioturbación (raíces de plantas y mesofauna). Por otro lado están los canales: se tratan de huecos tubulares debido a que son consecuencia directa de actividad de raíces (biogalerías).

La microestructura de la masa basal es esponjosa. Se trata de una microestructura que se trata de material poroso apedal e intrapedal (Stoops, 2003).

La relación entre el material grueso y el fino (c/f distribución) dentro de la masa basal es de enaulico fino doble espaciado. El material fino se encuentra en doble espaciado por el material grueso. Los agregados del material fino son considerablemente más pequeños que las unidades gruesas, pero mucho más abundantes (Stoops, 2003).

La b-fabric por tanto es cristalítica. El componente principal es de carbonato cálcico. La calcita aparece en un estado micrítico. Este material no permite que el material orgánico se conserve por lo que apenas hay en la estructura de la lámina. Está caracterizado por la presencia de una baja birrefringencia de los granos de los minerales (como es el caso de la calcita) (Stoops, 2003).

Los edaforrasgos que caracterizan la formación de esta unidad son: los revestimientos y los rellenos de calcita. Estas dos acciones vienen vinculadas al proceso de reemplazo de la materia orgánica por los carbonatos (Fig. 137a-f y Fig. 138a-e). Los huecos dejados por la actividad de bioturbación se ven rellenas por los carbonatos. Además aparecen una serie de laminaciones en la masa basal, cuya base son los carbonatos. Se han identificado sistemas tobáceo (origen briofritos) (Adams y Mackenzie, 1998, Pentecost, 2005 y Cremaschi *et al.*, 2010). Estos sedimentos constituyen una serie de alteraciones del sedimento peloidal fino y el lodo carbonatado. Se conforman en una serie de capas laminadas con huecos entre ellas, alternándose con los sedimentos grano-soportados. Por otro lado otra teoría sería estromatolitos cuyo origen son las dolomitas (Walter, 1976). Debido a que durante los procesos de dolomitización la diferente estratificación se mantuvo y ello junto con la naturaleza de grano-fino del sedimento y

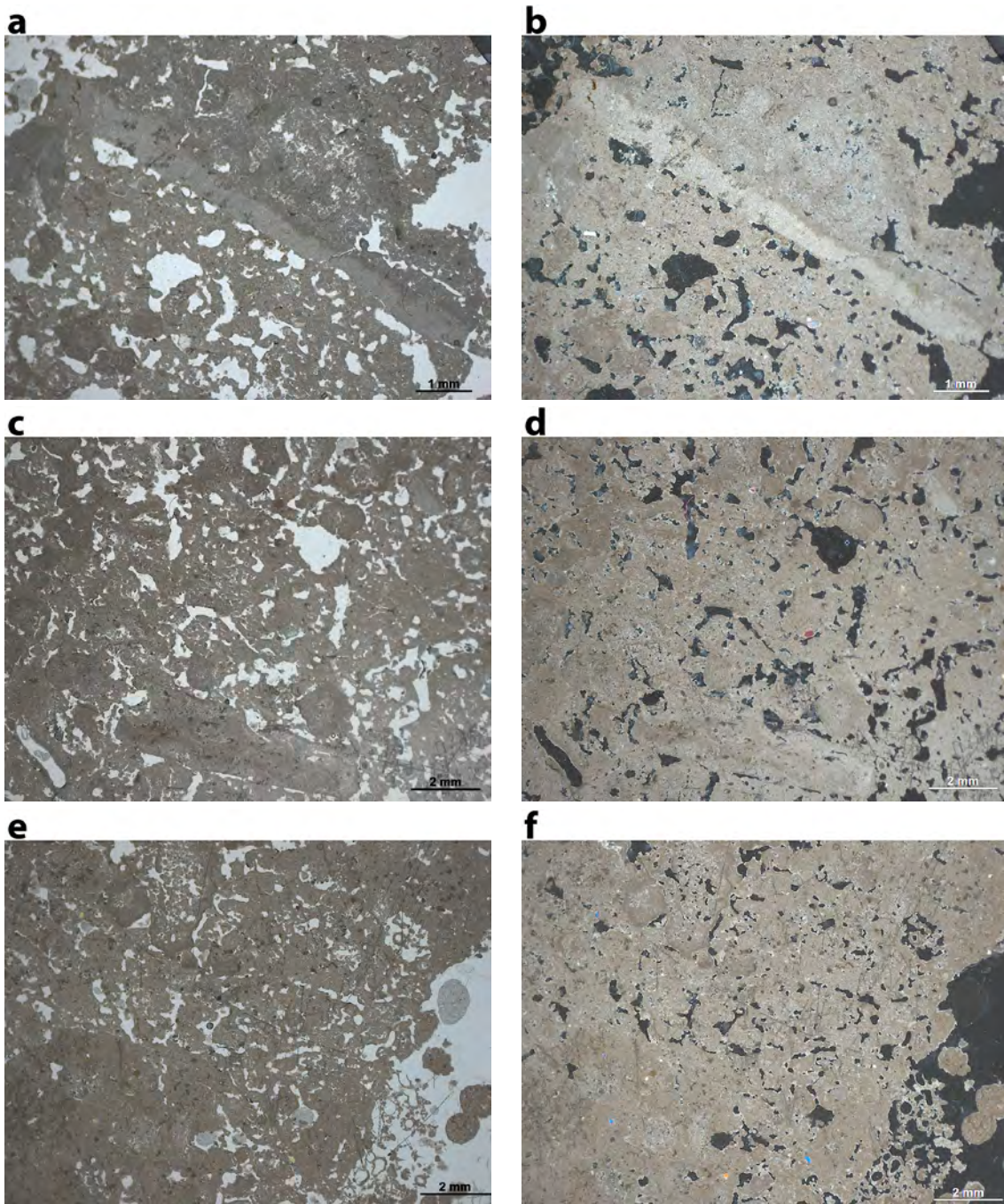


Figura 137 Fotomicrofotografía del Nivel VIII: **(a)** Detalle de acumulación estromatolítica calcítica laminada (fragmento calizo), lo que indica que se ha producido en diferentes episodios (actividad de agua); **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de la masa basal con carácter *vughy* de los sedimentos (bioturbación). Nótese la acumulación calcítica (parte inferior), PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Detalle de la masa basal con carácter *vughy* de los sedimentos (bioturbación) y poro (zona derecha-inferior) con microporos calcíticos (raíces) y **(f)** igual que (e) pero en XPL.

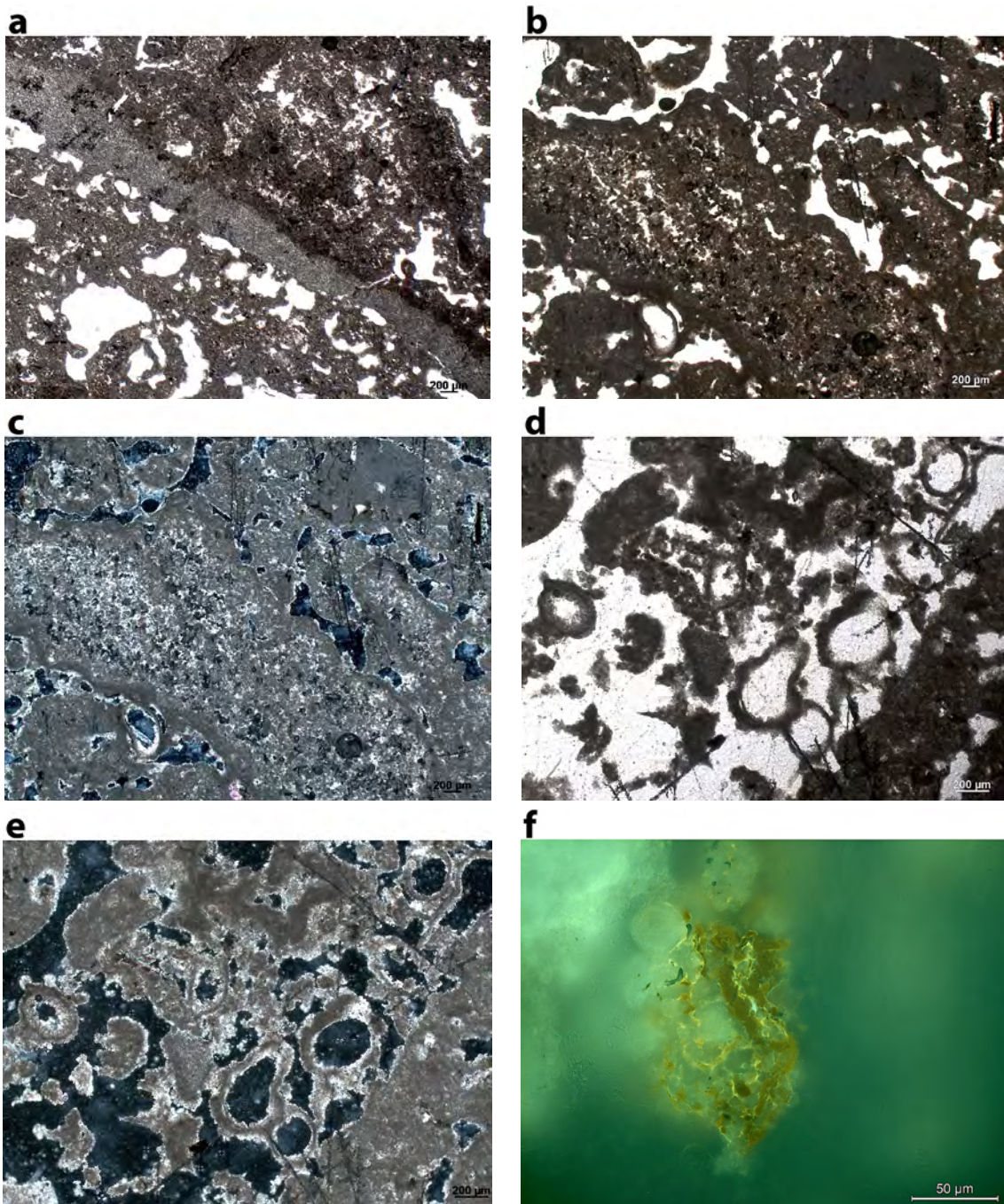


Figura 138 Fotomicrofotografía del Nivel VIII: **(a)** Detalle de acumulación estromatolítica calcítica laminada (fragmento calizo), lo que indica que se ha producido en diferentes episodios (actividad de agua); **(b)** Detalle de acumulación estromatolítica calcítica (actividad de agua) y poros tipo canales y *vughy* (bioturbación), PPL; **(c)** igual que (b) pero en XPL; **(d)** Detalle de revestimientos de poros con calcita secundaria (raíces), PPL; **(e)** igual que (d) pero en XPL y **(f)** Detalle de fragmento de raíz. Nótese la estructura celular interna en proceso de descomposición, en fluorescencia.

una serie de capas de pellets (Adams y Mackenzie, 1998).

Por lo que en general está lámina delgada viene caracterizada por una masa basal casi totalmente calcárea en la que no deja que sobreviva la materia orgánica. Es acumulación calcítica es debido a la disolución de la roca madre.

Se ha identificado una recristalización, dentro del material orgánico que lo reemplazan los carbonatos. En consecuencia hay una mala o nula conservación de este material. La mayor parte de lo que queda del material orgánico es detrítico (no pudiéndose identificar en muchos casos) y de carácter fresco, húmico.

5.7.5 Unidad VIIb2 y VIIb (lámina delgada M-7)



Figura 139 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VIIb2 y VIIb

Estas unidades siguen perteneciendo a los últimos momentos del Pleistoceno. Durante los procesos de excavación se observó la presencia de bloques calizos procedentes de las caídas de bloques de techo y pared del abrigo. El carácter de esta lámina sigue siendo calcárea aunque con un progresivo aumento de la materia orgánica (Fig. 139) así como de elementos antrópicos (carbones y huesos carbonizados).

El material grueso que se encuentra en la masa basal es: la caliza. Los bloques de caliza siguen siendo numerosos y muy relacionados con caídas de techo y de pared del abrigo. La caliza aparece en un estado bastante degradado y adosado a la matriz sedimentaria (Fig. 140a-f y Fig. 141a-c). Algunos de los fragmentos aparecen con componentes de óxidos de hierro, vinculados a motivos de condiciones ambientales (precipitación y percolación de agua). La localización de los fragmentos calizos no responden a ningún tipo de ordenación. Su esfericidad y redondez van desde subangular a angular cuyos bordes son bastante rugosos. La caída de los bloques debió de surgir en procesos fuertes y rápidos. El siguiente elemento es el cuarzo. Aparece en la matriz sedimentaria sin una ordenación y su redondez y esfericidad va desde subredondeado a subangular. Los bordes de los cuarzos vienen caracterizados por la suavidad. Otros elementos son las conchas de gasterópodos no tan abundantes en estas unidades como observamos en las unidades más orgánicas. Entre los elementos antrópicos (carbones y huesos carbonizados) observamos un aumento progresivo aunque las condiciones no son óptimas para la buena conservación de los elementos orgánicos. Los carbones quemados (low reflecting light) aparecen de mal conservados pero en algunos casos se ven las estructuras celulares internas (madera) (Fig. 141d-f). En el caso de los huesos aparecen en un estado de mala conservación (Fig. 141 g y h), de muy pequeño tamaño, con corrosiones y en poco caso su conservación es buena con los límites de sus bordes muy bien definidos (Fig. 141i y j). Hay un aumento progresivo del material óseo en la zona superior de la lámina. Algunos de ellos aparecen en un estado fresco pero otros carbonizados pero se han conservado partículas muy pequeñas de estos elementos. En consecuencia es difícil su identificación a escala macro.

Dentro del material fino se han identificado los siguientes elementos: la calcita micrítica. Este elemento muy vinculado con la roca madre conforma la masa basal de estas unidades. Es un elemento que imposibilita la conservación del material orgánico. Muy vinculado a este elemento, y sobre todo a la roca madre, están los granos de dolomita de carácter rectangular y calcáreo. Otros elementos son la arcilla minoritaria y localizada en pocas zonas de la lámina. Pero el elemento que va aumentando progresivamente es el de el material orgánico. Se presenta en partículas de tamaño muy pequeño y de carácter detrítico que se incorpora a la masa basal (Fig. 141c). Estas partículas están relacionadas con los tejidos del material vegetal. El último elemento fino es el material fungal, de muy pequeño tamaño. Muy relacionado con la materia orgánica que es atacada por este componente. Este material fungal puede provenir de excrementos orgánicos que pueden estar formados por fragmentos de tejidos orgánicos y también de una mezcla

de fragmentos de material orgánico o de restos de material fungal (Bullock et al., 1985). Tanto los carbonatos como la material fungal no aporta a la supervivencia y conservación del material orgánico. Por lo que estas unidades se mantienen casi enteramente carbonatadas, procedentes de las continuas caída de bloques del abrigo, la disolución de la roca madre, la caída y percolación de aguas constantes y con diferentes orígenes.

Los agregados que se han identificado en esta unidad estratigráfica son de carácter granular y esponjoso. Además se han identificado canales (actividad de lombrices), ligeramente separados entre sí y van desde acomodados a no acomodados (FitzPatrick, 1984). En carácter de este suelo es bastante compacto en toda la secuencia aunque empieza a perder en compactación según la materia orgánica aumenta sus porcentajes.

Los huecos entre los componentes y agregados identificados en esta lámina delgada son vughs: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de bioturbación. En consecuencia esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos dos tipos de huecos de la masa basal son muy representativos y reflejo de la intensa actividad de bioturbación.

La masa basal se caracteriza por tener una microestructura esponjosa. Es mayoritariamente material poroso apedal y intrapedal con una gran interconexión de hueco vughs. En general bastante compacta aunque pierda esa compactación a medida que el material orgánico aumenta (Stoops, 2003).

La relación entre el material grueso y fino de la masa basal (c/f distribución) es enaulico doble espaciado fino. Los elementos finos son mayoritarios a los gruesos. El espacio entre los elementos gruesos es doble y el elemento fino no rellena todos los huecos, interconectándose con el material grueso (Stoops, 2003).

Una vez identificado todos los elementos formadores la b-fabric es de formación cristalítica. El principal componente es la calcita micrítica. Esta calcita, como hemos visto previamente, tiene que ver con el sustrato rocoso de la roca madre y con la actividad de bioturbación (recristalización y reemplazo del material orgánico a los carbonatos). Hay diversas acumulaciones calcíticas procedentes de la disolución de la roca madre y por caídas de diversos bloques de pared y techo del abrigo (Stoops, 2003).

Los edaforrasgos que caracterizan estas unidades son recubrimientos y rellenos de calcita en huecos. Este tipo de eventos están muy relacionados con la recristalización del material orgánico por los carbonatos (Fig. 141k y l). Además aparecen una serie de laminaciones en la masa basal, cuya base son los carbonatos. Se han identificado en

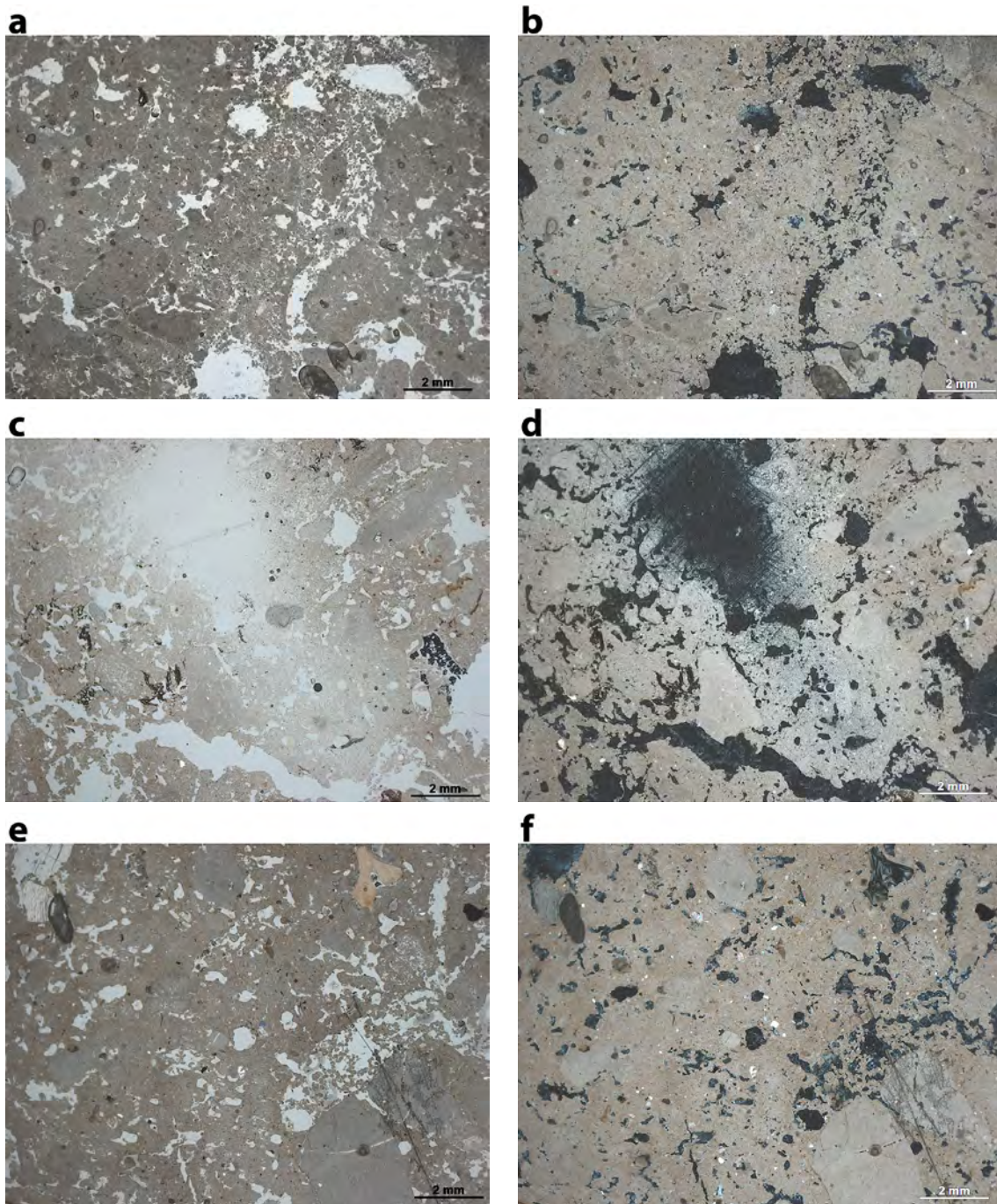


Figura 140 Fotomicrofotografía del Nivel VIIIb2 y VIIIb: **(a); (b); (c) y (d)** Cuatro microfotografías detallando la masa basal cuya porosidad es tipo *vughy* y de canales (bioturbación), además de fragmentos calizos muy fragmentados y erosionados(actividad de agua) y presencia de microcarbones, (a) y (c) en PPL y (b) y (d) en XPL; **(e)** Misma clasificación de los suelos que (a), (b), (c) y (d) pero con la presencia de un fragmento óseo (parte superior) y **(f)** igual que (e) pero en XPL.

5. El abrigo de Atxoste

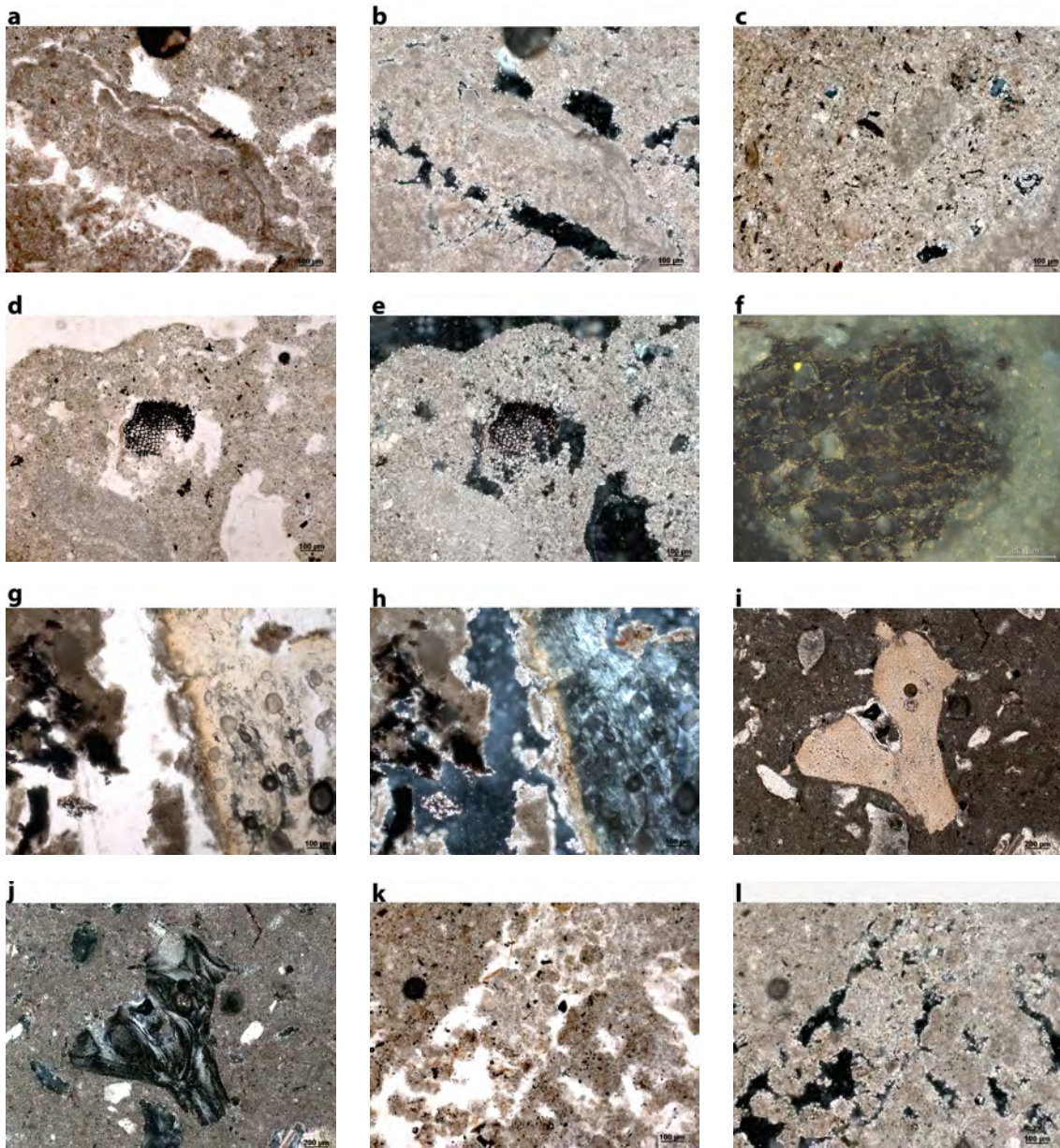


Figura 141 Fotomicrofotografía del Nivel VIIb2 y VIIb: **(a)** Detalle de acumulación estromatolítica calcítica laminada (sistema tobáceo), lo que indica que se ha producido en diferentes episodios (actividad de agua); **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de la masa basal con carácter masivo y micrítico. Nótese los microfragmentos de material amorfo procedente de la descomposición de material orgánico, XPL; **(d)** Detalle de fragmento de carbón que mantiene su estructura celular original, PPL; **(e)** igual que (d) pero en XPL; **(f)** Detalle de fragmento carbonoso (madera) que mantiene su estructura celular. Nótese el carácter micrítico del sedimento; **(g)** Detalle de fragmento óseo mal preservado (degradación); **(h)** igual que (g) pero en XPL; **(i)** Detalle de fragmento óseo muy bien preservado, PPL; **(j)** igual que (i) pero en XPL; **(k)** Detalle de acumulación de material micrítico atestiguando el crecimiento de raíces (rellenando poro), PPL y **(l)** igual que (k) pero en XPL.

estas unidades sistemas tobáceos (briofritos) (Adams y Mackenzie, 1998, Pentecost, 2005 y Cremaschi *et al.*, 2010). Estos sedimentos constituyen una serie de alteraciones del sedimento peloidal fino y el lodo carbonatado (Fig. 140 a-f y Fig. 141a y b). Se conforman en una serie de capas laminadas con huecos entre ellas, alternándose con los sedimentos grano-soportados.

5.7.6 Unidad VIIb y VIb2 (lámina delgada M-6)



Figura 142 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VIIb y VIb2

Esta unidad estratigráfica se divide en dos ámbitos culturales: la mitad inferior corresponde al final del Magdaleniense y la mitad superior al inicio del Mesolítico, el laminar. Su personalidad formativa sigue siendo calcárea con un aumento progresivo de la materia orgánica a comparación de los niveles anteriores (Fig. 142) (exceptuando la muestra M-9).

La masa basal se caracteriza por tener los siguientes componentes gruesos: la caliza. Aparece en un estado degradado e incorporado a la matriz sedimentaria. Tienen que ver con las filtraciones y percolaciones de agua. La caliza aparece con una serie de laminaciones (Fig. 143a, b, e-h). Aparecen fragmentos de calizas cuya clasificación es de biolitita (Folk, 1962), definido como estromatolito. En estos fragmentos los componentes originales se encuentran unidos al mismo tiempo que se sucede la sedimentación. Esa unión se forma por la acción de diversos organismo (bio-conductores) (Dunham, 1962). que en este caso pueden ser las algas u otro tipo de elementos. Se tratan de estructuras órgano-sedimentarias con un carácter laminado de una serie de carbonatos. Estos han crecido unidos al sustrato. La presencia de la actividad de una serie de agentes microbianos han surgido y facilitado la precipitación de carbonatos. Algas u otros elementos que han llegado a calcificar dentro de la estructura. Esa laminación tiene microestructura lenticular, fruto seguramente de diferentes episodios de congelación-descongelación (Courtney *et al.*, 1989). Todo ello corresponde a un sistema tobáceo (Pentecost, 2005 y Cremaschi *et al.*, 2010)

Los fragmentos de caliza aparecen de un modo desordenado dentro de la matriz sedimentaria. Su redondez y esfericidad va desde subangular a angular y cuyos bordes están caracterizados por su rugosidad. Otro elemento grueso es el cuarzo. También aparece en la lámina sin ninguna ordenación. Su redondez y esfericidad va desde subredondeado a subangular y sus bordes se caracterizan por ser suaves. Otros elementos son las conchas de gasterópodos no tan abundantes como lo eran en la muestra M-11. Los elementos de origen antrópico (huesos carbonizados y carbones) no son muy abundantes. Seguramente las condiciones no son óptimas para la conservación del material orgánico que se desintegra y destruye y se inserta en la matriz sedimentaria como pequeñas partículas (detritico). Los carbones aparecen en un estado de mala conservación y de muy pequeño tamaño. Aunque algunos componentes de carbones se han conservado con la estructura celular interna pudiéndose identificar como madera (Fig. 143i-l). Los elementos orgánicos quemados aparecen en low reflecting light, intensidad del fuego no muy alta. Se ha identificado En cuanto al elemento grueso del material óseo aparece en porcentajes muy bajos, muy mal conservados (disolución) y de muy pequeño tamaño, algunos de ellos carbonizados. Su presencia va aumentando según vamos de suelo a techo de la secuencia. Las condiciones de humedad y de sedimentos carbonatados no favorece a la conservación de los componentes orgánicos.

Dentro del material fino tenemos los siguientes componentes: calcita micrítica. La masa basal es casi en su totalidad calcárea. Muy vinculada a la degradación del sustrato

rocoso calizo de la roca madre y caídas de bloques del abrigo pero también con la el reemplazo de la materia orgánica por la calcita, recristalización. Este elemento cada vez es menos abundante. Otros elementos son los agregados de arcilla no muy abundante y localizados en la masa basal. Y por ultimo las pequeñas partículas de material orgánico. Son de carácter detrítico y vinculadas a herbáceas y a tejidos de madera. Algunos de los elementos orgánicos aparecen en un estado fresco (en luz reflejada aparecen con coloraciones marrones) (Fig. 143k y l). Por una parte tenemos ese material fresco que solo se conserva las partes más fuertes y por otro lado el material orgánico antiguo que aparece totalmente destruido, en pequeñas partículas e incorporado a la matriz sedimentaria (detrítico). En consecuencia no se puede identificar ni clasificar ese material.

La masa basal contiene unos agregados que se han identificado en esta unidad como granulares y esponjosos. Además se han identificado canales (actividad de lombrices), ligeramente separados entre sí y van desde acomodados a no acomodados (FitzPatrick, 1984). En carácter de este suelo comienza a ser menos compacto que los anteriores niveles calcáreos. Debido al incremento de la material orgánica el carácter del suelo es más granular y suelto.

Los huecos identificados entre la masa basal son vughs: con un carácter más o menos equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos dos tipos de huecos son representativos y están muy vinculados con la actividad de bioturbación y la consecuencia de su actividad.

Esta lámina delgada tienen una microestructura de carácter esponjosa. Es mayoritariamente material poroso apedal y intrapedal con una gran interconexión de hueco vughs (Stoops, 2003).

En general la masa basal tienen una relación entre el material grueso y fino (c/f distribución) de tipo enaulico doble espaciado fino. Los elementos finos son mayoritarios a los gruesos. El espacio entre los elementos gruesos es doble y el elemento fino no rellena todos los huecos, interconectándose con el material grueso (Stoops, 2003).

La b-fabric que caracteriza estas unidades es de cristalítica: carbonato cálcico. El principal elemento formados sigue siendo la calcita micrítica (Stoops, 2003). Como ya hemos dicho, muy relacionada con dos elementos: la disolución de la roca madre caliza pero también por el reemplazo de ese material orgánico por calcita, recristalización (secundaria). Hay óxidos de hierro presentes en la matriz sedimentaria y en la roca caliza. Este elemento muy vinculado a procesos con agua.

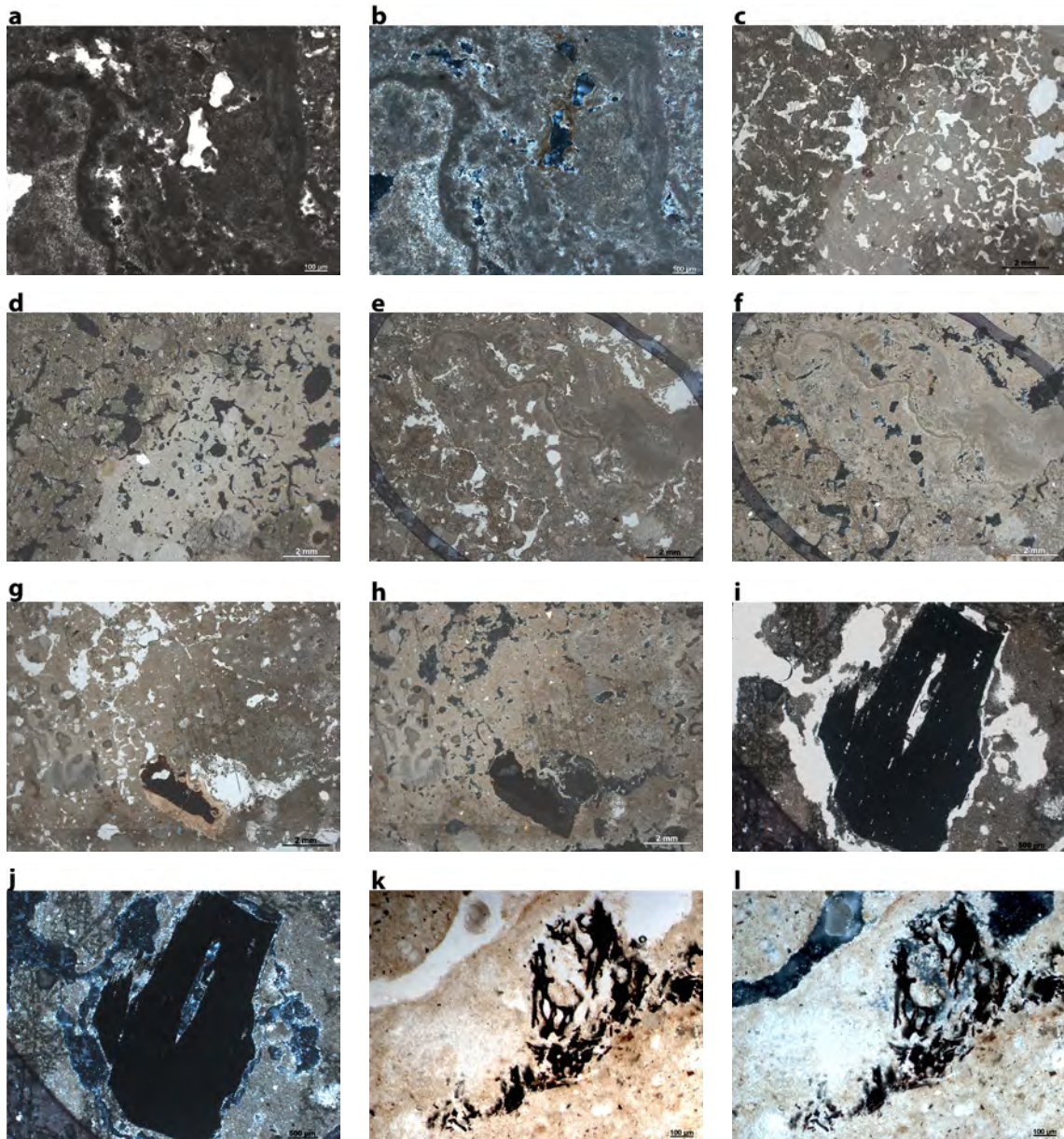


Figura 143 Fotomicrofotografía del Nivel VIIb y VIb2: **(a)** Detalle de acumulación estromatolítica calcítica laminada, lo que indica que se ha producido en diferentes episodios (actividad de agua); **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de acumulación de calcita micrítica con lavado del material arcilloso, PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Detalle de acumulación estromatolítica calcítica laminada, lo que indica que se ha producido en diferentes episodios (actividad de agua); **(f)** igual que (e) pero en XPL; **(g)** Detalle de la masa basal con presencia de fragmento de caliza con revestimiento de carbonatos y óxidos de hierro (rojizo); **(h)** igual que (g) pero en XPL; **(i)** Detalle de fragmento de carbón que mantiene su estructura celular original, PPL; **(j)** igual que (i) pero en XPL; **(k)** Detalle de fragmento de carbón muy fragmentado, PPL y **(l)** igual que (k) pero en XPL.

Los edaforrasgos que caracterizan estas unidades son recubrimientos y rellenos de calcita en huecos. Este tipo de eventos están muy relacionados con la recristalización del material orgánico por los carbonatos (Fig. 143c y d). Además aparecen una serie de laminaciones en la masa basal, cuya base son los carbonatos. Se han identificado un profundo sistema tobáceo (Adams y Mackenzie, 1998, Pentecost, 2005 y Cremaschi *et al.*, 2010). Estos sedimentos constituyen una serie de alteraciones del sedimento peloidal fino y el lodo carbonatado. Se conforman en una serie de capas laminadas con huecos entre ellas, alternándose con los sedimentos grano-soportados. Según el material se convive con ambientes húmedos que a finales del Pleistoceno son muy agresivos y fuertes (caídas continuas de bloques, precipitación y percolación de agua).

5.7.7 Unidad VIb2 y Unidad VIb (lámina delgada M-5)



Figura 144 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VIb2 y VIb

Estas unidades pertenecen al marco de los inicios del Mesolítico, el laminar. El ambiente cambia completamente a escala macroscópica y microscópica. Mucho más orgánica que los anteriores (Fig. 144). Pierde ese carácter amarillento de los carbonatos que veníamos viendo en las anteriores unidades (exceptuando la muestra M-9).

Dentro de la masa basal en los elementos gruesos se han identificado: caliza. Aparece en pequeños fragmentos, sin ninguna ordenación y muy fracturados. Su redondez y esfericidad van desde subangular a angular y cuyos bordes vienen representados por su carácter rugoso (Fig. 145a-d y Fig. 146a). Su procedencia es de caídas de pequeños clastos del abrigo. Algunos de los fragmentos calizos aparecen con una serie de ondas muy vinculadas a sistema tobáceos (Pentecost, 2005 y Cremaschi *et al.*, 2010). Aparecen fragmentos de calizas cuya clasificación es de biolitita (Folk, 1962), definido como estromatolito. En estos fragmentos los componentes originales se encuentran unidos al mismo tiempo que se sucede la sedimentación. Esa unión se forma por la acción de diversos organismos (bio-conductores) (Dunham, 1962). que en este caso pueden ser las algas u otro tipo de elementos. Se trata de estructuras órgano-sedimentarias con un carácter laminado de una serie de carbonatos. Estos han crecido unidos al sustrato. La presencia de la actividad de una serie de agentes microbianos han surgido y facilitado la precipitación de carbonatos. Algas u otros elementos que han llegado a calcificar dentro de la estructura (Courty *et al.*, 1989). Algunos fragmentos calizos aparecen representados con una serie de laminaciones con microestructura lenticular, lo que sugiere que se fue construyendo esas laminaciones en diferentes episodios y durante fases de congelación-descongelación (Courty *et al.*, 1989).

Queda reflejado el ambiente húmedo que viven estos suelos arqueológicos. Otros elementos son los granos de cuarzo que se encuentran sin ordenación dentro de la lámina delgada. Su redondez y esfericidad van desde subredondeados a subangulares. Los bordes de los granos de cuarzo vienen representados por su suavidad. Aparecen en un estado policristalino y monocristalino. Los siguientes elementos son las conchas de gasterópodos, muy fragmentadas y no muy abundantes. Otros componentes gruesos dentro de la masa basal son las raíces, de carácter fresco. En un estado de mala conservación solo preservándose las partes más fuertes (Fig. 146k y l). La morfología de las raíces suele ser común, con una conservación en algunos casos óptimas en el que se pueden distinguir e identificar los diferentes tejidos: la *epidermis* y el *córtex* con todas sus estructuras internas celulares (Babel, 1975). Algunas de estas raíces aparecen reemplazadas por carbonatos, rellenando los huecos celulares internos y reemplazando la raíz (recristalización) (Fig. 146k y l). Otros componentes gruesos están vinculados con elementos de origen antrópico (huesos quemados y carbonizados, carbones y fragmentos de sílex). Los huesos aparecen en un estado de conservación bastante buena aunque algunos de ellos aparecen corroídos (Fig. 146e y f). Se han identificado huesos quemados y varios fragmentos de huesos carbonizados pero con un tamaño muy pequeño y redondeados y adosado a la matriz sedimentaria (Fig. 146f). Los carbones

a partir de la mitad hacia techo se encuentran en un estado de conservación bastante bueno y son muy abundante. En esa región de la secuencia, se conservan las estructuras celulares interna (se identifican como fragmentos de madera) (Fig. 146b-d). En otros casos aparecen fragmentos de muy pequeño tamaño angulares (microcarbones) (Fig. 146c-d). Y por ultimo se ha identificado un fragmento de sílex con una esfericidad y redondez muy angular y sus bordes con un carácter suave (Fig. 146g y h).

La masa basal se caracteriza por los carbonatos y el aumento del porcentaje de arcillas. Dentro de esa masa basal se han identificado los siguientes elementos finos: calcita micrítica. Menos abundante que en las anteriores unidades carbonatadas. Este componente está muy vinculado a la degradación de la roca madre y la caída de bloques y también al reemplazamiento de la materia orgánica por la calcita. El siguiente elemento cada vez más presente es la arcilla que aparece repartida por toda la masa basal. También aparecen concentraciones de agregados de arcilla redondeadas que tienen que ver con la actividad de bioturbación del suelo. Por último se han identificado dispersadas por toda la lámina delgada y con un tamaño muy pequeño diferentes partículas de material orgánico fresco y de carácter antiguo. Con unas coloraciones marrones bajo luz reflejada.

Los agregados representados en la masa basal son de carácter migajoso y granular moderadamente separados y no acomodados entre ellos (Stoops, 2003).

Los huecos entre estos agregados son: huecos de empaquetamiento complejo, son huecos que resultan de la pérdida de diferentes componentes del suelo por lo que no se encuentran acomodados entre si. También los huecos tipo vughs: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados.

Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos tipos de huecos son muy representativos y reflejo de la intensa actividad de bioturbación. En estas unidades aparecen una serie de agregados de arcilla redondeados muy vinculados también con esa actividad de bioturbación.

La microestructura que hemos identificado en la lámina es compleja debido al número de tipos de huecos (huevo de empaquetamiento complejos, vughs y canales) establecidos en ella. Cuya mayor actividad observada es la de bioturbación (actividad de raíces y lombrices, etc.) (Fig. 146g-j) (Stoops, 2003).

La relación entre los porcentajes y distribución del material grueso y fino de la masa basal (c/f distribución) es enaulico doble espaciado igual. En el cual el componente fino forma los agregados, entre ellos se producen huecos entre los componentes más gruesos. De una manera en el cual estos agregados no rellenan los huecos de espacio poroso de una manera completa (Stoops, 2003).

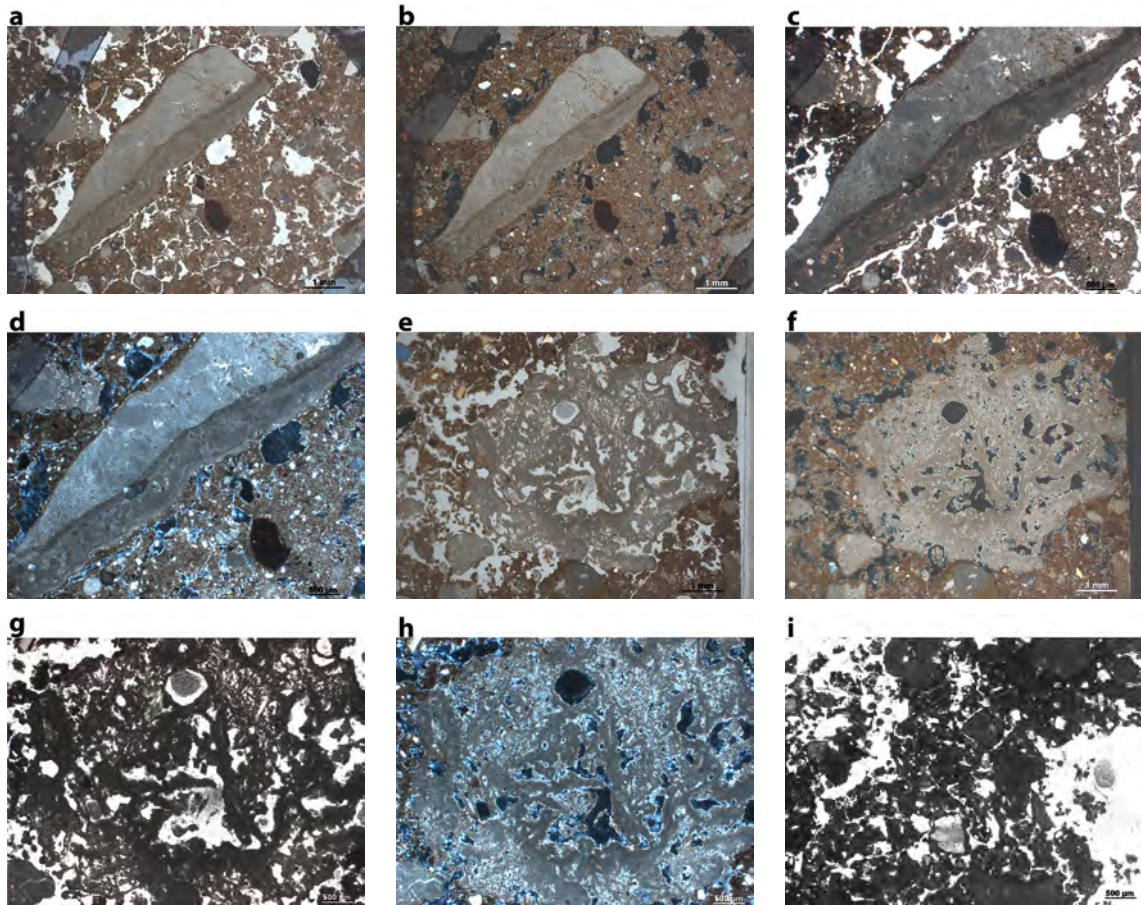


Figura 145 Fotomicrofotografía del Nivel VIb2 y VIb: **(a); (b); (c)** y **(d)** Detalle de fragmento de caliza con acumulación *pendant* de calcita laminada, (a) y (c) en PPL y (b) y (d) en XPL; **(e); (f); (g)** y **(h)** Detalle de acumulación ramificada de calcita micrítica (actividad de agua), (e) y (g) en PPL y (f) y (h) en XPL y **(i)** Detalle de la masa basal cuya porosidad es extrema debido a procesos de actividad biológica (bioturbación). Nótese la presencia de fragmento de caliza erosionados y fragmentados (actividad de agua), PPL.

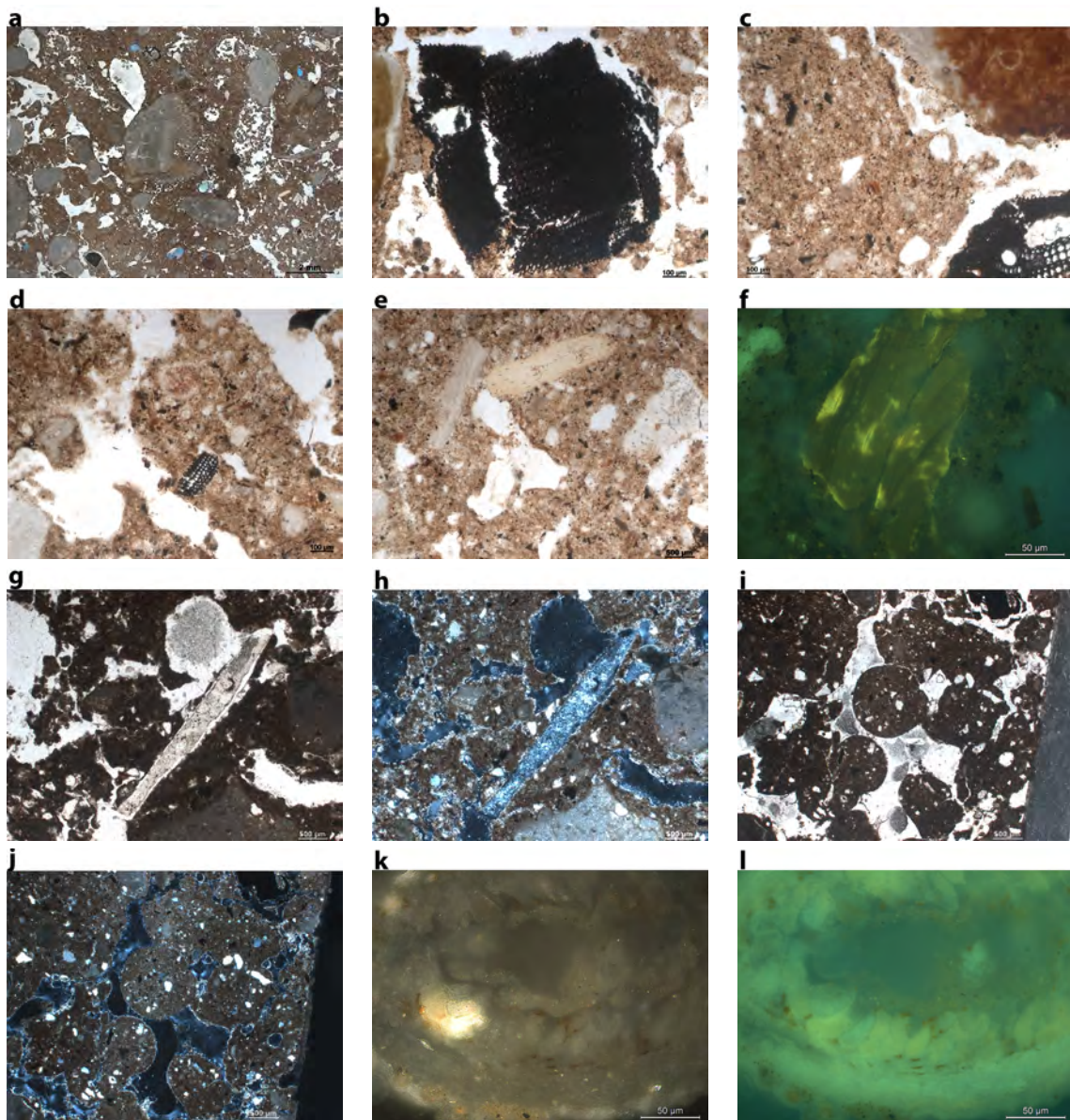


Figura 146 Fotomicrofotografía del Nivel VIb2 y VIb: **(a)** Detalle de la masa basal cuya porosidad es extrema debido a procesos de actividad biológica (bioturbación). Nótese la presencia de fragmento de caliza erosionados y fragmentados (actividad de agua) además de granos de cuarzo subredondeados, PPL; **(b)** Detalle de fragmento de carbón que conserva su estructura celular interna original, PPL; **(c)** Detalle de fragmento de carbón que conserva su estructura celular interna original. Además de la presencia de fragmento de caliza erosionado (actividad de agua) en la parte superior, PPL; **(d)** Vista de la masa basal con fragmento de carbón que conserva su estructura celular, PPL; **(e)** Detalle de fragmento óseo mal conservado (degradación), PPL; **(f)** Detalle de hueso quemado, en fluorescencia; **(g)** Detalle de fragmento sílex; **(h)** igual que (g) pero en XPL; **(i)** Alteración de la masa basal por la actividad biológica (lumbrícidos), PPL; **(j)** igual que (i) pero en XPL **(k)** Detalle de sección de raíz que conserva las partes más fuertes de su estructura celular interna, reemplazado por los fosfatos y **(l)** igual que (k) pero en fluorescencia.

La b-fabric que caracteriza la masa basal de esta lámina delgada es cristalítica. El componente principal es la calcita micrítica (Stoops, 2003). Aunque la materia orgánica es parte fundamental de los componentes de la matriz sedimentaria, los carbonatos están en la sedimentación de fondo.

Por último los edaforrasgos que se han identificado en estas unidades son: recubrimiento y rellenos de cristales de calcita (Fig. 145i y Fig. 146g-j). Muy vinculados, como hemos visto, con la materia orgánica y el reemplazo por parte de la calcita a esa material orgánico. Los tejidos de las plantas pseudomorphosing tienen recubrimientos ligeramente impregnados (Bullock et al., 1985). También los huecos que deja la actividad de raíces y lombrices son recubiertos, y en algunos casos rellenos, por la calcita. Por tanto se trata de calcita secundaria.

En general estas unidades se caracterizan por su formación de base calcárea pero con un alto contenido en material orgánico. El material antrópico (huesos quemados y carbonizados, carbones y silex) está mejor conservado y es más abundante que en los anteriores niveles. En general, nos encontramos ante unos suelos húmicos donde la presencia del agua (precipitación y percolación) es parte del sistema formador y post-deposicional. La humedad influye en la preservación del material orgánico, de la base carbonatada de los suelos así como de la conservación de los elementos orgánicos antrópicos. Tenemos por tanto, una importante actividad de suelos naturales. En consecuencia la materia vegetal (raíces) han colonizado la formación de estas unidades estratigráficas.

5.7.8 Unidad VI y Unidad V (lámina delgada M-4)



Figura 147 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel VI y V

Estas unidades forman parte de la secuencia dentro del ámbito cultural del Mesolítico de muescas y denticulados. Se tratan de una secuencia casi enteramente orgánicas y con una gran presencia de fragmentos de caliza (Fig. 147). Su procedencia es de las continuas caídas de la pared y techo del abrigo.

Dentro de la masa basal tenemos en el componente grueso: la caliza. Aparece representada en la secuencia sin ninguna ordenación específica. Muy abundante y en fragmentos pequeños y muy corroídos (Fig. 148a-d y Fig. 149a-f). En consecuencia

se incorporan a la matriz sedimentaria. Tienen unas pequeñas ondas y contienen recubrimientos de óxidos de hierro (Fig. 148a-d). Estos procesos son debidos a las condiciones ambientales húmedas. Aparecen fragmentos de calizas cuya clasificación es de biolitita (Folk, 1962), definido como estromatolito. En estos fragmentos los componentes originales se encuentran unidos al mismo tiempo que se sucede la sedimentación. Esa unión se forma por la acción de diversos organismo (bio-conductores) (Dunham, 1962). que en este caso puedes ser las algas u otro tipo de elementos. Se tratan de estructuras órgano-sedimentarias con un carácter laminado de una serie de carbonatos. Estos han crecido unidos al sustrato. La presencia de la actividad de una serie de agentes microbianos han surgido y facilitado la precipitación de carbonatos. Algas u otros elementos que han llegado a calcificar dentro de la estructura. En la zona central de la lámina aparecen una serie de fragmentos calizos muy desgastados y con laminaciones pendientes. Esas laminaciones (microestructura lenticular) sugieren su formación durante diferentes episodios de congelación-descongelación (Courty *et al.*, 1989).

Otros elementos gruesos son los cuarzos, bastante abundantes en este caso. Aparecen sin ninguna ordenación en la secuencia sedimentaria. Su redondez y esfericidad van de subredondeado a subangular y sus bordes tienen un carácter suave. Aparecen en un estado policristalino y monocristalino. Las conchas de gasterópodo también aparecen representado en estas unidades (Fig. 149e). Se han identificado algunos zooclastos cuya procedencia, seguramente, venga de la propia roca madre caliza. La degradación de esa roca madre proveniente de precipitación y percolación de aguas. Los elementos gruesos relacionados con la actividad antrópica (carbones y huesos quemados y carbonizados) aparecen representados en esta secuencia estratigráfica. Los restos son muy abundantes y mal conservados, en general. Los carbones quemados (low reflecting light). Se han encontrado tejidos de pequeños fragmentos, cuya morfología es angular (microcarbones) y se han incorporado a la matriz (Fig. 148i y Fig. 149a-c). Sin embargo han aparecido fragmentos cuya estructura celular interna se ha conservado (madera) (Fig. 148e y f). Los huesos encontrados aparecen en un estado de mala conservación. Se ha identificado alteraciones en los bordes de algunos fragmentos de hueso, corrosiones (Fig. 148g-i y Fig. 149d-f). Además se han identificado pequeños fragmentos de huesos quemados y carbonizados (Fig. 149d y f). De los últimos solo se ha podido identificar fragmentos de muy pequeño tamaño e incorporados a la matriz sedimentaria (identificado por la morfología redondeada de las piezas). Esta mala conservación de todos los elementos está muy relacionado con las malas condiciones ambientales de humedad, que destruye casi todo el material orgánico e inorgánico.

Los componentes finos identificados en la masa basal son: calcítica micrítica. Este elemento muy vinculado a la disolución de la roca madre. En consecuencia se ha identificado diversas acumulaciones calcíticas dentro de la masa basal. Y por otro lado, como venimos diciendo, muy vinculada a ese reemplazo de la materia orgánica por los

carbonatos. Por otro lado tenemos las arcillas, muy abundantes en esta secuencia. Este elemento convive con la matriz carbonatada. Se han formado agregados redondeados de arcillas, correspondiendo a la actividad de bioturbación. Esta actividad, cuando es intensa, remueve los sedimentos y les da esa forma. Y por último están las pequeñas partículas de material orgánico. Muy abundantes en esta lámina delgada.

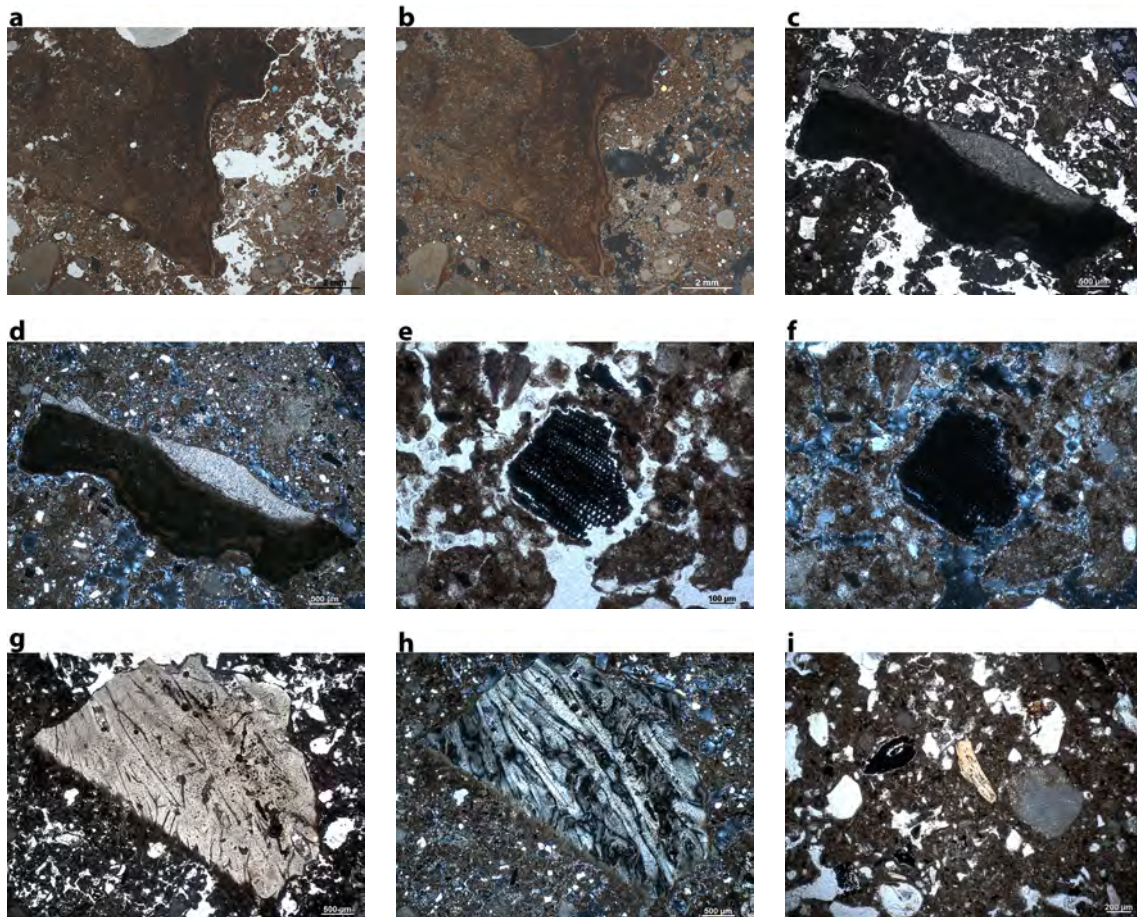


Figura 148 Fotomicrofotografía del Nivel VI y V: **(a)**; **(b)**; **(c)** y **(d)** Detalle de fragmentos de caliza con acumulación calcítica laminada lleva a pensar que ha ocurrido varios episodios de acumulación (actividad de agua), **(a)** y **(c)** en PPL y **(b)** y **(d)** en XPL; **(e)** Detalle de fragmento de carbón que conserva su estructura celular interna original, PPL; **(f)** igual que **(e)** pero en XPL; **(g)** Detalle de fragmento óseo muy bien preservado, PPL; **(h)** igual que **(g)** pero en XPL y **(i)** Vista de la masa basal cuya porosidad marca el carácter bioturbado de los sedimentos. Además la presencia de microcarbones, fragmentos óseos y fragmentos de caliza muy erosionados y fragmentados (actividad de agua), PPL.

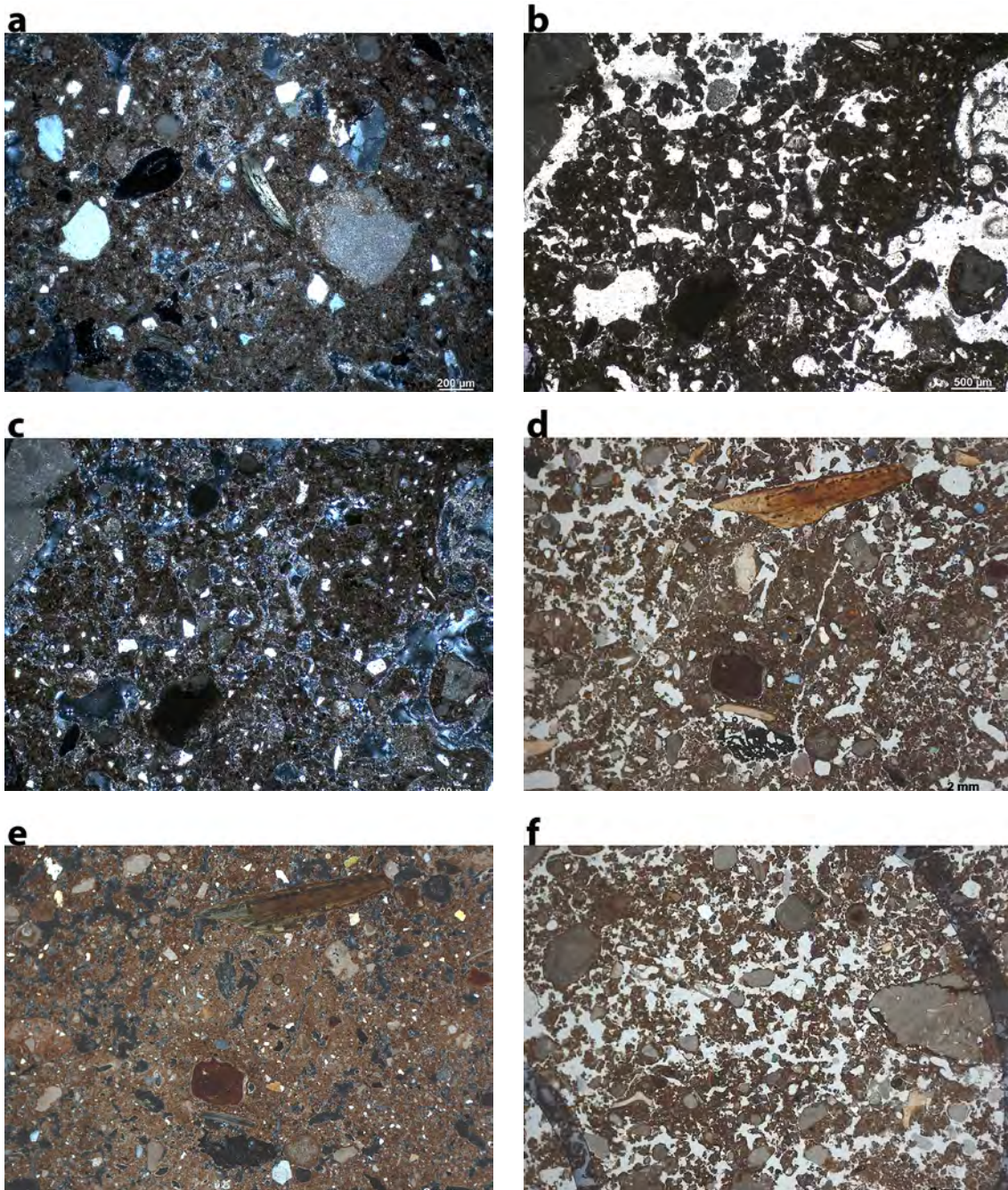


Figura 149 Fotomicrofotografía del Nivel VI y V: **(a)** igual que (i) (página anterior) pero en XPL; **(b)** Vista de la masa basal cuya porosidad marca el carácter bioturbado de los sedimentos, PPL; **(c)** igual que (b) pero en XPL; **(d)** Detalle de la presencia de microcarbones, fragmentos óseos (algunos parcialmente quemados) y fragmentos de caliza muy erosionados y fragmentados (actividad de agua), PPL; **(e)** igual que (d) pero en XPL y **(f)** Detalle de la presencia de microcarbones, fragmentos óseos y fragmentos de caliza muy erosionados y fragmentados (actividad de agua), PPL.

Su procedencia son diversas: procedentes de material fresco (coloración marronácea clara en luz reflejada), material antiguo (coloración marronácea oscura o negruzca en luz reflejada) y material carbonizados de huesos o carbones de madera o herbáceas (coloración grisácea o blancuzca en luz reflejada). Estos elementos son de muy pequeño tamaño y se incorporan a la matriz sedimentaria, siendo otro elemento formativo de los suelos. Muy mal conservado y con un estado detrítico.

Los agregados que hemos identificado en la masa basal son de carácter migajoso y granular moderadamente separados y no acomodados entre ellos (Stoops, 2003).

En la masa basal aparecen representados los siguientes huecos: de empaquetamiento complejo. Estos huecos que resultan de la pérdida de diferentes componentes del sedimento por lo que no se encuentran acomodados entre sí. Además de este tipo de huecos se han identificado los siguientes: tipo vughs, estos son más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Son muy representativos y reflejo de la intensa actividad de bioturbación. Debido a esa actividad de bioturbación se han localizado una serie de agregados de arcilla con una carácter redondeado. Esto es debido a que la actividad de bioturbación se localiza en estos niveles de una manera muy intensa.

Por los tanto el tipo de microestructura que hemos identificado en la lámina es compleja. Este tipo de microestructura es debido al número de tipos de huecos (hueco de empaquetamiento complejos, vughs y canales) establecidos en ella (Stoops, 2003). Cuyo mayor actividad observada es la de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna).

Dentro de la masa basal la relación entre el porcentaje del material grueso y el fino (c/f distribución) es enaulico doble espaciado igual. En el cual el componente fino forma los agregados, entre ellos se producen huecos entre los componentes más gruesos. De una manera en el cual estos agregados no rellenan los huecos de espacio poroso de una manera completa (Stoops, 2003).

La b-fabric identificada en estas unidades es cristalítica. Uno de los principales componentes es el carbonato cálcico (Stoops, 2003). Muy relacionado con el sustrato rocoso de la roca madre y la disolución de la misma. Pero también con el reemplazo de la materia orgánica, recristalización. Por lo que el componente de calcita es secundaria.

Los edaforrasgos identificados son: recubrimientos y rellenos de calcita en algunos huecos (Fig. 148e y f y Fig. 149a-c) y recubrimientos de hierro en algunas calizas. Muy vinculados, como hemos visto, con la materia orgánica y el reemplazo por parte de

5. El abrigo de Atxoste

la calcita a esa material orgánico. Los tejidos de las plantas pseudomorphosing tienen recubrimientos ligeramente impregnados (Bullock *et al.*, 1985). También los huecos que deja la actividad de raíces y lombrices son recubiertos, y en algunos casos rellenados, por la calcita. Los recubrimientos de la caliza por óxidos de hierro son debidos a las condiciones ambientales tan húmedas que han sufrido estos suelos arqueológicos.

En general en estas unidades el material orgánico es muy abundante con una base formativa de sedimentos calcáreos. Con un gran numero de pequeños fragmentos de caliza (caída de pared y techo de abrigo). La conservación del material inorgánico y orgánico es muy malo debido a esas condiciones de humedad y de precipitación y percolación de agua a lo largo de estas secuencias estratigráficas.

5.7.9 Unidad V y Unidad IV (lámina delgada M-3)



Figura 150 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel V y IV

A la unidad estratigráfica V le pertenece el Mesolítico de muescas y denticulados, mientras que a la unidad IV le pertenece la unidad cultural del Mesolítico geométrico. Estas unidades siguen siendo mayoritariamente orgánicas (Fig. 150).

Los componentes gruesos dentro de la masa basal son: la caliza. Hay bastante fragmentos calizos dentro de la lámina delgada, repartidos por toda la secuencia y de pequeño tamaño. Algunos de los fragmentos tienen pequeñas ondas muy relacionados seguramente con las condiciones húmedas y de precipitación y percolación de agua (Fig. 151a-i) (sistema tobáceo). Aparecen fragmentos de calizas cuya clasificación es de biolitita (Folk, 1962), definido como estromatolito. En estos fragmentos los componentes originales se encuentran unidos al mismo tiempo que se sucede la sedimentación. Esa unión se forma por la acción de diversos organismo (bio-conductores) (Dunham, 1962). que en este caso pueden ser las algas u otro tipo de elementos. Se tratan de estructuras órgano-sedimentarias con un carácter laminado de una serie de carbonatos. Estos han crecido unidos al sustrato. La presencia de la actividad de una serie de agentes microbianos han surgido y facilitado la precipitación de carbonatos. Algas u otros elementos que han llegado a calcificar dentro de la estructura. Algunos elementos calizos aparecen con una serie de laminaciones pendientes con diferentes coloraciones (microestructura lenticular) lo que sugiere que ha surgido durante diferentes periodos de congelación-descongelación (Courty *et al.*, 1989).

La procedencia de estos fragmentos de caliza son la propia roca madre caliza. Hay precipitación de fragmentos procedentes de pared y techo del abrigo. La redondez y esfericidad de estos elementos va de subangular a angular y sus bordes vienen caracterizados por ser rugosos. Los granos de cuarzo son otros elementos gruesos dentro de la masa basal. Aparecen repartidos por toda la secuencia y en una proporción muy amplia. La redondez y esfericidad de estos elementos van de subredondeados a subangulares cuyos bordes son de carácter suave. Aparecen en un estado policristalino y monocristalino. Otros elementos gruesos son las conchas de gasterópodos (Fig. 151h e i). Se trata de una colonia de gasterópodos muy abundante en toda la secuencia. Otro elemento grueso es la raíz. Aparece en un estado fresco (marrón el luz reflejada). Estos elementos son en su mayoría reemplazados por carbonatos que destruye casi toda la estructura de la raíz, dejando las partes más resistentes del tejido. Los elementos gruesos relacionados con la actividad antrópica (huesos quemados y carbonizados y carbones) aparecen representados en toda la secuencia y de una manera abundante.

En el caso del material óseo no se encuentra muy bien conservado y aparece en un estado muy fragmentado. Se ha identificado meteorización del material óseo, en algunos casos en un estado de corrosión (Fig. 152e-h). Hay numerosos fragmentos de muy pequeño tamaño de huesos carbonizados (bone derived char). Por último se han identificado fragmentos de carbones quemados (low reflecting light). Algunos de estos elementos se han conservado muy bien, preservando su estructura celular interna (madera) (Fig. 152a-f) y en otros caso se encuentra muy fragmentado e incorporado a la

matriz sedimentaria (microcarbones) (Fig. 152i y j).

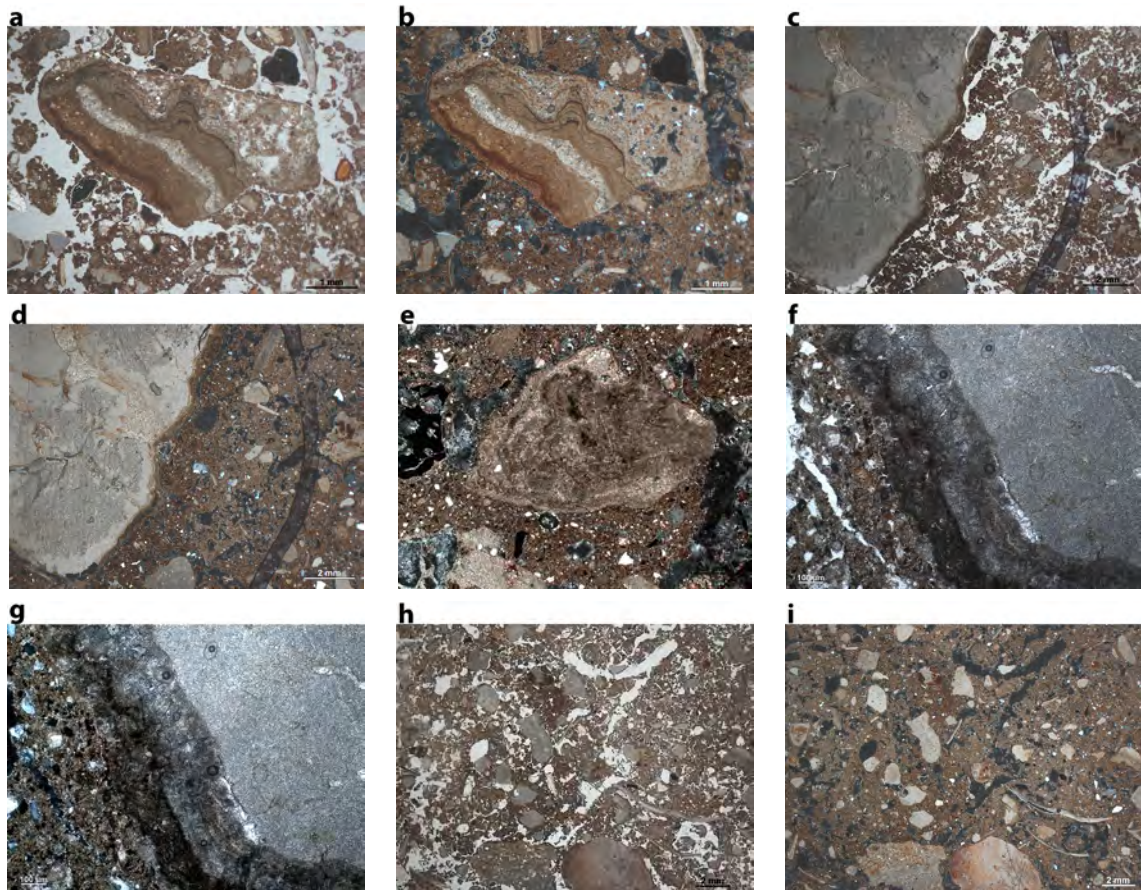


Figura 151 Fotomicrofotografía del Nivel V y IV: **(a); (b); (c); (d); (e); (f)** y **(g)** Ejemplos de fragmentos de caliza en diferentes estados de degradación y erosión. Nótese la laminación de la acumulación calcítica, lo que supone que hay diferentes episodios de acumulación (actividad de agua). Véase la alta degradación en la imagen (e). (a), (c) y (f) en PPL y (b), (d), (e) y (g) en XPL; **(h)** Vista de la masa basal con una alta porosidad del sedimento que marca la intensa actividad biológica (bioturbación). Véase la alta acumulación de fragmentos de conchas (gasterópodos) y de fragmentos de caliza erosionados y subredondeados (actividad de agua) e **(i)** igual que (h) pero en XPL.

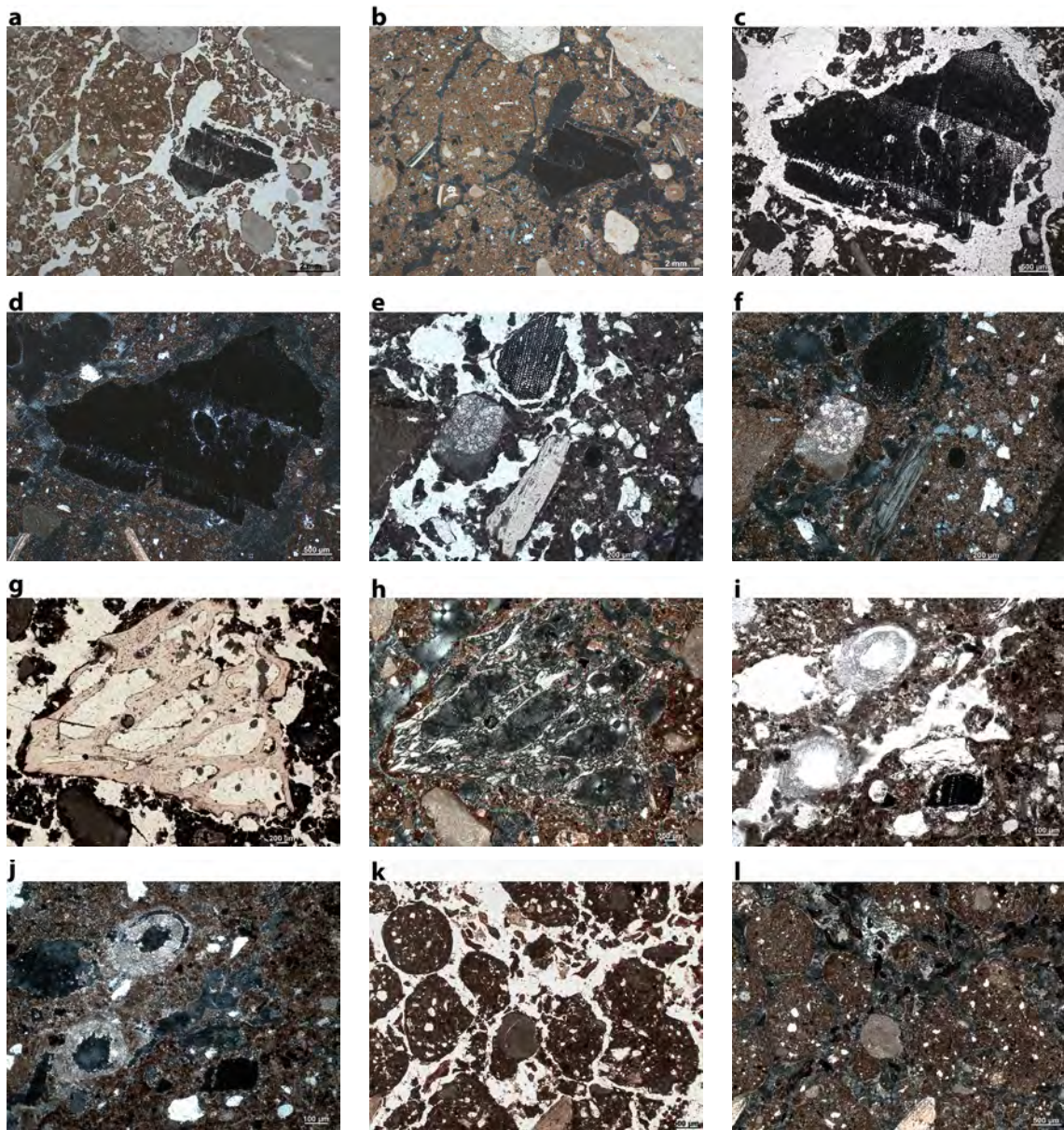


Figura 152 Fotomicrofotografía del Nivel V y IV: **(a)** Detalle del carácter *vughy* de los poros (bioturbación) además de la presencia de varios fragmentos de caliza erosionados y subredondeados (actividad de agua). Detalle de un fragmento de carbón manteniendo su estructura celular interna, PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Detalle de fragmento carbonoso que mantiene su estructura interna, PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Vista de la masa basal con fragmentos carbonosos y óseos, PPL; **(f)** igual que (e) pero en XPL; **(g)** Detalle de fragmento óseo. Nótese su estructura celular interna, PPL; **(h)** igual que (g) pero en XPL **(i)** Detalle de recristalización de calcita secundaria por actividad y crecimiento de raíces en los sedimentos (revestimientos y rellenos calcíticos), PPL; **(j)** igual que (i) pero en XPL **(k)** Alteración de la masa basal por la actividad biológica (lumbrícidos). Nótese el carácter granular de los agregados arcillosos, PPL y **(l)** igual que (k) pero en XPL.

En el material fino de la masa basal se han identificado los siguientes elementos: calcita micrítica. Este elemento muy relacionado con dos acciones. Por un lado el componente calizo del sustrato rocoso del abrigo. Se produce una degradación de la roca madre y de ahí que haya acumulación calcítica en la matriz. Y por otro lado muy relacionado con el componente orgánico de la secuencia. Hay un reemplazo del material orgánico por los carbonatos, recristalización.

Otro elemento fino son las arcillas, muy presentes en estos niveles. Aparecen repartidas por toda la masa basal y comparte su estructura con los carbonatos. Se han identificado una serie de agregados redondos de arcillas (Fig. 152k y l). Estaría muy relacionado con la actividad de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna). Y por último estarían las pequeñas partículas de material orgánico, las cuales se hace difícil su clasificación. Aparecen en tamaños muy pequeños e incorporados a la matriz sedimentaria (carácter detrítico).

Los agregados que caracterizan la masa basal son: de carácter migajoso y granular moderadamente separados y no acomodados entre ellos (Stoops, 2003).

Entre estos agregados se han formado una serie de huecos que son: de empaquetamiento complejo. También los tipo vughs: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Estos huecos proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Debido al tipo de huecos identificados en esta secuencia se puede considerar que la actividad de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna) es muy intensa y continua en toda la secuencia. Por todo ello la microestructura que caracteriza a la lámina es compleja debido al número de tipos de huecos (empaquetamiento complejos, vughs y canales) establecidos en ella (Stoops, 2003). Cuyo mayor actividad observada es la de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna).

El material grueso y fino aparece repartido por toda la lámina delgada (c/f distribución) como enaulico doble espaciado igual. En el cual el componente fino forma los agregados, entre ellos se producen huecos entre los componentes más gruesos. De una manera en el cual estos agregados no rellenan los huecos de espacio poroso de una manera completa (Stoops, 2003).

La b-fabric que caracteriza estos dos niveles es de: cristalítica. El componente principal son los carbonatos cálcicos (Stoops, 2003). Muy relacionado con el sustrato rocoso de la roca madre del abrigo y con el reemplazo del material orgánico por el elemento carbonatado.

Los edaforrasgos identificados en esta lámina delgada son: recubrimientos y rellenos de cristales de calcita (Fig. 152i y j). La actividad de raíces deja huecos dentro de la masa basal, y al ser reemplazado en ocasiones por los carbonatos, la calcita rellena y recubre los huecos dejados por el material orgánico, recristalización. Por lo que hablamos de calcita secundaria. Hay óxidos de hierro que aparecen en la matriz sedimentaria pero también en la parte interna de las calizas (actividad de agua).

En general, estas unidades vienen caracterizadas por el carácter húmedo de este suelo. Donde el material aparece, en algunos casos, mal conservado. Seguramente debido a la precipitación y percolación de agua. De cualquier modo, el material orgánico es una parte fundamental en los procesos de formación así como su actividad. También la actividad de las lombrices es importante en los elementos formativos. Ambos elementos dejan huella en la secuencia (biogalerías). Esta actividad de bioturbación junto con la degradación de la roca madre (acumulación calcítica) son los elementos de formación de base de estos sedimentos arqueológicos. Las condiciones ambientales son de carácter húmedo por lo que facilita el crecimiento de material vegetal y la actividad de animales (lombrices y gasterópodos).

5.7.10 Unidad IV y Unidad IIIb2 (lámina delgada M-2)



Figura 153 Escáner de las láminas delgadas correspondientes al Nivel IV y IIIb2

Las unidades estratigráficas IV y IIIb2 pertenecen a los últimos momentos culturales del Mesolítico: Mesolítico Geométrico. Esta lámina delgada vienen caracterizada, también, por su carácter orgánico en general, con una base calcárea en su matriz (Fig. 153).

Dentro de la masa basal los elementos gruesos son: la caliza. Hay numerosos fragmentos pero de muy pequeño tamaño y en un estado de bastante degradación. En algunos fragmentos calizos aparecen laminaciones o líneas ondulares que marcan esa

actividad de agua y humedad (Pentecost, 2005 y Cremaschi *et al.*, 2010) (Fig. 154a-f y Fig. 155a-g) (sistema tobáceo). Aparecen fragmentos de calizas cuya clasificación es de biolitita (Folk, 1962), definido como estromatolito. En estos fragmentos los componentes originales se encuentran unidos al mismo tiempo que se sucede la sedimentación. Esa unión se forma por la acción de diversos organismo (bio-conductores) (Dunham, 1962). que en este caso pueden ser las algas u otro tipo de elementos. Se tratan de estructuras órgano-sedimentarias con un carácter laminado de una serie de carbonatos. Estos han crecido unidos al sustrato. La presencia de la actividad de una serie de agentes microbianos han surgido y facilitado la precipitación de carbonatos. Algas u otros elementos que han llegado a calcificar dentro de la estructura. Siguen apareciendo una serie de clastos de caliza con una serie de laminaciones rodeando todo el clasto (microestructura lenticular). Todo ello sugiere su formación en diferentes episodios de congelación-descongelación (Courty *et al.*, 1989). Aparece repartida por toda la secuencia de un modo no ordenado. La redondez y esfericidad van desde subangular a angular y sus bordes vienen caracterizados por su rugosidad. Otros elementos gruesos mayoritarios en esta lámina delgada son los granos de cuarzo. Cuya redondez y esfericidad van de subredondeado a subangular y sus bordes son de carácter suave. Se trata de un elemento muy abundante en toda la secuencia (procedente de la precipitación de aguas y caída de la ladera de arriba) pero sin ninguna ordenación. Aparece en un estado policristalino y monocristalino. Las conchas de gasterópodo es otro de los elementos gruesos presentes. Aparecen de muy pequeño tamaño y muy fragmentados (Fig. 154g, j-l, Fig. 155a-g y Fig. 156a-c). Otro elemento identificados es la raíz de plantas. Algunas de ellas aparecen en sección pudiéndose ver la estructura celular interna (Fig. 155h e i). Se trata de material fresco (color marrónáceo en luz reflejada). Los elementos que son característicos de la actividad antrópica vienen representados en huesos quemados y carbonizados y carbones. Los huesos aparecen en un tamaño muy pequeño y algunos de ellos mal conservados (corrosión) (Fig. 154l y Fig. 155a). Se han identificado huesos quemados y carbonizados pero en un tamaño muy pequeño y difícil de clasificar (Fig. 154l y Fig. 155a). El último elemento es el de carbones quemados (low reflecting light). Algunos de los elementos se conservan bien pudiéndose observar la estructura interna (madera) (Fig. 154h e i y Fig. 156d) pero otros fragmentos aparecen casi destruidos (microcarbones de madera o herbáceas más perecederos) e incorporados a la matriz (Fig. 155b y c y Fig. 156a-d). Se ha identificado un tejido de madera carbonizada reemplazada por carbonatos (permineralización). Estos carbonatos rellenan los huecos y lo va destruyendo por lo que solo se puede ver parte de su estructura y las partes más fuertes (Fig. 156d).

En la masa basal se ha identificado el siguiente material fino: la calcita micrítica. Este elemento se encuentra en acumulaciones repartida en toda la secuencia. También está relacionado con el reemplazo del material orgánico por los carbonatos. Se ha identificado señales de presencia de ceniza (Fig. 156d). Estas cenizas tienen un carácter granular y calcárea pero difuminada. Las cenizas provenientes de la quema de carbones de madera según su morfología calcítica y son birrefringente en XPL (Wattez y Courty,

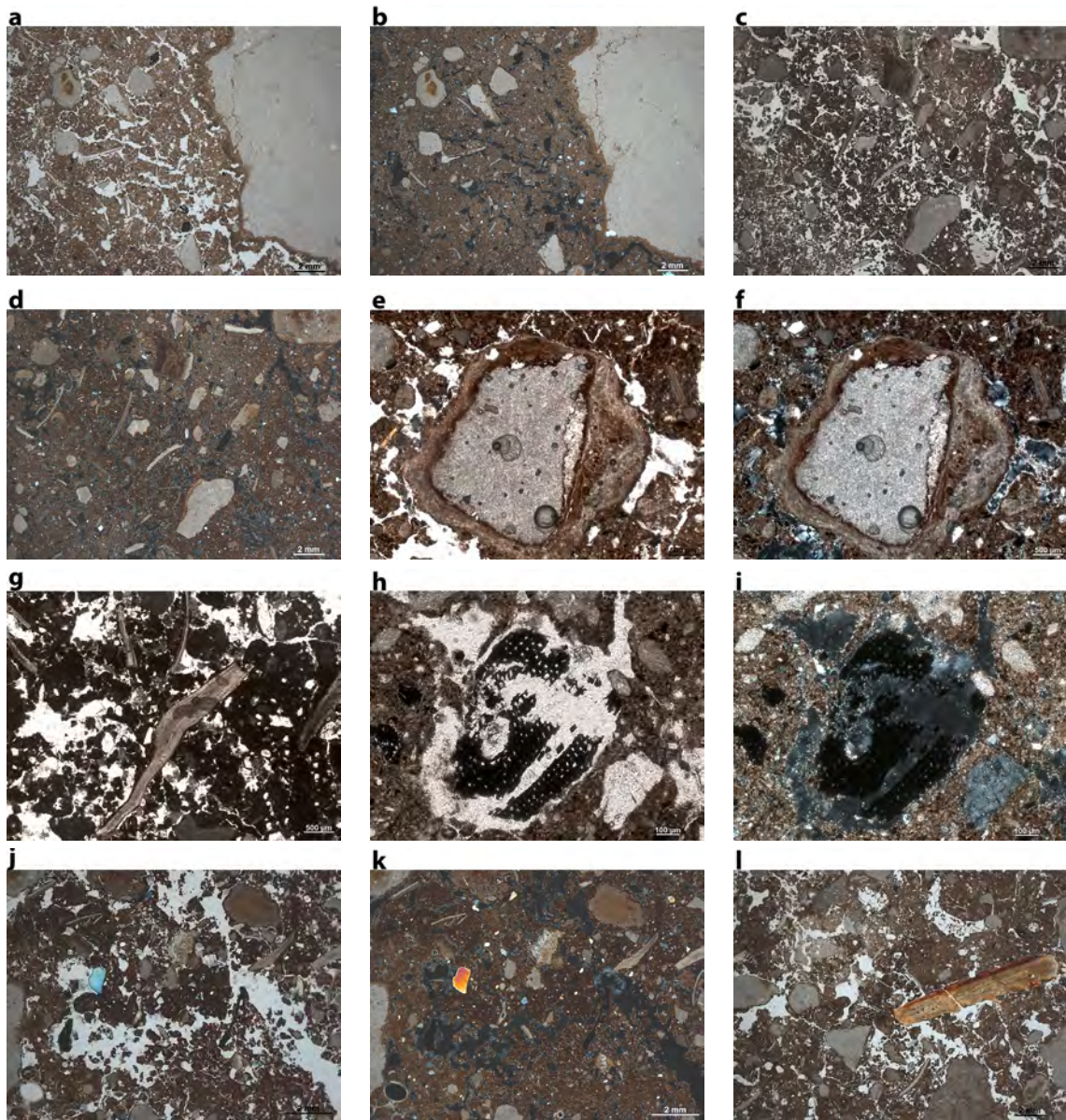


Figura 154 Fotomicrofotografía del Nivel IV y IIIb2: **(a)** Vista de la masa basal que presenta numerosos fragmentos de caliza de diferentes tamaños erosionados y fragmentados (actividad de agua), PPL; **(b)** igual que (a) pero en XPL; **(c)** Vista de la masa basal que presenta numerosos fragmentos de caliza. Nótese la alta concentración de fragmentos de conchas (gasterópodos), PPL; **(d)** igual que (c) pero en XPL; **(e)** Detalle de un fragmento subredondeado de caliza con un recrecimiento calcítico alrededor. Nótese la laminación (actividad agua); **(f)** igual que (e) pero en XPL; **(g)** Detalle de la alta concentración de gasterópodos, PPL; **(h)** Detalle de fragmento de carbón que mantiene su estructura celular interna, PPL; **(i)** igual que (h) pero en XPL; **(j)** Vista de la masa basal que presenta numerosos fragmentos de caliza de diferentes tamaños erosionados y fragmentados (actividad de agua). Nótese la alta concentración de fragmentos de conchas (gasterópodos), PPL; **(k)** igual que (j) pero en XPL y **(l)** Detalle de fragmento óseo parcialmente quemado, PPL.

1987). La arcilla también aparece representada en toda la masa basal de la lámina delgada. Muy esparcida y concentrada, en algunos casos, en agregados de carácter redondeado. Todo ello relacionado con la actividad de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna). Y por último aparecen fragmentos de muy pequeño tamaño de material orgánico. Con un carácter detrítico y difícil de clasificar. Aparece incorporado en la matriz sedimentaria y repartida por toda la secuencia. Su procedencia seguramente sea del material fresco, antiguo y de fragmentos de huesos carbonizados y de tejidos de madera y herbáceas quemadas.

Los agregados que caracterizan esta lámina delgada son de carácter migajoso y granular moderadamente separados y no acomodados entre ellos (Stoops, 2003).

Entre estos agregados los huecos que quedan reflejados son: huecos de empaquetamiento complejo, que resultan de la pérdida de diferentes componentes del suelo por lo que no se encuentran acomodados entre sí. También los huecos tipo vughs: más o menos con un carácter equidimensional, irregulares y normalmente no están interconectados a huecos de similares dimensiones. Son el resultado de la soldadura de los agregados, disolución de componentes así como de la alteración de la microestructura. Por otro lado están los canales: son de carácter tubular, redondeados con bordes redondeados. Proceden, mayoritariamente, de la actividad de raíces. Esta actividad deja canales de raíces o biogalerías (Stoops, 2003). Estos huecos son el reflejo de una actividad de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna) muy intensa en estos dos niveles estratigráficos. En consecuencia la microestructura que hemos identificado en la lámina es compleja debido al número de tipos de huecos (hueco de empaquetamiento complejos, vughs y canales) establecidos en ella (Stoops, 2003). Cuyo mayor actividad observada es la de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna).

Los porcentajes del material grueso y el fino y la relación entre ambos (c/f distribución) viene representado por su carácter enaulico doble espaciado igual. En el cual el componente fino forma los agregados, entre ellos se producen huecos entre los componentes más gruesos. De una manera en el cual estos agregados no rellenan los huecos de espacio poroso de una manera completa (Stoops, 2003).

La b-fabric tras la lectura de la lámina es que es: cristalítica. La principal base formativa, además de los elementos orgánicos, son los carbonatos cálcicos (Stoops, 2003). Ya hemos identificado la calcita micrítica. Este elemento relacionado con la degradación de la roca madre caliza, el reemplazo del material orgánico por los carbonatos y la ceniza.

Los edaforrasgos que caracterizan estos dos niveles estratigráficos son: recubrimientos y rellenos calcíticos (Fig. 155d, j-l y Fig. 156a). La actividad de raíces dejan huecos en la masa basal que es reemplazado, en ocasiones, por los carbonatos que recubren y rellenan esos huecos dejados por el material orgánico. Se trata de calcita secundaria por tanto.

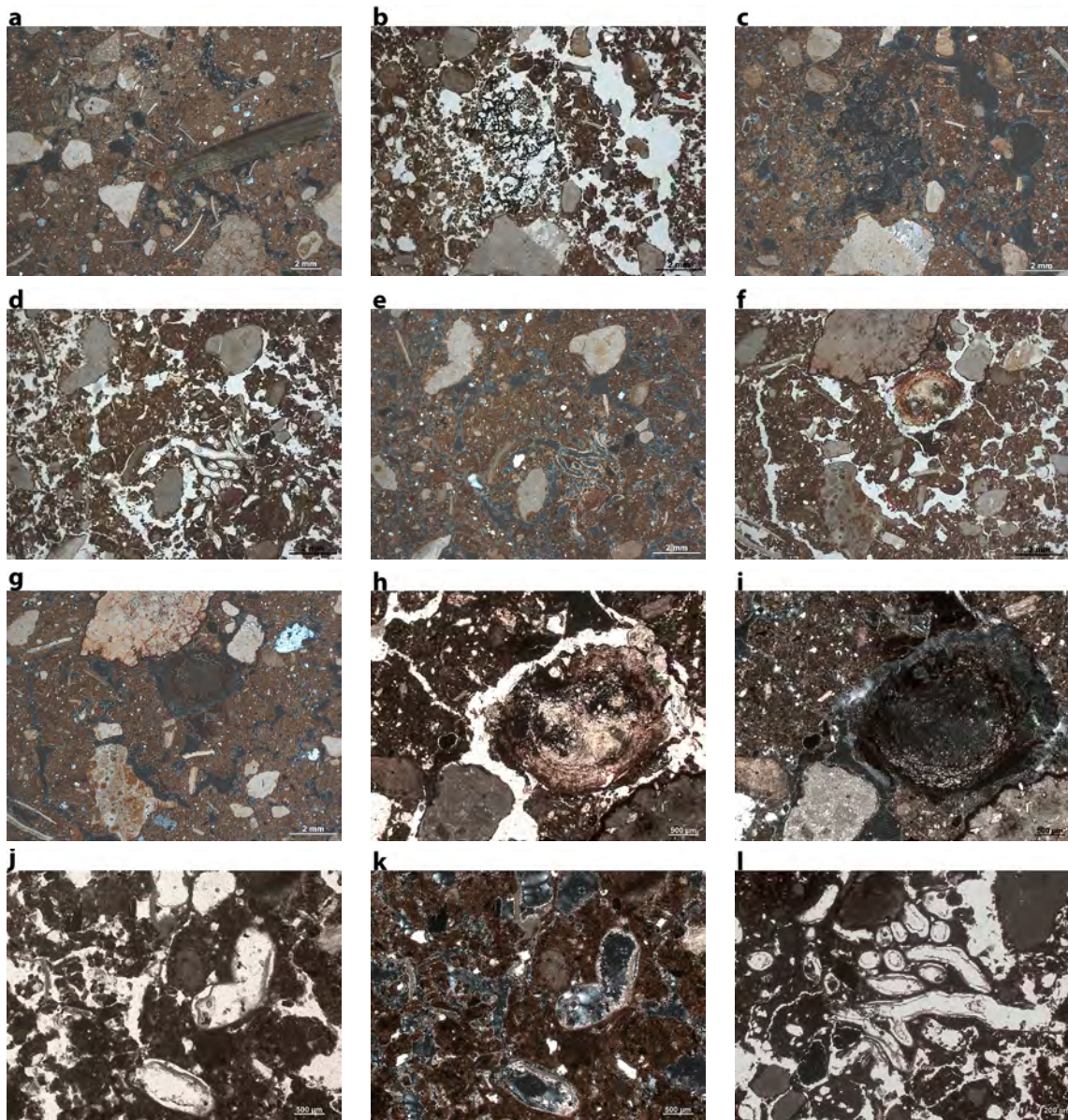


Figura 155 Fotomicrofotografía del Nivel IV y IIIb2: **(a)** igual que (l) de la anterior página pero en XPL; **(b)** Vista de la masa basal que presenta numerosos fragmentos de caliza de diferentes tamaños erosionados y fragmentados (actividad de agua). Nótese la concentración de microcarbones, PPL; **(c)** igual que (b) pero en XPL; **(d)** Vista de la masa basal con una intensa actividad de bioturbación, PPL; **(e)** igual que (d) pero en XPL; **(f)** Vista de la masa basal con un alto porcentaje en fragmentos de caliza muy fragmentados y erosionados (actividad de agua). Véase en la mitad de la imagen una raíz fresca en sección, PPL; **(g)** igual que (f) pero en XPL; **(h)** Detalle de una raíz en estado fresco en sección. Nótese la conservación de las partes más fuertes de la estructura interna, PPL; **(i)** igual que (h) pero en XPL; **(j)** Detalle de recristalización de calcita secundaria por actividad y crecimiento de raíces en los sedimentos (revestimientos y rellenos calcícticos), PPL; **(k)** igual que (j) pero en XPL y **(l)** Detalle de recristalización de calcita secundaria por actividad y crecimiento de raíces en los sedimentos (revestimientos y rellenos calcícticos), PPL.

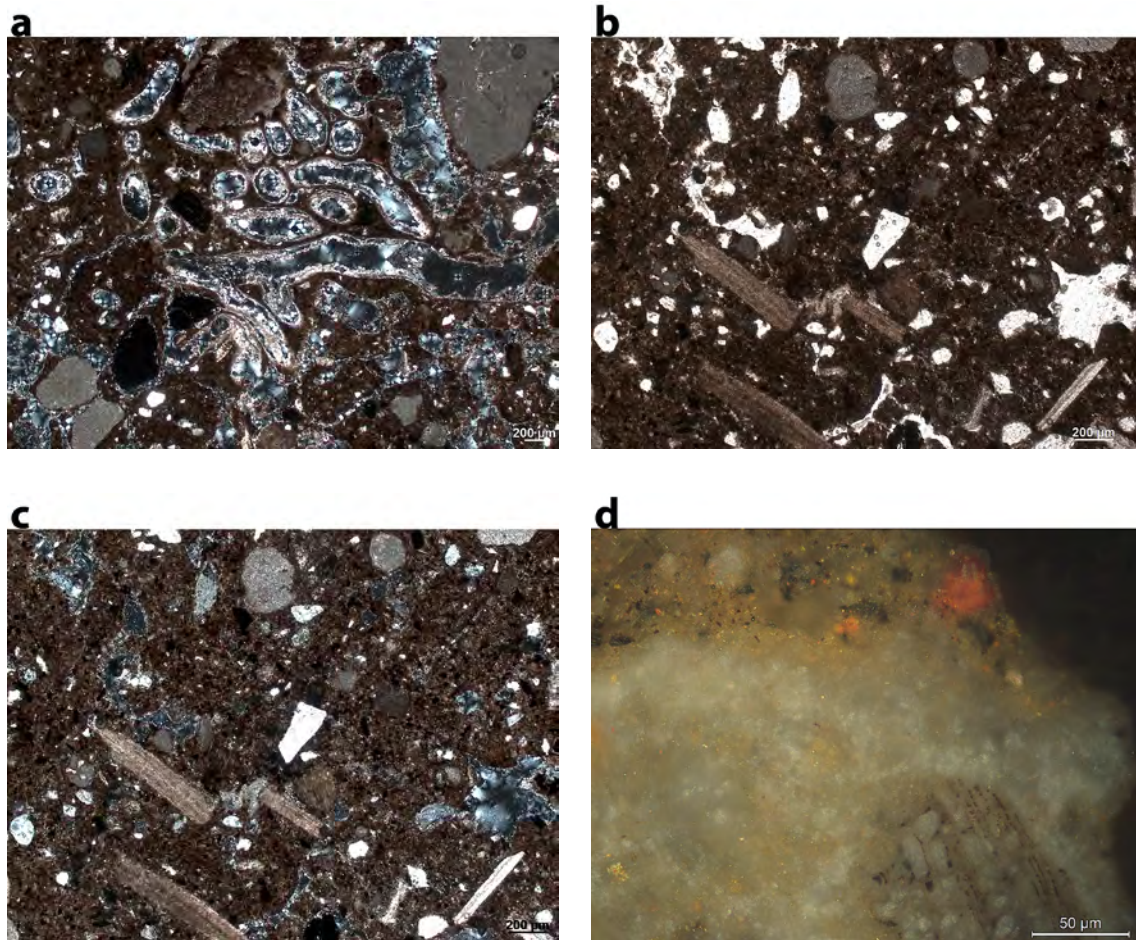


Figura 156 Fotomicrofotografía del Nivel IV y IIIb2: **(a)** igual que (I) de la anterior página pero en XPL. Nótese los revestimientos y rellenos calcíticos de los diferentes poros de la masa basal, XPL; **(b)** Vista de la masa basal con una participación muy intensa de fragmentos de conchas (gasterópodos). Véase la alta concentración de granos de cuarzo de tamaño arena y subredondeados (actividad de agua), PPL; **(c)** igual que (b) pero en XPL y **(d)** Detalle de un tejido de carbón procedente de madera (véase los restos de su estructura celular interna). Hay una recrystalización calcítica procedente de cenizas (grisáceas). Nótese el reemplazamiento del material calcítico penetrando los poros del tejido carbonoso y degradándolo. Se conserva las partes del tejido menos susceptibles a la rotura. Además de la presencia de óxidos de hierro en la parte superior de la imágen (rojizo) y la masa basal con numerosas partículas de material orgánico en descomposición (amorfo).

En general, esta lámina delgada viene caracterizada por la actividad de bioturbación (actividad de raíces y mesofauna) que junto con los carbonatos y el elemento antrópico forman estos suelos arqueológicos. El ambiente sedimentario en el que se forman estos suelos vienen caracterizado por su humedad y la precipitación y percolación de agua. Todos estos elementos hacen que el material antrópico (huesos y carbones) no se conserven de una manera muy optima.

Tras la lectura de toda la secuencia a través de las láminas delgadas se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Que la evidencia de materiales de origen antrópico comienzan a finales del Pleistoceno en la muestra M-10. Los sedimentos que corresponden a los momentos del final del Magdaleniense son sedimentos carbonatados. Las continuas caídas de bloques provenientes de la roca madre del abrigo y su disolución y acumulación calcítica evita que la materia orgánica se conserve aunque si se ven indicios de su presencia. Este tipo de sedimentos caracterizarían los procesos de formación y post-deposicionales de finales del Pleistoceno. Las condiciones ambientales corresponden a una actividad de frío y humedad. Además un profundo sistema tobáceo viene marcando el carácter de toda la secuencia magdaleniense (acumulación laminar de calcita en diferentes periodos húmedos y fríos).

- Sin embargo los inicios del Holoceno marca una sedimentación más orgánica. Una vez que la filtraciones de agua no son tan abundantes, como a finales del Pleistoceno, permite que la superficie de estos suelos sea colonizado por plantas y raíces que penetran en todo el depósito (Soressi *et al.*, 2013). Además esos sedimentos menos carbonatados permiten la conservación del material orgánico, el cual queda reflejado en la lectura de las láminas delgadas. La actividad humana en estos niveles mesolíticos es mucho más intensa que en los anteriores o al menos se conservan mucho mejor los elementos orgánicos (carbones y huesos). Se tratan de unos suelos que han sufrido condiciones templadas y húmedas. Se han identificado una serie de rasgos como son las acumulaciones calcíticas, calizas degradadas y colonias de conchas de gasterópodos así como una actividad intensa de bioturbación (acción de raíces y mesofauna) que las condiciones eran de relativa humedad.

- Todos estos términos junto con la actividad humana hacen de estos suelos arqueológicos muy activos y por ello las tasas de sedimentación son tan amplias. Se tratan ambos (finales del Pleistoceno y los inicios del Holoceno) unos periodos de relativa humedad con la diferencia del incremento de la temperatura hacia los inicios del Holoceno. Las continuas caídas de bloques en la transición del Pleistoceno-Holoceno hace creer que se trata de un periodo de inestabilidad climática.

5.8 Discusión

Todos los datos obtenidos en relación a las granulometrías, difracción y fluorescencia de rayos X, determinación de Carbono Orgánico y la determinación de Nitrógeno y Carbono (Fig. 157) y de sedimento compacto con la lectura de las láminas delgadas (Tablas XXXVIII-XLII), han permitido caracterizar e identificar los diferentes procesos de formación ocurridos en el abrigo de Atxoste.

Así se plantea una caracterización de áreas fuente así como los diferentes tipos de uso del terreno llevados a cabo en el abrigo. La información arqueológica y los resultados obtenidos de la observación de los procesos de formación antropogénicos y post-deposicionales permite esclarecer la información y ampliarla. En consecuencia, descubrir cuáles son los agentes formadores del yacimiento y como han ido variando a lo largo del tiempo.

5.8.1 Caracterización de los niveles estratigráficos del yacimiento

Nivel VIII

Es la última unidad estratigráfica excavada, en contacto con el sustrato rocoso de la roca madre. Su sedimentación de base son arcillas en la base, plásticas y muy compactas (Tabla XXXVIII). La coloración es rojiza-amarillenta producto de la degradación de la roca madre caliza y del carácter calcáreo de su procesos formativos.

Los análisis granulométricos muestran el carácter fangoso de los sedimentos sin casi fracción grava en las muestras y muy pobremente clasificados.

Los análisis de difracción y de fluorescencia de rayos X han dado similares resultados: queda patente el carácter calcáreo de los sedimentos, le sigue los elementos silíceos, muy relacionado con el componente de cuarzo, y los minerales de arcilla. Los elementos que corresponden al factor antrópico no son muy abundantes, aunque están presentes.

En el análisis de determinación de Carbono y Nitrógeno ha quedado patente el bajo porcentaje de Carbono, absorbido por el material calcáreo que no convive con el material orgánico.

La lectura de láminas delgadas ha permitido definir esta unidad por su ausencia de material antrópico, a escala macro y a micro, y de restos de materia orgánica que es reemplazada por los carbonatos (permineralización), lo que se observa en los revestimientos de calcita en los poros (biogalerías) de la matriz sedimentaria.

5. El abrigo de Atxoste

Unit-Samples	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	% C/N	Sediment description	Micromorphology: General description and notes
Vilb2-AZ35	Calcite: % 77,39; Quartz: % 14,76 and Clay minerals: % 7,03	Ca: % 77,55; Si: % 13,59; Al: % 1,77 and Fe: % 1,03	1,53	121,26	Clay-sandy sediments. Increase in the reddish coloration of the soil (very pale brown-yellow). Non-compact sediments. Presence of coarse limestone fragments. With a thickness of 20-25 cm.	Sample M-7: Humic conditions and of continuous falls of limestone blocks coming from the roof. The character calcareous although with a progressive increase of the organic matter as well as of antropic elements (charcoal and char derived from bones). Microacities with stromatolytic crust (lamination structure and different colours).
Vilb2-AZ36	Calcite: % 96,15; Quartz: % 2,65 and Clay minerals: % 1,2	Ca: % 81,52; Si: % 7,05; Al: % 0,91 and Fe: % 0,854	1,70	164,38		
Vilb2-AZ30	Calcite: % 98,46; Quartz: % 1,54 and Clay minerals: % 0	Ca: % 86,2; Si: % 3,7; Al: % 0,57 and Fe: % 0,83	0,06	83,71		
Vilb2-AZ37	Calcite: % 90,42; Quartz: % 6,85 and Clay minerals: % 2,73	Ca: % 72,37; Si: % 20,35; Al: % 2,35 and Fe: % 1,14	1,66	174,66		
Vilb2-AZ38	Calcite: % 66,95; Quartz: % 31,64 and Clay minerals: % 1,22	Ca: % 69,13; Si: % 21,19; Al: % 1,88 and Fe: % 1,34	1,76	203,70		
Vilb2-AZ31	Calcite: % 89,22; Quartz: % 10,17 and Clay minerals: % 0	Ca: % 70,71; Si: % 17,28; Al: % 2,22 and Fe: % 1,21	0,42	74,46		
Vilb2-AZ39	Calcite: % 57,16; Quartz: % 42,84 and Clay minerals: % 0	Ca: % 84,44; Si: % 7,48; Al: % 0,94 and Fe: % 0,772	1,20	291,86		
Vilb2-AZ40	Calcite: % 85,57; Quartz: % 11,11 and Clay minerals: % 3,13	Ca: % 75,04; Si: % 15,31; Al: % 2,02 and Fe: % 1,23	2,17	173,34		
VIII-AZ41	Calcite: % 71,73; Quartz: % 17,69 and Clay minerals: % 9,73	Ca: % 47,56; Si: % 35,96; Al: % 7,31 and Fe: % 4,19	2,66	85,42	Clay-sandy sediments. Yellowish brown sediments. It constitutes the non-archaeological sedimentary base that sustains the whole sedimentary building. They are clays of Maestu dipiro, being located, by depths practically at the same level of the bed of the river Berrón. Except for some siliceous material collected in its first centimeters with compact sediments. With a thickness of 55-60 cm.	Sample M-11 & M-10: Absence of anthropic material either on the macro or micro scale. Its calcareous character makes that scarcely there are remains of organic matter that are replaced by the carbonates being a permineralization. Observed in the calcite coatings in the pores (biogalleries) within the sedimentary matrix. Microacities with stromatolytic crust (lamination structure and different colours).
AZ3E	Calcite: % 62,87; Quartz: % 31,25 and Clay minerals: % 4,1	Ca: % 54,25; Si: % 31,12; Al: % 6,27 and Fe: % 3,19	2,39	-314,80	Clay-sandy sediments. Yellowish brown sediments. Presence of coarse limestone fragments and organic material.	Not sampled
AZ50E	Calcite: % 0; Quartz: % 89,97 and Clay minerals: % 6,2	Ca: % 1,43; Si: % 81,94; Al: % 9,21 and Fe: % 2,9	2,71	155,60	Clay-sandy sediments. Dark olive brown sediments. Presence of coarse limestone fragments and organic material.	Not sampled
AZ120W	Calcite: % 0; Quartz: % 90,55 and Clay minerals: % 5,81	Ca: % 1,71; Si: % 85,78; Al: % 6,03 and Fe: % 2,99	4,57	29,88	Clay-sandy sediments. Dark reddish brown sediments. Presence of coarse limestone fragments and organic material.	Not sampled
AZlecho río	Calcite: % 70,1; Quartz: % 26,89 and Clay minerals: % 0	Ca: % 56,36; Si: % 29,8; Al: % 2,99 and Fe: % 3,96	2,71	54,29	Clay-sandy sediments. Reddish brown sediments. Presence of coarse limestone fragments and organic material. Also rounded quartz sand size grains.	Not sampled

Tabla XXXVIII Recopilación de los datos principales de Atxoste, descripción del sedimento y estudio Micromorfológico: descripción general y notas de los Niveles Vilb2, VIII y de las muestras recogidas cercanas al yacimiento (3E, 50E, 120W y lecho río)

Nivel VIc

En esta unidad estratigráfica hay un cambio considerable. Un aumento de la matriz arcillosa, sedimento no muy compacto y un oscurecimiento de los sedimentos con tonalidades entre negras y grises oscuras (Tabla XXXIX). La actividad antrópica queda bien reflejada en esta unidad.

El análisis granulométrico ha identificado el carácter fangoso y el alto contenido en gravas dentro de unos sedimentos que están muy pobremente seleccionados.

Los resultados de difracción y fluorescencia de rayos X reflejan esta composición calcárea. Los siguientes elementos corresponden con los silíceos pero en descenso de su porcentaje en comparación con el anterior nivel. Los demás elementos corresponden a minerales de la arcilla. Otros minerales de origen antrópico como fases fosfáticas procedentes de restos óseos, etc. no han sido detectados pese a su presencia, debido a su baja proporción.

Los datos que corresponden a los análisis de determinación de Carbono y Nitrógeno muestran unos porcentajes muy similares al anterior nivel, correspondiendo al carácter calcáreo de los sedimentos.

A pesar de ello tras la lectura de láminas delgadas se ha identificado un porcentaje mayor de material orgánico, pues el elemento antrópico va aumentando considerablemente así como la materia orgánica, en detrimento de los carbonatos. El material calcáreo aun así conforma el componente mineral de la masa basal: muy fino, micrítico y un poco ferruginoso. Se ha observado una cierta organización de fuego en la parte media de la lámina delgada, con carbones, huesos carbonizados, óxidos de hierro y caliza rubefactada. Sin embargo el fuego aparece en mala conservación, detrítico, debido a las acciones de bioturbación (plantas y lombrices, etc.) que tienen una actividad muy acusada en estas unidades estratigráficas.

Nivel VIIb2, Nivel VIIb y Nivel VII

Estos subniveles estratigráficos tienen similitudes formativas por lo que se describirán conjuntamente. De compleja descripción por los bloques desprendidos de pared y techo del abrigo, así como por la degradación de los mismos. Con escasa matriz sedimentaria, la cual es arcillosa, de colores blanquecinos y amarillentos, fruto de esa degradación de la caliza (Tablas XXXVIII-XXXIX). En la subunidad VIIb los sedimentos son menos compactos y se observa un aumento de la fracción gruesa.

El análisis granulométrico ha identificado el carácter fango-arenoso de los sedimentos, con un alto porcentaje de la fracción grava, aunque menor que en el nivel

Unit-Samples	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	% C/N	Sediment description	Micromorphology: General description and notes
Vlb-AZ305	Calcite: % 90,51; Quartz: % 7,56 and Clay minerals: % 1,93	Ca: % 74,27; Si: % 16,08; Al: % 2,23 and Fe: % 1,35	2,76	197,20	Sand-clay sediments. It is characterized by its general light brown coloration (light brown). The inclusion of charcoals is very frequent. Presence of gastropod. With a thickness of 25-30 cm.	Sample M-5: Calcareous base formation but with a high content of organic material. Anthropogenic material (burned and charred bones, charcoals and flints). Humidity influences the preservation of the organic material, the carbonate base of the sediments as well as the conservation of the anthropogenic organic elements. We have, therefore, an important activity of natural soils. Consequently the plant matter (roots) have colonized the formation of these stratigraphic units.
Vlb-AZ325	Calcite: % 92,55; Quartz: % 4,39 and Clay minerals: % 3,06	Ca: % 81,83; Si: % 9,42; Al: % 1,61 and Fe: % 1,04	2,18	170,86		
Vlb-AZ350	Calcite: % 93,29; Quartz: % 5,54 and Clay minerals: % 1,17	Ca: % 80,88; Si: % 9,65; Al: % 1,65 and Fe: % 1,04	1,78	203,01		
Vlb-AZ370	Calcite: % 90,68; Quartz: % 7,66 and Clay minerals: % 1,66	Ca: % 81,3; Si: % 10,01; Al: % 1,67 and Fe: % 1,03	1,78	2299,17	Sand-clay sediments. Light brown-brown sediments. Presence of angular clasts and blocks. It includes many combustion structures associated with hearths. With a thickness of 20-25 cm.	Sample M-8: Humic conditions and of continuous falls of limestone blocks coming from the roof. The character calcareous although with a progressive increase of the organic matter as well as of antropogenic elements (charcoal and char derived from bones).
Vlb-AZ390	Calcite: % 86,09; Quartz: % 7,79 and Clay minerals: % 4,39	Ca: % 74,98; Si: % 14,69; Al: % 2,46 and Fe: % 1,47	2,64	92,84		
Vlb-19	Not analyzed				Sand-clay sediments. Pale yellow-very pale yellow sediments. Less compact sediments (both elements resulting from the disintegration of the limestones). It is very common the presence of limestone blocks within a clay-based matrix. With a thickness of 20-25 cm.	Sample M-7 & M-6: Humic conditions and of continuous falls of limestone blocks coming from the roof.
Vlb-20	Not analyzed					The character calcareous although with a progressive increase of the organic matter as well as of antropogenic elements (charcoal and char derived from bones).
Vllc-AZ32	Calcite: % 97,99; Quartz: % 2,01 and Clay minerals: % 0	Ca: % 83,19; Si: % 6,43; Al: % 1,11 and Fe: % 0,657	0,20	77,81	Darkening of the earth: very pale brown. Presence of organic material, including charcoals for fires.	Sample M-10 & M-9: Greater of organic material in this stratigraphic unit. In this anthropogenic stratigraphic unit increases considerably as well as organic matter, to the detriment of carbonates. The calcareous material still forms the mineral component of the basal mass. The material is very fine, micritic and a little ferruginous. A certain fire organization has been observed in the middle of the thin sheet with elements of charcoals, burned bones, iron oxides and rubefacted limestone. All these elements seem to indicate the existence of fire.
Vllc-AZ29	Calcite: % 94,06; Quartz: % 2,44 and Clay minerals: % 3,49	Ca: % 84,9; Si: % 4,96; Al: % 0,67 and Fe: % 0,639	0,29	-212,22	Incorporation of blocks detached from the roof affected by dissolution processes. With a thickness of 20-25 cm.	
Vllc-AZ33	Calcite: % 88,15; Quartz: % 6,98 and Clay minerals: % 3,79	Ca: % 78,47; Si: % 11,11; Al: % 1,42 and Fe: % 1,07	0,56	127,95		
Vllc-AZ34	Calcite: % 87,7; Quartz: % 6,57 and Clay minerals: % 2,7	Ca: % 85,58; Si: % 6,16; Al: % 0,8 and Fe: % 0,655	1,29	196,13		

Tabla XXXIX Recopilación de los datos principales de Atxoste, descripción del sedimento y estudio Micromorfológico: descripción general y notas de los Niveles Vlb, Vll, Vllb y Vllc

VII. Los sedimentos están muy pobremente seleccionados.

El análisis de difracción y fluorescencia de rayos X han dado resultados similares: alto porcentaje en los elementos calcáreos correspondiendo con la sedimentación de base. Los elementos silíceos y minerales de la arcilla le siguen pero con porcentajes bajos.

La determinación de Carbono y Nitrógeno sigue siendo bajo, muy similares al nivel VIII. Corresponde al carácter carbonatados de los sedimentos que no permiten el crecimiento prolongado y la pervivencia del material orgánico.

La lectura de las láminas delgadas indica que las condiciones, según la identificación y estudio de diferentes edaforrasgos internos, son húmedos y las caídas de bloques calizos procedentes del abrigo son continuos. El carácter sigue siendo calcáreo aunque con un progresivo aumento de la materia orgánica, así como de elementos antrópicos (carbones y huesos carbonizados).

Nivel VIb2, VIb y Nivel VI

Estos tres subniveles se describen conjuntamente por sus similitudes formativas. De compleja formación y descripción debido a su carácter calcáreo producto de la caída de parte del techo del abrigo, aún más acusado que ántes. Corresponden a sedimentos carbonatados con una matriz arcillosa y blanquecina, debido a los aportes de caliza del abrigo y su degradación. Se han identificado diversos clastos angulosos (Tablas XXXIX-XL).

Los análisis granulométricos muestran un alto porcentaje grava, así como su carácter fangoso-arenoso. Los sedimentos están muy pobremente seleccionados.

Los resultados obtenidos de los análisis de difracción y de fluorescencia de rayos X, han dado porcentajes, en descenso, de los elementos calcáreos a favor de los silíceos y los minerales de la arcilla. Queda constancia del carácter terrígeno de los sedimentos.

Confirma esto la determinación de Carbono y Nitrógeno, dando porcentajes en aumento del material orgánico. Correspondiendo a que el carácter calcáreo de los sedimento va en detrimento a favor del crecimiento del material vegetal. Además hay un aumento del material antrópico, carbones, cuya intensidad queda patente en todos los análisis.

Las láminas delgadas identifican la formación de base calcárea pero también el alto contenido orgánico. El material antrópico (huesos quemados y carbonizados, carbones y silex) está mejor conservado y es más abundante que en los anteriores niveles. En general, nos encontramos ante unos suelos húmicos donde la presencia del agua (precipitación y percolación) es parte del sistema formador y post-deposicional. La

Unit-Samples	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	% C/N	Sediment description	Micromorphology: General description and notes
IV-AZ190	Calcite: % 83,44; Quartz: % 14,68 and Clay minerals: % 1,89	Ca: % 72,61; Si: % 16,22; Al: % 2,82 and Fe: % 1,89	3,61	136,47	Sand-clay sediments. High contribution of limestone fragments. Weak red sediments. Participation of colonies of helix. With a thickness of 30 cm.	Sample M-3 & M-2: Bioturbation activity (root activity and mesofauna). Anthropic remains (bones and charcoals) are not very well preserved. Microacacias with stromatolytic crust (lamination structure and different colours).
IV-AZ19	Calcite: % 86,22; Quartz: % 7,68 and Clay minerals: % 4,56	Ca: % 76,57; Si: % 13,29; Al: % 1,98 and Fe: % 1,5	3,63	64,61		
IV-AZ20	Calcite: % 81,11; Quartz: % 7,39 and Clay minerals: % 7,49	Ca: % 75,53; Si: % 13,72; Al: % 2,03 and Fe: % 1,34	2,78	92,64		
IV-AZ21	Calcite: % 90,18; Quartz: % 8,66 and Clay minerals: % 1,16	Ca: % 75,53; Si: % 13,44; Al: % 2,07 and Fe: % 1,75	3,13	87,50		
IV-AZ210	Calcite: % 72,34; Quartz: % 21,6 and Clay minerals: % 3,11	Ca: % 67,51; Si: % 21,28; Al: % 3,34 and Fe: % 2,23	4,52	147,26		
V-AZ235	Calcite: % 77,92; Quartz: % 12,47 and Clay minerals: % 9,61	Ca: % 63,97; Si: % 23,91; Al: % 3,8 and Fe: % 2,28	5,05	89,30	Sand-clay sediments. The lighter coloration of the sediments (Weak red) but also by the decrease of the helix and the elements of coarse fraction (2 centimeters). The sediments are more compact and are also more humid. With a thickness of 20-25 cm.	Sample M-4 & M-3: The organic material is very abundant with a formative base of calcareous sediments. With a large number of small fragments of limestone. The conservation of the inorganic and organic material is very bad due to these humidity conditions and precipitation and percolation of water along these stratigraphic sequences. This percolation of water has generated disturbances in the processes of formation. Microacacias with stromatolytic crust (lamination structure and different colours).
V-AZ24	Calcite: % 76,03; Quartz: % 21,41 and Clay minerals: % 2,57	Ca: % 63,76; Si: % 23,72; Al: % 3,43 and Fe: % 1,89	15,70	61,44		
V-AZ25	Calcite: % 74,17; Quartz: % 20,84 and Clay minerals: % 2,76	Ca: % 53,48; Si: % 31,26; Al: % 4,54 and Fe: % 2,23	13,69	46,21		
V-AZ26	Calcite: % 75,53; Quartz: % 18,34 and Clay minerals: % 6,13	Ca: % 57,77; Si: % 30,88; Al: % 4,77 and Fe: % 2,35	15,70	84,95		
V-AZ27	Calcite: % 55,13; Quartz: % 23,52 and Clay minerals: % 6,51	Ca: % 48,69; Si: % 36,81; Al: % 5,7 and Fe: % 2,88	4,30	66,25		
V-AZ28	Calcite: % 53,18; Quartz: % 38,65 and Clay minerals: % 8,17	Ca: % 56,69; Si: % 31,06; Al: % 4,91 and Fe: % 2,5	3,17	65,49		
V-AZ250	Calcite: % 73,96; Quartz: % 12,74 and Clay minerals: % 9,18	Ca: % 61,28; Si: % 25,66; Al: % 4,06 and Fe: % 2,38	4,84	125,35		
VI-AZ22	Calcite: % 55,06; Quartz: % 32,49 and Clay minerals: % 7,26	Ca: % 64,66; Si: % 22,8; Al: % 3,64 and Fe: % 2,1	6,17	57,27	Sand-clay sediments. Presence of whitish, reddish and blackish specks: the first results of decomposition of the limestones, the second of the calcarenes and the third ones by the inclusion of very small charcoals.	Sample M-4: Humic conditions where the presence of water (precipitation and percolation) is part of the forming and post-depositional system. We have, therefore, an important activity of natural soils. Consequently the plant matter (roots) have colonized the formation of these stratigraphic units.
VI-AZ23	Calcite: % 80,13; Quartz: % 15,55 and Clay minerals: % 4,32	Ca: % 73,21; Si: % 18,57; Al: % 2,55 and Fe: % 1,78	15,22	54,39	Weak red sediments. Presence of coarse limestone fragments. With a thickness of 15-20 cm.	
VI-AZ285	Calcite: % 85,74; Quartz: % 10,81 and Clay minerals: % 3,45	Ca: % 68,34; Si: % 20,67; Al: % 3,25 and Fe: % 1,93	3,94	144,10		

Tabla XL Recopilación de los datos principales de Atxoste, descripción del sedimento y estudio Micromorfológico: descripción general y notas de los Niveles IV, V y VI

humedad influye en la preservación del material orgánico, de la base carbonatada, así como en la conservación de los elementos orgánicos antrópicos. Tenemos por tanto, una importante actividad de suelos naturales: en consecuencia la materia vegetal (raíces) han colonizado la formación de estas unidades estratigráficas.

Nivel V

Este nivel estratigráfico difiere mucho de lo identificado en los anteriores niveles. Es patente el oscurecimiento de los sedimentos, producto de las numerosas acciones de fuegos. Se observan rubefracción y diferentes estructuras con morfología circular. Además, algunos de los fragmentos calizos, tras su tratamiento térmico aparecen fragmentados. La matriz sedimentaria se caracteriza por ser limo-arenosa con coloraciones rojizas, blanquecinas y negruzcas, correspondiendo a las diferentes estructuras de combustión y la degradación de los fragmentos calizos (Tabla XL).

Esta unidad se caracteriza por su alto contenido en fracción grava, a través de los análisis granulométricos, así como por su carácter fangoso-arenoso. Los sedimentos están muy pobremente clasificados.

Los elementos calcáreos han descendido considerablemente a favor de los elementos silíceos según constatan la difracción y fluorescencia de rayos X. Los minerales de la arcilla siguen presentes en los sedimentos. Se constata el carácter terrígeno de los sedimentos.

La determinación de Carbono y Nitrógeno refleja el aumento considerable del Carbono, mientras que los del Nitrógeno son similares a los anteriores niveles. Al haber un descenso de los elementos calcáreos, las condiciones han favorecido al crecimiento del material orgánico y su preservación.

La lectura de láminas delgadas observa que en esta unidad el material orgánico es muy abundante, contanto también con un gran numero de pequeños fragmentos de caliza (caída techo de abrigo). La conservación del material inorgánico y orgánico es muy malo debido a las condiciones de humedad, de precipitación y de percolación de agua a lo largo de la secuencia. Esa percolación de agua ha generado disturbios en los procesos de formación del suelo arqueológico.

Nivel IV y IIIb2-IIIb

Se definen conjuntamente por tener similares procesos formativos. La coloración marronácea de los sedimentos marca el carácter orgánico con una sedimentación de base carbonatada y arcillosa (Tablas XL a XLII). Llama la atención el alto porcentaje de

Unit-Samples	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	% C/N	Sediment description	Micromorphology: General description and notes
IIIb2-AZ4	Calcite: % 67,48; Quartz: % 24,27 and Clay minerals: % 4,74	Ca: % 60,39; Si: % 26,51; Al: % 3,97 and Fe: % 2,25	6,28	41,74	Sand-clay sediments. High contribution of limestone fragments. Weak red sediments. High participation of colonies of helix.	Sample M-2: In general, is characterized by the activity of bioturbation (activity of roots and mesofauna). Pedofeatures show precipitation and percolation of water. All these elements make that the anthropic material (bones and charcoals) are bad preserved. Accumulation of calcareous matrix showing the reworked calcareous infillings corresponding to bioturbation in the micritic matrix. Detail of fresh roots in section showing the rhizolith and a very advance stage in the descomposition of litter. The organic material occur mainly as brownish granules of amorphous material. Microfacies with stromatolytic crust (lamination structure and different colours).
IIIb2-AZ5	Calcite: % 74,46; Quartz: % 22 and Clay minerals: % 0	Ca: % 67,12; Si: % 20,56; Al: % 2,68 and Fe: % 1,45	3,72	154,77	High content of organic material. Crumb sediments by the loss of the elements of coarse fragments. With a thickness of 20-25 cm.	
IIIb2-AZ6	Calcite: % 66,92; Quartz: % 24,45 and Clay minerals: % 8,63	Ca: % 57,6; Si: % 28,11; Al: % 3,84 and Fe: % 1,93	4,95	351,07		
IIIb2-AZ7	Calcite: % 65,48; Quartz: % 27,18 and Clay minerals: % 7,33	Ca: % 57,93; Si: % 27,97; Al: % 4,66 and Fe: % 2,51	4,30	98,84		
IIIb2-AZ8	Calcite: % 78,02; Quartz: % 9,95 and Clay minerals: % 7,84	Ca: % 70,95; Si: % 17,44; Al: % 2,86 and Fe: % 1,73	3,77	80,29		
IIIb2-AZ9	Calcite: % 70,73; Quartz: % 18,68 and Clay minerals: % 7,6	Ca: % 57,98; Si: % 27,49; Al: % 4,38 and Fe: % 2,56	4,50	58,65		
IIIb2-AZ10	Calcite: % 58,42; Quartz: % 38,09 and Clay minerals: % 1,5	Ca: % 64,61; Si: % 22,6; Al: % 3,39 and Fe: % 1,9	4,46	59,80		
IIIb2-AZ11	Calcite: % 84,68; Quartz: % 10,87 and Clay minerals: % 2,58	Ca: % 71,68; Si: % 14,94; Al: % 2,51 and Fe: % 1,54	4,17	41,61		
IIIb2-AZ12	Calcite: % 75,71; Quartz: % 17,89 and Clay minerals: % 3,34	Ca: % 65,21; Si: % 22,14; Al: % 3,53 and Fe: % 1,89	4,91	66,84		
IIIb2-AZ13	Calcite: % 62,87; Quartz: % 23,22 and Clay minerals: % 2,63	Ca: % 63,53; Si: % 23,71; Al: % 3,63 and Fe: % 1,93	5,01	67,53		
IIIb2-AZ14	Calcite: % 71,29; Quartz: % 24,7 and Clay minerals: % 2,89	Ca: % 62,33; Si: % 23,62; Al: % 3,52 and Fe: % 2,57	5,33	51,05		
IIIb2-AZ15	Calcite: % 71,3; Quartz: % 26,92 and Clay minerals: % 1,78	Ca: % 65,2; Si: % 22,6; Al: % 3,36 and Fe: % 1,91	4,73	63,96		
IIIb2-AZ16	Calcite: % 61,56; Quartz: % 22,46 and Clay minerals: % 6,57	Ca: % 53,11; Si: % 30,61; Al: % 4,73 and Fe: % 2,54	3,53	61,82		
IIIb2-AZ17	Calcite: % 76,09; Quartz: % 15,7 and Clay minerals: % 1,23	Ca: % 62,72; Si: % 26,4; Al: % 3,89 and Fe: % 2,04	4,87	44,15		
IIIb2-AZ18	Calcite: % 81,42; Quartz: % 10,89 and Clay minerals: % 1,08	Ca: % 67,69; Si: % 21,83; Al: % 3,37 and Fe: % 2	3,87	83,90		

Tabla XIJ Recopilación de los datos principales de Atxoste, descripción del sedimento y estudio Micromorfológico: descripción general y notas del Nivel IIIb2

colonias de *Helix nemoralis* (gasterópodo).

El nivel IIIb se caracteriza por el incremento de elementos de fracción gruesa, correspondiendo a fragmentos calizos y su degradación de los mismos.

Los análisis granulométricos muestran en estas unidades un porcentaje alto en la fracción grava, seguido de la fracción de fango y arenas. Los sedimentos están muy pobremente clasificados.

Tanto la difracción como la fluorescencia de rayos X muestran porcentajes muy similares a la anterior unidad, con unos valores en los elementos calcáreos elevados. Le siguen los elementos silíceos y los minerales de arcilla.

La determinación de Carbono y Nitrógeno muestran niveles de Carbono menores que en anterior nivel y similares en Nitrógeno.

Con la lectura de láminas delgadas se ha determinado que se tratan de dos unidades caracterizadas por la bioturbación (actividad de raíces y lombrices, etc.) que junto con los carbonatos y el elemento antrópico dan forma a estos sedimentos arqueológicos. El ambiente viene caracterizado por su humedad, la precipitación y la percolación de agua. Todos estos elementos hacen que el material antrópico (huesos y carbones) no se conserven de una manera muy óptima.

5.8.2 Procesos de formación sedimentarios del yacimiento

En este subapartado se analizan individualmente los diferentes procesos sedimentarios (Fig. 157): naturales de formación, el factor antrópico, los procesos post-deposicionales.

5.8.2.1 Procesos de formación naturales

La sedimentación natural viene dada por el aporte de arcillas y material grueso calizo que proviene de diversos desprendimientos de pared y techumbre (procesos de escorrentía con diferente intensidad a lo largo de toda la secuencia). Se produce la caída de grandes rocas separadas de las paredes y el techo, o por granos individuales liberados por la desintegración de la roca madre por disolución (Donahue y Adovasio, 1990 y Goldberg y Arpin, 1999). También se observan los aportes sedimentarios de deslizamientos de las laderas contiguas, así como por el efecto eólico. En este último caso de una manera mínima. El aporte orgánico (material vegetal) es muy abundante, el cual, en periodos óptimos para su crecimiento, colonizó parte de cada una de las unidades.

5. El abrigo de Atxoste

Unit-Samples	X ray Diffraction	X ray Fluorescence	% L.O.I.	% C/N	Sediment description
IIIb-AZ90	Calcite: % 81,49; Quartz: % 11,79 and Clay minerals: % 2,81	Ca: % 77,6; Si: % 13,66; Al: % 2,51 and Fe: % 2,29	2,71	90,10	Sand-clay sediments. Hearths are common: it also explains the appearance and the breaks of the limestone fragments.
IIIb-AZ110	Calcite: % 81,99; Quartz: % 13,12 and Clay minerals: % 3,26	Ca: % 76,28; Si: % 12,97; Al: % 2,17 and Fe: % 2,18	4,45	86,55	Sand-clay sediments. Participation of colonies of helix: we note a relation between greater darkness of the sediments (Weak read)
IIIb-AZ140	Calcite: % 86,36; Quartz: % 9,84 and Clay minerals: % 1,58	Ca: % 75,16; Si: % 13,68; Al: % 2,8 and Fe: % 2,11	5,09	87,10	and greater presence of snails. With a thickness of 40 cm.
IIIb-AZ1	Calcite: % 70,87; Quartz: % 11,86 and Clay minerals: % 6,1	Ca: % 62,12; Si: % 24,98; Al: % 4,03 and Fe: % 2,83	5,92	63,73	
IIIb-AZ2	Calcite: % 64,54; Quartz: % 26,73 and Clay minerals: % 2,95	Ca: % 58,16; Si: % 29,89; Al: % 4,15 and Fe: % 2,42	5,52	52,36	
IIIb-AZ3	Calcite: % 79,19; Quartz: % 19,31 and Clay minerals: % 0	Ca: % 69,16; Si: % 20,58; Al: % 3,05 and Fe: % 1,79	5,37	79,22	

Tabla XLII Recopilación de los datos principales de Atxoste, descripción del sedimento del Nivel IIIb

El desarrollo estratigráfico de Atxoste viene dado por su disposición en ladera, con un fuerte buzamiento Norte-Sur y prácticamente horizontal al Este-Oeste, que no parece ser el original. La secuencia estratigráfica tiene una potencia sedimentaria muy amplia, con unos seis metros de secuencia estratigráfica. En todos los cuadros abiertos durante la excavación no se vieron representados todos los niveles estratigráficos.

En la secuencia se ha podido observar que los fenómenos físicos y geoquímicos, naturales y el factor antrópico dan la composición, textura y color a las diferentes unidades estratigráficas representadas en la secuencia. Una secuencia que viene caracterizada por ser continua pero muy heterogénea.

Cada unidad estratigráfica viene definida por ser bastante horizontal y regular con la interrupción de algunas acumulaciones de bloques y cantos de calizas (caída de techo y pared del abrigo). Una sedimentación marcada a suelo por coloraciones más claras debido a esa presencia de caídas de bloques de pared y techumbre del abrigo y por la degradación de las calizas, algunas veces creando costras calcíticas (Courty *et al.*, 1989). La actividad antrópica está presente, pero no es muy intensa o no ha quedado muy reflejada en la secuencia en la actualidad. Los tramos más superiores de la secuencia vienen marcados por unas coloraciones más oscuras, consecuencia en gran medida por la presencia muy potente de la materia vegetal, así como por la intensa actividad antrópica (estructuras y actividades de combustión). Los materiales que proceden de la actividad antrópica han podido ser desplazados lateralmente de su posición original.

En el abrigo a lo largo de toda la secuencia, aunque más intensamente a finales del Pleistoceno, hay un desprendimiento del material calcáreo causado por la congelación y descongelación de agua que se ha infiltrado en grietas y fisuras en el lecho rocoso, deposición crioclástica (Bonifay, 1956; Schmid, 1963; Laville *et al.*, 1980 y Golberg y Macphail, 2006). También se produce el desmembramiento o desgaste de los bloques de roca por disolución, pero es notablemente menos prominente que los resultados del congelamiento-descongelamiento (Golberg y Macphail, 2006). Ello es debido también a la exposición en diversos y sucesivos momentos a condiciones muy frías del material calcáreo (Bertran y Texier, 1999 y Polo, 2010).

5.8.2.2 Procesos de formación antropogénicos

Durante los procesos de excavación salió a la luz el alto contenido en material correspondiente a la actividad antrópica. La ocupación humana en el yacimiento se expresa por la presencia de estructuras de combustión, fragmentos de huesos quemados, carbones y artefactos líticos que quedan reflejados en el registro sedimentario. Los mayores aportes antropogénicos a los sedimentos del yacimiento ocurren en los niveles correspondientes al Mesolítico, cuya actividad es intensa, continuada y reconocible tanto en el campo como con los diferentes análisis realizados, así como en la lectura de láminas delgadas. La presencia de restos carbonizados (carbones y huesos), así como el alto contenido orgánico, contribuye al color más oscuro de los sedimentos.

Los elementos más prominentes son las estructuras de combustión, los hogares y otras características asociadas con el fuego (Singer y Wymer, 1982; Goldberg y Bar-Yosef, 1998 y Marean *et al.*, 2000). Estas características de combustión proporcionan ventanas de alta resolución a las actividades humanas y tecnologías relacionadas con el fuego, incluyendo el tipo de combustible, la duración y la intensidad de la quema, limpieza, pisoteo y vertido (Goldberg y Macphail, 2006). Los elementos carbonizados de huesos y carbones se presentan en un estado de fragmentación acusado. A escala macroscópica esta acción es poco perceptible, pero si en los análisis efectuados y la lectura de láminas delgadas. El hueso sufre un inicio de degradación, cuyos elementos fosfatados facilitan su disolución y el elemento fosfato se ha incorporado a los sedimentos (según el análisis de fluorescencia). Queda patente la pérdida notoria de las cenizas generadas por la actividad de estructuras de combustión, ya sea por la acción eólica, ya que apenas hay refugio en el yacimiento, o por disolución química (Aldeias, 2012).

Los análisis efectuados y la lectura de láminas delgadas, han sacado a la luz una inestabilidad climática de los niveles magdalenienses. Aunque la actividad humana, no sea tan intensa como en los niveles mesolíticos, está presente. En consecuencia, algunos de los materiales generados de la actividad humana (elementos orgánicos como el hueso y el carbón) han sido disueltos por las condiciones húmicas de los sedimentos.

5. El abrigo de Atxoste

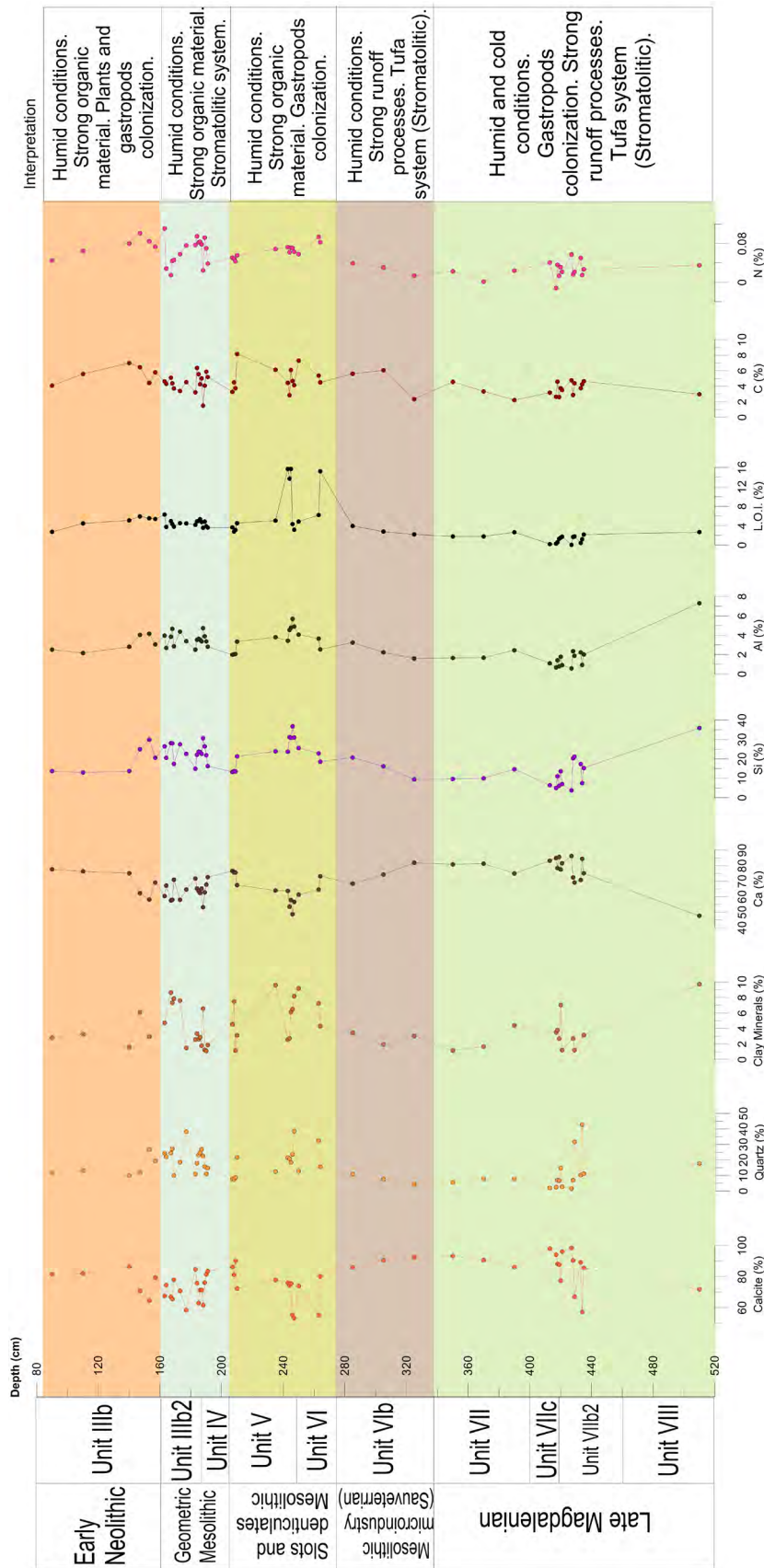


Figura 157 Recopilación de los datos principales y la interpretación de la secuencia de Atxoste

Se trata por tanto de unos suelos muy activos, en los cuales estos grupos humanos pisotean, aportan sedimentos y materiales (huesos, carbones, etc.). Juntado con la sedimentación natural y por otro lado la sedimentación post-deposicional conforman el grueso de la sedimentación del yacimiento.

5.8.2.3 Procesos post-deposicionales

La pedoturbación y los efectos post-deposicionales pedológicos son fundamentales para el buen entendimiento de la historia sedimentaria (Courty *et al.*, 1989). Las unidades estratigráficas vienen caracterizadas por ser heterogéneas y por los procesos de escorrentía, ya que hay procesos moderados de caídas de bloques, en fases muy concretas. Además el agua es un agente activo que trastoca los sedimentos (Courty *et al.*, 1989). Su actividad puede dar la acumulación de aportes por gravedad, ricos en grava y con escasa cohesión interna en los procesos sedimentarios (Bertran *et al.*, 1997). En consecuencia, hay un desgaste de la caliza (weathering). Debido a que el abrigo se localiza en ladera e inclinado, parte de los sedimentos y el material antrópico es deslizado ladera abajo. Aunque esta situación en ladera de los sedimentos no es la original. Debe ser producto de un vaciado que se produjo, probablemente en el evento 2.8. En realidad los horizontes estratigráficos parecen una horizontalidad E-O y sólo ligeramente inclinados N-S (en la medida que descienden hacia el río). Por lo tanto, los movimientos más activos del material sedimentario se han dado por procesos post-deposicionales.

Además, los procesos de crioturbación durante la sedimentación (de las unidades inferiores sobre todo) han sido fundamentales en los procesos post-deposicionales. Las altas presiones inducidas por la cristalización producida en el hielo son un elemento clave para la fragmentación física de los elementos gruesos calizos del yacimiento. Es por ello que la congelación repetida ha favorecido a la fragmentación de estos elementos, así como la fragmentación de las partículas finas del sedimento (Courty *et al.*, 1989). Se ha podido alterar tanto el tamaño como el color original del sedimento. El proceso de descongelación el carbonato de calcio precipitado en este momento, está presente en forma de revestimientos finos micríticos y rellenos esparíticos de cavidades (Courty *et al.*, 1989). Además esa asociación a momentos de descongelación pueden ser claves para el crecimiento de algas (Courty *et al.*, 1989). Es por ello que algunos de los fragmento calizos presentan una microestructura lenticular, donde se ven diferentes coloraciones que indican que se han producido en diferentes momentos. Se observa el relleno de las fisuras del material grueso con arenas sueltas y arcillas y lodo (Courty *et al.*, 1989). También la presencia de agregados redondeados resultante del desgaste de los fragmentos lenticulares con repetidos ciclos de congelación-descongelación.

Los sedimentos de Atxoste han sido cementados por dos fases de formación de

calcita micrítica: la primera fase corresponde a la acción de la cementación que es de hierro-manchado (iron-stained) y probablemente formado con aguas subterráneas, que se filtrarían hacia fuera de la base de la pared del acantilado, percolado. Y la segunda fase son los rizolitos de las raíces (coating), probablemente formado durante el periodo de estabilidad cuando la superficie fue colonizada por la masa vegetal. Una vez las condiciones climáticas mejoran, coincidiendo con el periodo Mesolítico, hay periodos de mayor estabilidad (aunque la humedad no cesa) y la superficie es colonizada por plantas (Soressi *et al.*, 2013), cuyas raíces penetran en el depósito (rizolitos). Cuando las raíces toman el agua que percola por el sedimento, ellos causan la disolución de la calcita para cristalizar alrededor de las raíces, creando una segunda fase (calcita secundaria).

Parte de la translocación del material antrópico y el material natural es posiblemente debido al pisoteo de los grupos humanos, basureros o que los materiales hayan sido rastrillados, barridos. Además las cenizas no se suelen preservar a no ser que el hogar haya sido tapado inmediatamente tras el fuego (Mallol *et al.*, 2007). En consecuencia algunos materiales, como las cenizas (procedentes de la quema de material), ya no son visibles (Courty *et al.*, 1989). Eventualmente, la superficie cementada fue parcialmente erosionada. Este hecho es difícil de determinar y saber cuanto y cuando ha sido removido el sedimento y el material.

Los sedimentos también han sido removidos por la actividad biológica. Se observan diferentes canales (living roots), pellets finos producidos por ácaros así como las posibles heces de lombrices. Se expresa también esta acción por la reelaboración con una forma circular y globular de los sedimentos y suelos originales (Balaam *et al.*, 1987; Stein, 1992; Stoops, 2003 y Canti, 2003b).

Otro elemento que se ha visto afectado por los procesos post-deposicionales es el orgánico en tres vías: carbones, huesos y material vegetal fresco.

El material carbonoso es un material opaco cuya estructura celular interna, a veces, es perceptible y otras solo se mantienen las partes menos susceptibles de roturas (FitzPatrick, 1984). En ocasiones, la estructura celular interna del carbón es rellenada por calcita la cual destruye la estructura haciéndola desaparecer. En la lectura de láminas delgadas se ha observado el esqueleto y los restos de los carbones, que confirman su existencia.

Los elementos químicos del agua y las raíces vegetales y su descomposición y percolación hacen modificar los suelos de su estado original. El agua carbonatada que gotea sobre los sedimentos puede conducir a la impregnación total. La disolución del carbonato de calcio puede resultar de una serie de factores. Entre las más prominentes se encuentran las condiciones ácidas producidas por la descomposición de la materia orgánica y el ácido carbónico (Golberg y Macphail, 2006). Ácido derivado del dióxido de carbono disuelto en agua a medida que pasa a través del suelo. Asociada a esta disolución

de carbonatos, está la transformación y formación de una serie de minerales de fosfato (Karkanis *et al.*, 1999; Weiner *et al.*, 2002). A medida que la materia orgánica se degrada, la cantidad y disponibilidad de Al, K y Fe aumentan, mientras que el N y el S disminuyen. Con el tiempo, a medida que la materia orgánica continúa disminuyendo, pero aún bajo condiciones ácidas, los minerales de arcilla comienzan a degradarse, liberando Al y Fe, y la posible formación de ópalo auténtico (Golberg y Macphail, 2006).

Estos aportes modifican los elementos antrópicos, por eso las implicaciones de estos cambios diagenéticos son muchas. La más evidente es la disolución total del hueso (Goldberg y Bar-Yosef, 1998). Por lo tanto, la distribución, presencia o ausencia de huesos, puede ser mayormente una función de procesos geoquímicos y no de actividades humanas (Golberg y Macphail, 2006).

Por último, los procesos post-deposicionales se ven reflejados en el material vegetal fresco: esta categoría incluye material muy poco descompuesto, mostrando su estructura celular interna y cuyos signos de descomposición son casi nulos (FitzPatrick, 1984). Por otro lado queda reflejado el alto estado de descomposición del material vegetal. Los residuos orgánicos son gránulos marrónáceos de material amorfo (FitzPatrick, 1984).

5.8.3 Controles y cambios ambientales en el registro arqueosedimentario

El final del Pleistoceno viene marcado por un aumento de la crioturación como ocurre en otras cuevas de Europa occidental (Macphail *et al.*, 1994 y Schiegl *et al.*, 2003). Las alteraciones criogénicas y sus características son generalizadas, no sólo en los suelos de los climas fríos actuales, sino también en las regiones templadas que han sido testigos de climas más fríos durante los períodos glaciales. Por lo tanto, la evidencia de procesos criogénicos registrados en suelos fósiles o paisajes puede proporcionar información importante que se puede utilizar para reconstruir ambientes anteriores (Courty *et al.*, 1989). Este proceso ha sido clave para la descripción del ambiente en Atxoste.

El yacimiento de Atxoste tiene una historia sedimentaria compleja que en cierta medida refleja los cambios climáticos habidos en su etapa de formación. Desde la perspectiva paleoambiental, la secuencia de finales del Pleistoceno viene marcada por unas condiciones frías y húmedas, características observadas en la lectura de láminas delgadas por las acumulaciones calcíticas a partir de la disolución muy intensa de la roca madre. Estas condiciones perduran hasta la transición Pleistoceno-Holoceno con la caída de parte del techo del abrigo. Todo ello sugiere un periodo de inestabilidad ambiental en la transición entre el Pleistoceno final y los inicios del Holoceno. El carácter carbonatado de los suelos no permite el crecimiento masivo de material vegetal (raíces), el cual reemplaza las estructuras celulares internas, no llegando a conservarse en la actualidad en su totalidad. El material orgánico no parece compatible con estas condiciones. Lo mismo

ocurre con los fragmentos de carbones, algunos de los fragmentos se encuentran en un tamaño muy pequeño (microcarbones) y otros carbonatos reemplazan las estructuras celulares internas hasta hacerlo desaparecer parcialmente o completamente.

El sistema tobáceo identificado en todas las unidades del Pleistoceno reciente ha podido definir una etapa de recrudescimiento climático (Amuchástegui y Serrano Cañadas, 2013 y 2014) con una acumulación calcítica debido seguramente a precipitación de aguas y la existencia de un posible manatíal ladera arriba. Lo que ha conformado la existencia y creación de ese sistema tobáceo y material biofrito.

Tras estas condiciones, los inicios del Holoceno se ven caracterizados por las condiciones templadas y húmedas, se observa la disolución calcárea, la existencia de costras calcíticas y una gran cantidad de fragmentos de conchas. Se trata de un periodo más cálido con una relativa humedad, donde el sistema tobáceo continúa pero de una manera menos acusada. Las condiciones permitieron el crecimiento y colonización de la materia vegetal en la superficie de estas unidades, por lo que sus correspondientes raíces penetraron en el depósito. A medida que las raíces absorbían el agua, esta causó que la calcita disuelta presente en las unidades se cristalizara alrededor de las raíces con la formación de revestimientos de calcita (calcita secundaria). El carácter húmico del material orgánico así como la disolución y descomposición de la roca caliza se ve reflejado en todas las unidades estratigráficas aunque mucho más intenso en las unidades correspondientes a finales del Pleistoceno.

También podemos observar que la percolación repetida del agua a través del depósito es muy intensa en todas las unidades estratigráficas, cuyas repercusiones se pueden observar en la lectura de láminas delgadas en la degradación de la roca madre, el carácter detrítico de todo el material orgánico (carbones y hueso), así como la materia vegetal (Courty *et al.*, 1989).

Las condiciones en las que estos grupos humanos vivían es de un clima frío y húmedo a finales del Pleistoceno que varían a las condiciones vividas a inicios del Holoceno siendo estas templadas y relativamente húmedas. Se observa un periodo de inestabilidad climática en la transición Pleistoceno-Holoceno que marcará una erosión del material antrópico muy fuerte.

5.9 Conclusión

Todos los resultados obtenidos del estudio y análisis de las muestras extraídas del yacimiento de Atxoste, han servido para realizar una serie de conclusiones sobre los procesos de formación de suelos en el abrigo. La formación de la secuencia estratigráfica en abrigos tienen estudios geoarqueológicos especiales, ya que pueden dar testimonio fiel de los cambios ambientales y de las actividades humanas pasadas (Golberg y Macphail, 2006).

Este estudio muestra que la mayor parte de la secuencia estratigráfica consiste en arenas, arcillas correspondientes a la sedimentación de base del abrigo. También de bloques de cantos de caliza derivados, posiblemente con algunos aportes eólicos, por los procesos de escorrentía (caída de ladera y gravitacionales) y la descomposición de la roca madre caliza. Los aportes antrópicos son importantes, viendo que en los niveles mesolíticos son mucho más intensos y continuados (acciones de fuegos, huesos carbonizados o quemados, artefactos líticos, cenizas y carbones). Aunque en los niveles magdalenenses también se observa la presencia de la actividad humana, parece ser que es mucho menos intensa o los materiales orgánicos no se han conservado o no han llegado hasta la actualidad (removidos, desgastados o desintegrados). En consecuencia todo ello nos lleva a pensar que se trata de un periodo de inestabilidad climática.

Por lo que los procesos de formación se mueven en la variabilidad de la intensidad entre la sedimentación antrópica y natural. En los procesos formativos de los primeros ciclos sedimentarios fue clave la caída de parte de la techumbre del abrigo y los aportes de fracción gruesa en la transición Pleistoceno-Holoceno. En consecuencia, la actividad físico-química produjo una desintegración y disgregación del material calizo. El segundo ciclo correspondiendo al Holoceno propone una sedimentación de base carbonatada junto con la intensa actividad humana (restos de actividad de fuegos, sílex y restos de fauna).

Los datos granulométricos han servido para constatar esa inestabilidad climática con un mayor aporte de las granulometrías gruesas y su degradación a lo largo de la transición Pleistoceno-Holoceno.

Los datos obtenidos de los análisis de determinación de Carbono Orgánico y Carbono y Nitrógeno han dado resultados de crecimiento progresivo a techo del porcentaje de Carbono en las muestras analizadas de la secuencia estratigráfica.

Los datos mineralógicos y geoquímicos presentan composiciones similares en toda la secuencia, coincidentes con la composición del sustrato rocoso y apuntan a un origen homogéneo de la matriz sedimentaria de las unidades estratigráficas del yacimiento, debido a la erosión de los materiales rocosos que componen el abrigo y la ladera adyacente.

Los datos obtenidos tras el análisis de componentes principales (PCA) han permitido definir que podría indicar la variabilidad en el aporte de Ca (calcita de tobas, y/o cenizas) observado en todos los análisis realizados. Además estaría correlacionado negativamente, como es normal, con el aporte de sedimentos terrígenos de escorrentía superficial. En este sentido se aprecian 2 intervalos terrígenos entre 275 y 210 cm (con un máximo en ca. 250 cm, aprox. 9,4 Kyr) y entre 150 y 190 cm (aprox. 8,5-6,6 kyr) . Más calcita tobácea indicaría fases húmedas donde las surgencias kársticas encima del abrigo tendrían caudal de agua. Como ocurre en las fases de final del Pleistoceno. En fases holocénicas aparece reflejado un mayor contenido en carbón, será un mayor uso de hogares, y eso tal vez denote una mayor intensidad en la ocupación

Los rasgos micromorfológicos de las distintas unidades son en general semejantes, y están básicamente caracterizadas por la presencia de abundantes rasgos pedogénicos como la presencia de bioturbaciones y restos de raíces, así como agregados calcíticos y excrementos derivados de la actividad de gusanos o la presencia de caracoles terrestres, junto a un alto contenido en materia orgánica. Estas características, permiten interpretar las distintas unidades como una secuencia de suelos agradantes formada por el desarrollo y amalgamación de suelos vegetados sobre los sedimentos derivados del sustrato rocoso. La actividad biogénica es muy extendida, quedando claro que los depósitos no están en condiciones originales, debido a que hay cierto grado de desplazamiento vertical y lateral de los artefactos que no se puede olvidar. Además el desplazamiento original también puede tener que ver con la ocupación humana. El grado de modificación post-deposicional queda reflejado en todas las unidades estratigráficas (bioturbaciones). En consecuencias estos sedimentos arqueológicos se verán removidos (aunque no de una manera significativa), tanto en convivencia con estos grupos humanos como tras su abandono y a lo largo de su historia sedimentaria. Es por todo ello que se observa en los niveles de finales del Pleistoceno una pérdida en la información arqueológica.

Tras estos análisis se puede constatar que la actividad antrópica es mucho más intensa y continuada en las unidades mesolíticas que en las magdalenenses. Observándose también pérdida del material orgánico fruto de la actividad antrópica, al reemplazarse por el material de carbonatos en diferentes grados (inicial y final) que hay que tomar en cuenta a la hora de catalogar el material arqueológico. A pesar de ello, estas diferencias podrían obedecer a distintos tipos de pautas de ocupación humana, en cuanto a intensidad y actividades realizadas por estas comunidades humanas, del abrigo de Atxoste durante los finales del Magdalenense y el Mesolítico.

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones.....	379
6.2 Consideraciones finales y perspectivas de futuro.....	387
6.2.1 <i>Consideraciones finales</i>	387
6.2.2 <i>Perspectivas de futuro</i>	388

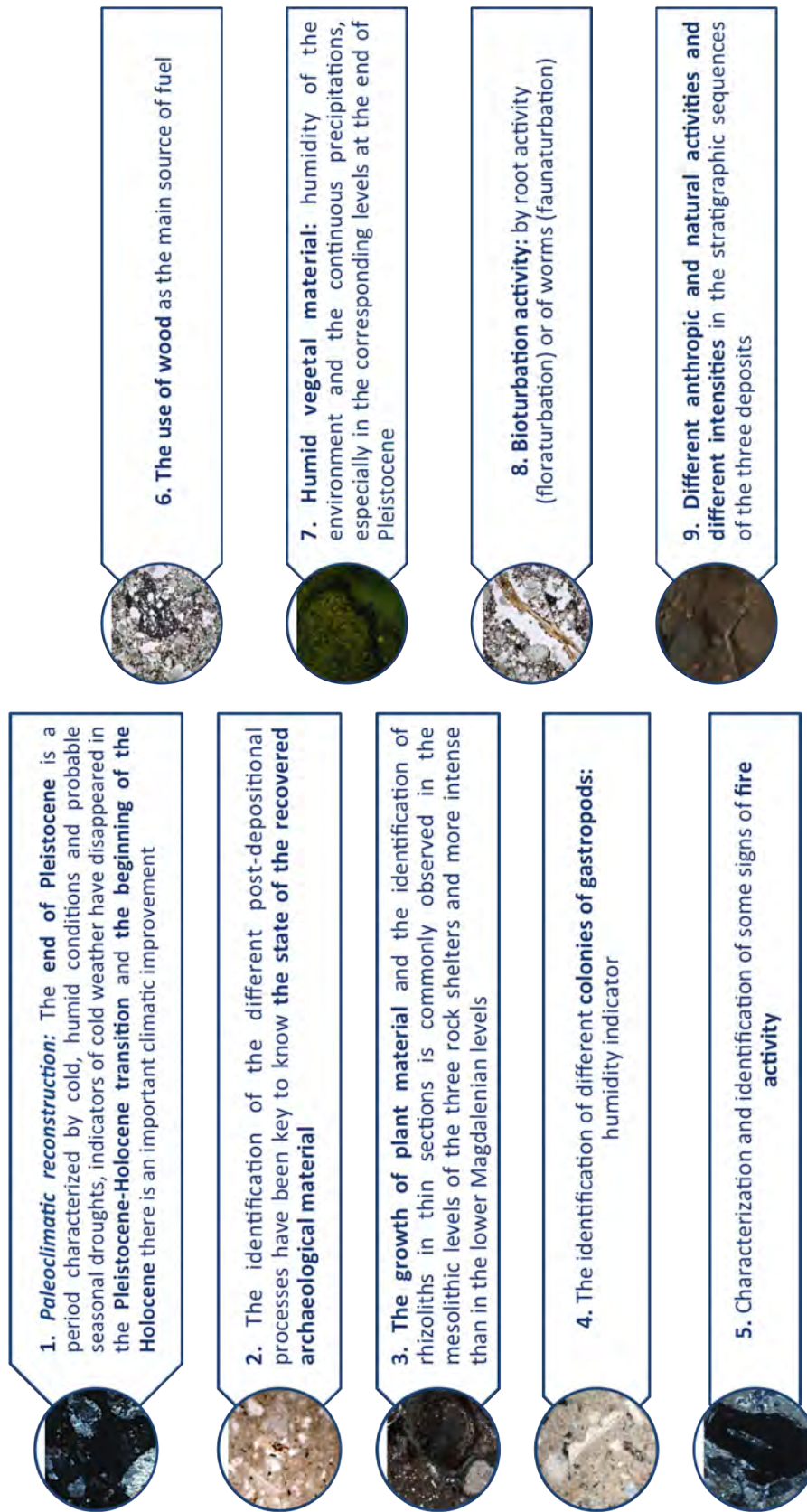


Figura 158 Principales resultados obtenidos del análisis geoarqueológico de los tres yacimientos de Socuevas, Martinarri y Atxoste

6.1 Conclusiones

Como señalábamos al comienzo del proyecto de esta tesis doctoral la geoarqueología se ha convertido en las dos últimas décadas en una disciplina cuyo valor ha sido ampliamente reconocido por los investigadores que indagan el pasado del ser humano (Stoops, 2003; Macphail *et al.*, 1994; Matthews, 1995; Matthews *et al.*, 1997a; Goldberg *et al.*, 2001 y Golberg y Macphail, 2006). Entender el contexto sedimentario y sus implicaciones es un requisito necesario para desarrollar estudios arqueológicos modernos e interpretar el registro arqueológico de manera completa y precisa. Además cabe señalar una valoración positiva de la consistencia e integridad de las divisiones estratigráficas realizadas durante los procesos de excavación (Alday, 1995; Alday, 2006a; Alday y Cava, 2009a; Cava *et al.*, 2009; Soto, 2014 y Perales, 2015) y que sustentan a todas las unidades culturales definidas en este trabajo.

Los objetivos expuestos al comienzo del proyecto de esta Tesis Doctoral se han ido desarrollando con una serie de conclusiones que expondremos a continuación. Es por ello que damos a conocer la evolución de la relación ser humano-medio ambiente en los tres yacimientos estudiados con el fin de aportar claves críticas para el futuro y para otros contextos arqueológicos. Del mismo modo, se ha interpretado la información paleoecológica, al igual que la información arqueológica, siendo de gran importancia también un detallado conocimiento del contexto pedosedimentario y geomorfológico derivado de estudios geológicos.

Gran parte de la información ha sido caracterizada a escala macroscópica a través de los estudios del yacimiento durante los procesos de excavación así como por el posterior catálogo de los restos encontrados. Además la caracterización de las unidades estratigráficas según su composición, textura, litología, disposición y coloración son claves para el buen entendimiento de nuestra historia sedimentaria. Sin embargo, hay varios eventos discretos relacionados con la formación del sitio y la sedimentación antrópica que se registran preferentemente a nivel microscópico (Courty *et al.*, 1989; Goldberg, 1983 y Golberg y Macphail, 2006) y no son perceptibles a escala macroscópica.

La caracterización geoarqueológica de las secuencias estratigráficas de los abrigo de Socuevas, Martinarri y Atxoste ha permitido la identificación de los diferentes procesos de formación de los tres yacimientos con el fin de saber su historia sedimentaria (Fig. 158 y Fig. 159). Además las observaciones macroscópicas y microscópicas han permitido secuenciar cada unidad estratigráfica e identificar los procesos de formación naturales, la intensidad de la actividad antrópica y los procesos post-deposicionales que modifican el estado primario de los sedimentos.

Los datos geoarqueológicos obtenidos nos han permitido obtener datos para proponer la evolución paleoambiental y controles de cambios ambientales de las regiones estudiadas a lo largo del final del Pleistoceno y del inicio del Holoceno. La

evolución formativa de los sedimentos y la evolución paleoambiental propuestas aportan información inédita sobre una región de gran importancia arqueológica (Alto Valle del Ebro). La cada vez más amplia red de yacimientos con similares cronologías y enmarcados en el contexto del Alto Valle del Ebro se relaciona a los focos principales de transiciones entre el Pleistoceno-Holoceno. En consecuencia se han identificado abundantes evidencias arqueológicas de gran interés para el estudio de la transición desde las sociedades cazadoras-recolectoras a las primeras sociedades agrícolas y ganaderas neolíticas. En este sentido son numerosos los autores que han reivindicado la importancia de integrar factores ambientales para el correcto entendimiento de estos periodos de transición que posteriormente llevó a los grupos cazadores-recolectores, es decir, a la neolitización (Barton *et al.*, 2004 y Berger y Guilaine, 2009). Por lo tanto, es necesario adoptar una estrategia interdisciplinar, paleoambiental y arqueológica, para entender la relación entre los cambios sociales y ambientales involucrados en este periodo de transición.

Mostramos a continuación los avances más significativos obtenidos tras el análisis geoarqueológico y arqueológico y la comparación de los resultados de ambos para la mejor comprensión de la historia sedimentaria de los yacimientos de Socuevas, Martinarri y Atxoste. Para su realización se ha dispuesto a la integración de todos los resultados en los tres contextos, dando unos resultados que a continuación analizaremos. Es por ello que las hipótesis de partida y los objetivos que han guiado las tareas investigadoras realizadas en este proyecto de investigación han sido solventadas de la siguiente manera (Fig. 158 y Fig. 159):

1. Respecto a la **reconstrucción paleoclimática** hemos comprobado que es difícil proponer una interpretación para los tres yacimientos estudiados y su región adscrita al Alto Valle del Ebro. Hemos intentando casar la sedimentología de los niveles estratigráficos, las dataciones radiocarbónicas y las secuencias cantábricas establecidas por Hoyos (1995) en los yacimientos. Esta situación climática representada en los tres yacimientos hemos podido casar tanto a la antigua terminología palinológica clásica (fases de Hoyos en la Costa Cantábrica), asociada a los Estadios Isotopicos Marinos (MIS 1 y MIS 2) para estas cronologías. Los resultados de la turbera de Portalet2 (Pirineo Central) también deben ser considerados (González-Sampériz *et al.*, 2006).

Tras estas consideraciones iniciales hemos diferenciado tres acontecimientos climáticos para los yacimientos estudiados:

- **El final del Pleistoceno** es un periodo caracterizado por unas condiciones frías, húmedas y con probables sequías estacionales (Pérez, 2012). Se observa una primera pulsación fría adscribible al Oldest Dryas del GRIP que en la Costa Cantábrica se integraría dentro de la fase fría del Cantábrico VII de Hoyos. En el caso de la Costa Cantábrica los niveles con industrias del Magdaleniense Superior adscribibles al Cantábrico VII de Hoyos serían Paloma (Las Regueras, Asturias) 4- 5.1, Entrefoces (Morcín, Asturias) A, Cova Rosa

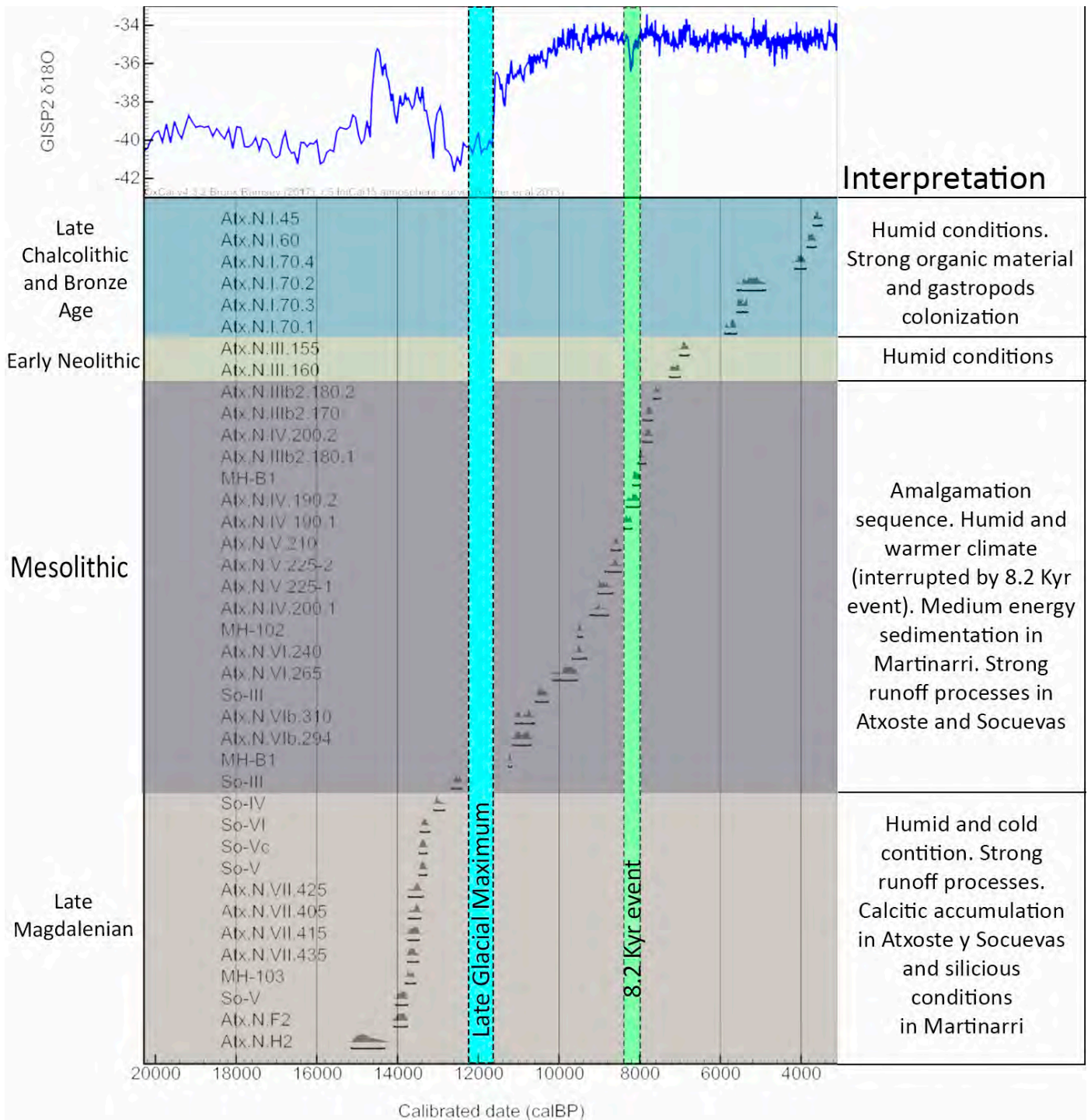


Figura 159 Caracterización de los tres yacimientos (Socuevas, Martinarri y Atxoste) según periodos cronológicos y crono-culturales con programa Oxcal y modificado: interpretación de las condiciones ambientales a lo largo de las secuencias: SO (Socuevas), MH (Martinarri) y ATX (Atxoste)

(Ribadesella, Asturias) B3, Llonín (Peñamellera Alta, Asturias) VIII, Otero (Secadura, Cantabria) 2 a-2b, Pila (Cuchía, Cantabria) 4.1-4.2, Rascaño (Mirones, Cantabria) 2.1, Castillo (Puente Viesgo, Cantabria) 6, Erralla (Zestoa, Gipuzkoa) 3-2 y Berroberria (Urdax, Navarra) E inf (Utrilla y Mazo, 2007). Los yacimientos correspondientes al Norte del Ebro son Forcas (Graus, Huesca) (XIV y XIII d) al nivel 2b de Chaves (Casbas, Huesca) (Hoyos, 1995a; Utrilla, 1995; Utrilla y Mazo, 2007).

La fase Cantábrico VIII se observa como una secuencia fría y húmeda. Los yacimientos de la Costa Cantábrica serían Las Caldas (Las Caldas, Asturias) y en el Valle del Ebro estaría representado en el Prepirineo aragonés, Forcas (Graus, Huesca) XIIIa y X, Chaves (Casbas, Huesca) 2a y Legunova (Biel, Zaragoza) q (Montes, 2004). En el Prepirineo navarro la cueva de Zatoya (Abaurrea Alta, Navarra) y la cueva de Abauntz (Arraiz, Navarra) (Hoyos, 1995a; Utrilla y Mazo, 2007)

La secuencia Cantábrico IX, se caracteriza por ser una secuencia fría y más seca que la anterior. Para la Costa Cantábrica, Hoyos observa la misma secuencia en Azules (Cangas de Onís, Asturias) 3f y 3d, Riera (Llanes, Asturias) 27, Piélago (Mirones, Cantabria) 4 y Rascaño (Mirones, Cantabria) 1.3. Para el País Vasco serían Urtiaga (Ispaster, Bizkaia) C y Ekain (Zestoa, Gipuzkoa) IV sup. y III inf. En Aragón, Forcas (Graus, Huesca) y el abrigo de Peña 14 (Biel, Zaragoza) d (Hoyos, 1995a; Utrilla y Mazo, 2007). En este abrigo el estudio palinológico registra un momento frío/fresco y árido de fines del Younger Dryas (González-Sampériz, 2004). Todas estas secuencias (Cantábrico VII, VIII y IX) corresponden al final del MIS 2.

Estos hechos han evidenciado procesos de gelifracción (más acusado en Atxoste y Socuevas) alterando los depósitos sedimentarios. En el caso de los yacimientos de Atxoste y Socuevas se han producido una situación sedimentaria diferente a la de Martinarri, el complejo crioclástico, en el que una serie de niveles de clastos y de bloques (de mayor o menor tamaño dependiendo de la embergadura del complejo) se suceden en una matriz terrosa con unos niveles inferiores inicialmente arenosos. Estos procesos correspondientes a la última fase del Pleistoceno coinciden con lo descrito e identificado en las diferentes fases estratigráficas superiores en la cueva de Arrillor (Zigoitia, Álava) (Hoyos *et al.*, 1999), aunque teniendo en cuenta que en el caso de los yacimientos analizados en esta Tesis son abrigos más expuestos a alteraciones climáticas.

- Sin ruptura en la sedimentación se depositan sedimentos, en los tres yacimientos estudiados, que corresponden a un momento climático en el que prácticamente los indicadores de clima frío han desaparecido y las características de los aportes de finos se mantienen, **transición Pleistoceno-Holoceno**. A la vez se produce la caída esporádica de bloques aislados, que deben corresponder con los últimos bloques inestables (que en el caso del yacimiento Martinarri es casi inexistente), favorecida por las heladas de la etapa anterior. En la parte superior de los niveles de los tres yacimientos se ha identificado a una mayor entrada de elementos finos alóctonos con granulometría más

grosera, así como la presencia de abundantes huellas de bioturbación. La precipitación observada por la presencia de carbonatos secundarios y la mayor alteración de los granos de litología caliza en el caso de Atxoste, se interpreta como formado bajo condiciones de clima húmedo, con cierto grado de estacionalidad en las precipitaciones. Todo ello coincide con lo observado en yacimientos contiguos como son el subnivel N-II.2 de la cueva de Zatoya (Abaurrea Alta, Navarra) y la cueva de Arrillor (Zigoitia, Álava) (Hoyos, 1979, 1980 y 1989 y Hoyos *et al.*, 1999). En resumen, se considera formado este nivel bajo condiciones ambientales templadas y húmedas, con mayor estacionalidad a techo.

- Tras este periodo de transición llega otro de los acontecimientos climáticos: **el comienzo del Holoceno** (ca. 9500-6700 cal BC). Este periodo ha sido identificado en registros sedimentarios de muy diversa índole (Bradley, 1999; Burroughs, 2005). Se trata de un periodo donde hay una importante mejoría climática, con un aumento de las temperaturas, un descenso de las precipitaciones pero el mantenimiento de la humedad, siendo además este proceso bastante rápido (Amman *et al.*, 2000; Rasmussen *et al.*, 2006). Estas variaciones climáticas facilitan la recuperación vegetal, que se encuentra en apogeo, al coincidir con el óptimo climático. Con ello, nos encontraríamos en la fase Cantábrico X de Hoyos (1995a), correspondiente al MIS 1. Así lo han demostrado los diferentes análisis palinológicos y carpológicos (Pérez, 2012 y Ruiz Alonso, 2014). El estudio realizado en torno al paisaje vegetal en ésta región también lo avala.

Esta situación ambiental novedosa se manifiesta en parte por la progresiva e intensa expansión de la masa arbórea (Pérez, 2012; Ruiz Alonso, 2014 e Iriarte-Chiapusso *et al.*, 2016). Todavía está escasamente documentada, a nivel paleoambiental, en la región del Alto Valle del Ebro. Los estudios y registros realizados se encuentran muy cercanos geográficamente entre sí, todos ellos en la zona de transición climática (Valles Subatlánticos y Submediterráneos) (Iriarte-Chiapusso, 1998; Zapata, 2002 y Sánchez Goñi, 2004).

En el yacimiento de Atxoste, ante la ausencia de un estudio palinológico tanto en este yacimiento como en el de Socuevas y Martinarri, los datos paleoambientales proceden del análisis antracológico (Ruiz Alonso, 2014). Desde los primeros momentos del Holoceno el principal combustible utilizado era la madera de pino, junto con quercíneas caducifolias y marcescentes (*Quercus subg. Quercus*). Según los estudios antracológicos realizados se puede describir el entorno con un dominio paisajístico de las formaciones boscosas, compuestas fundamentalmente por caducifolios.

En la Llanada Alavesa tenemos el yacimiento de Kukuma (Araia, Álava) (Baldeón y Berganza, 1997). El estudio palinológico parece indicar la escasa presencia de bosques, a pesar de que hemos mencionado esa mejoría climática que propicia la expansión arbórea. Sin embargo, todo ello puede ser explicado por su localización topográfica (roquedo calizo de la Sierra de Altzania), donde casi no existen superficies con suelos desarrollados propicios para el desarrollo de masas forestales de entidad (Pérez,

2012). El estudio antracológico desarrollado parece indicar la misma situación (Zapata Peña, 1997), con la identificación de restos de carbón de taxa caducifolios (avellanos y quercíneas caducifolias y marcescentes), aunque los restos son muy escasos.

El yacimiento de Mendandia (Sáseta, Treviño, Burgos), los estudios palinológicos y antracológicos sugieren la existencia de importantes masas forestales a inicios del Holoceno (Zapata Peña y Peña Chocarro, 2005a e Iriarte, 2006). Los datos procedentes de los niveles correspondientes al Mesolítico microlaminar, Mesolítico campinoide y Mesolítico con geométricos nos confirman el predominio casi absoluto de madera carbonizada de pino, junto con valores muy reducidos de quercíneas caducifolias. El diagrama polínico de Mendandia muestra, en estas fechas, la existencia de un bosque mixto, en el que el avellano alcanzaba más importancia que las quercíneas caducifolias, abedules, tilos, tejos y sauces (Iriarte, 2006). En el registro palinológico ha quedado reflejado la presencia del pino pero con escasa importancia porcentual (ca. 7%), evidenciando posiblemente su presencia a escala regional (Pérez, 2012).

Por último el estudio palinológico realizado en el yacimiento de Kanpanoste (Vírjala, Álava) y muy cercano al anterior, refleja las similitudes entre ambos yacimientos tanto en su carácter vegetal como ambiental (Sánchez Goñi, 2004).

Por lo tanto el estudio realizado (a falta de más datos palinológicos y antracológicos) respalda las características ambientales de los yacimientos contiguos a los estudiados en esta Tesis Doctoral. También hay que tener en cuenta que para realizar una buena reconstrucción paleoambiental tenemos que considerar la localización, el tipo y el entorno de cada yacimiento.

2. La identificación de los diferentes procesos post-deposicionales han sido claves para **conocer el estado del material arqueológico recuperado** durante los trabajos de excavación así como entender qué ha ocurrido con el material que no se ha encontrado a escala macroscópica. El carácter detrítico de los sedimentos es latente en todos los niveles estratigráficos. Las características de bioturbación se han identificado tanto a escala macroscópica como microscópica viéndose como una fuente clave en la modificación de los procesos de formación naturales de los sedimentos. Se han observado una intensidad en la actividad tanto de raíces y material vegetal, así como actividad de lombrices (biogalerías). Esta actividad remueve los sedimentos con un aumento del carácter poroso de las muestras y presencia de canales. La rotura, desgaste y condición de mala conservación de muchos de los restos óseos, conchas de gasterópodos y carbones es debido a los procesos post-deposicionales, muy intensos y fuertes a lo largo de las secuencias de los tres yacimientos. Pero además se ha identificado la continua humedad en toda la secuencia sedimentaria, muy latente en el material orgánico analizado (elementos húmicos). Sobre todo en los niveles pertenecientes a la secuencia de finales del Pleistoceno.

3. El crecimiento del material vegetal y la identificación de rizolitos en las láminas delgadas es comúnmente observado en los niveles mesolíticos de los tres abrigos y más intenso que en los niveles inferiores magdalenienses, lo que nos indica que las condiciones en los inicios del Holoceno eran óptimas para el crecimiento y pervivencia del material vegetal, siendo muchos de los niveles colonizados por plantas y expuestos durante un largo periodo en la superficie. Sin embargo, en los niveles magdalenienses se han identificado unas unidades estratigráficas totalmente calcáreas y en el caso del yacimiento de Martinarri silíceas. Las continuas caídas de elementos gruesos de la pared y techo de las paredes de los abrigos de Socuevas y Atxoste son latentes en su historia sedimentaria de finales del Pleistoceno. Se han observado diferentes acumulaciones calcíticas de la disolución de la roca madre, así como por la actividad del material vegetal. Este último elemento es incompatible con las condiciones calcáreas de las unidades, ya que en muchas ocasiones el elemento calcáreo reemplaza al elemento vegetal.

4. También cabe destacar la identificación de diferentes **colonias de gasterópodos** en muchos de los niveles estratigráficos de los tres yacimientos analizados. No aparecen tratados térmicamente por lo que da la sensación que su presencia es natural y por la naturaleza húmeda del clima tanto a finales del Pleistoceno como los inicios del Holoceno (sobre todo en Atxoste).

5. El grado de conservación del material antrópico (huesos, carbones, cenizas, etc.) identificado en el estudio a escala microscópica se ha revelado como no óptimo en general en todas las unidades estratigráficas. A pesar de ello se ha podido caracterizar e identificar a algunos signos **de actividad de fuegos**. En el caso de Atxoste, en la unidad VIIc se han identificado residuos de incendios no perturbados (a escala microscópica en el estudio de láminas delgadas), como caso excepcional. Sin embargo, en todos los yacimientos se han identificado una serie de estructuras de combustión bien delimitadas y consolidadas a escala macroscópica.

6. Por otra parte, la preservación de los pseudomorfos de madera dentro de las cenizas calcáreas en las diferentes unidades estratigráficas atestiguan **el uso de la madera** como principal fuente de combustible, observándose la presencia de elementos herbáceos mucho menos abundante. La abundancia de fragmentos de carbón muestra que las condiciones de oxidación del fuego no eran suficientes para una quema completa de los restos de madera o temperaturas bajas/medias por debajo de los 600°C (Mallol *et al.*, 2007). Además se ha identificado el carácter húmico de los carbones por lo que no estaban totalmente secos a la hora de la quema de los elementos, esto es que las condiciones del fuego no eran totalmente óptimas para su quema total. En cualquier caso sigue siendo necesario un estudio completo de las especies arbóreas y el entorno vegetal de los yacimientos. La alteración observada en los indicios de actividad de combustión se debe principalmente a la perturbación mecánica de la misma por la bioturbación (lombrices y raíces), asociada al suelo en estas unidades estratigráficas, con una leve diagénesis en todas las unidades estratigráficas. Se ha podido identificar en

todas las secuencias con presencia de fuegos, un barrido de la estratificación del fuego (exceptuando en el nivel VIIc de Atxoste). Hay una dispersión del material adosado a las actividades de combustión. El elemento calcáreo es fundamental ya sea proveniente de manera natural o bien por la presencia de cenizas. También hemos observado una disolución y alteración de las cenizas que aparecen removidas entre los sedimentos de una manera aleatoria, por lo que su posición es secundaria y no primaria. Estas cenizas aparecen acumuladas junto con los sedimentos y cantos, de arenisca y de caliza, rubefactados. Los restos de fuego (como carbones y huesos quemados) serían igualmente reelaborados. Todos estos elementos adosados a actividad con fuegos aparecen de un modo detrítico e incorporado a la matriz sedimentaria. Este estado del material parece obedecer al removido del material y de los sedimentos por varias vías:

- **Biológica:** debido a la actividad de bioturbación (gusanos y raíces). En consecuencia removerían los sedimentos de su estado primario así como de todos los materiales que se asocian a la actividad antrópica (Aldeias, 2012).

- **Antrópica o de fauna:** debido al pisoteo (o *trampling*) de los sedimentos correspondientes a los diferentes niveles estratigráficos. También se baraja la posible limpieza de los suelos para su posterior utilización así como la extinción del fuego creado. La eliminación por lo tanto de las actividades pasadas. Podría ser debido por tanto al depósito o al desecho del desperdicio o el material no deseado de actividades realizadas en diferentes momentos (Miller *et al.*, 2010).

7. Los análisis geoarqueológicos han identificado materiales que *a priori* parecían de combustión, como carbones, que realmente no son fruto de actividades de combustión. Este material se trata de **material vegetal humificado**. Aparece con una coloración negruzca y deshecho. Este hecho es debido a la humedad del ambiente y las continuas precipitaciones, sobre todo en los niveles correspondientes a finales del Pleistoceno. Está claro que estos grupos humanos realizaban tareas y su día a día en un abrigo casi sin cobertera (exceptuando el abrigo de Martinarri). Pero seguramente con el fin de alargar la zona a resguardo pondrían una especie de cobertera natural (madera, etc.). Todo ello es atestiguado por una serie de agujeros de poste encontrados en los yacimientos. En Martinarri se puede observar la acumulación de carbonato cálcico en los niveles magdalenenses finales debido al continuo goteo de agua en los límites de la visera del abrigo, debido a ello seguramente colocaron una serie de lajas de arenisca para achicar el agua que se acumularía en la zona interna del yacimiento. En el caso de Atxoste se puede observar en el carácter degradado de la caliza que podría venir de las continuas precipitaciones de la zona superior del abrigo y posibles percolaciones de agua (aunque muy someras) cuando el río contiguo sufría las mayores crecidas del cauce.

8. En los tres yacimientos han sido identificado similares deposiciones de los sedimentos así como los procesos post-deposicionales caracterizados por **la actividad de bioturbación** bien sea por actividad de raíces (floraturbación) o de gusanos

(faunaturbación). Por lo general toma la forma de acumulación y oxidación de materia orgánica, y la precipitación y disolución de diversos minerales en los sedimentos, incluyendo los huesos. El proceso más común es la precipitación de carbonato de calcio (Gillieson, 1996; Hill y Forti, 1997 y Golberg y Macphail, 2006).

9. Por último se han identificado **diferentes actividades antrópicas y naturales y diferentes intensidades de las mismas** en las secuencias estratigráficas de los tres yacimientos. En el caso de los niveles de finales del Pleistoceno son suelos menos orgánicos y con menos intensidad en la actividad antrópica pero también puede haber sufrido la desaparición parcial del material orgánico procedente de la actividad humana. Este material orgánico de origen natural o antrópico no es compatible con el carácter calcáreo de los sedimentos. Sin embargo, hay un aumento considerable de estos materiales en los inicios del Holoceno, en todas sus fases del Mesolítico. Todo ello obedece a la mejora del clima sin perder su carácter húmedo. Por otro lado también se puede deber al uso más intensivo y/o continuo de estas localizaciones por grupos humanos. La transición cuenta con un periodo de inestabilidad climática con aportes a los sedimentos de fracciones gruesas procedentes de pared y techumbre del abrigo. En el caso del abrigo de Martinarri casi no es perceptible a escala macroscópica mientras que a escala microscópica se observa la degradación de la roca arenisca que se ve incorporada a los sedimentos. El final del Pleistoceno viene acompañado de un periodo frío y con una humedad acusada. Por tanto estas diferencias entre los dos periodos cronológicos que hemos analizado podrían obedecer a distintos tipos de pautas de ocupación humana, en cuanto a intensidad y actividades realizadas por estas comunidades humanas, del abrigo de Socuevas, Martinarri y Atxoste durante los finales del Magdaleniense y el Mesolítico.

6.2 Consideraciones finales y perspectivas de futuro

6.2.1 Consideraciones finales

En los últimos veinte años se ha dado un progresivo aumento del conocimiento sobre los grupos humanos de finales del Magdaleniense y del Mesolítico en el Alto Valle del Ebro. Gracias a los intensos trabajos de campo, diversos estudios interdisciplinarios y avances metodológicos que se han dado en estas últimas décadas. Así se ha avanzado en el establecimiento de una evolución crono-cultural del periodo, así como en la caracterización de los patrones de poblamiento y de su economía (Alday, 1995; Alday, 2006a; Alday y Cava, 2009a; Cava *et al.*, 2009; Alday y Cava, 2010; Alday and Cava, 2010; 2011a; 2012a y Soto, 2014). Por lo que remarcamos la utilidad del método geoarqueológico como clave y fundamental para el buen entendimiento de los yacimientos arqueológicos. Podemos por tanto extrapolarlo a diferentes espacios geográficos y marcos cronológicos. Queda patente que la Geoarqueología es una parte fundamental de la investigación arqueológica moderna (Waters, 1992).

Por último, remarcar que este estudio centrado en la Cuenca del río Ebro presenta una gran heterogeneidad en las variables debido, sobre todo, a su gran recorrido y extensión, así como a su dualidad climática tanto continental como mediterránea. Todo ello marca la personalidad del Alto Valle del Ebro, que condicionará, a su vez, las pautas de actuación y de participación de las comunidades humanas prehistóricas. En consecuencia, esta región se considerará como óptima en la obtención de recursos, así como un punto estratégico en el control de la región. Por ello, ha sido importante la realización de un estudio geoarqueológico en la zona comparando diferentes depósitos y planteando un trabajo de experimentación futura que podamos correlacionar con la realidad prehistórica. Otro asunto es el reconocimiento de las claves de los cambios climáticos en el periodo de estudio: ha sido fundamental la comparativa con otros enclaves arqueológicos, tanto de zonas cercanas a los yacimientos de estudio como alejadas.

En resumen, podemos decir, que todos los resultados obtenidos del estudio, de la observación y de la comparación revelan un progreso significativo para el mejor conocimiento de las sociedades pasadas y ha mostrado la diversidad y la complejidad de los grupos humanos prehistóricos. Aún así, quedan muchas cuestiones que resolver y contrastar con el fin de acercarnos a la realidad de la transición Pleistoceno-Holoceno en esta región.

6.2.2 Perspectivas de futuro

Como apunte final del largo camino recorrido no nos podemos olvidar que este estudio puede ser complementado y completado con diferentes metodologías, estudios y casos. Las lagunas y vacíos que nos quedan en la parte del estudio de la masa arbórea y vegetal está en proceso de estudio en los tres yacimientos por lo que es muy interesante que una vez establecidos y realizados se pueda completar el estudio realizado para el mejor conocimiento del entorno vegetal de los tres yacimientos. Muchos de los elementos identificados en el estudio subrayan la necesidad de este tipo de disciplinas que complementan los diferentes estudios realizados en torno al yacimiento arqueológico.

En el caso del yacimiento de Martinarri se han extraído más muestras de sedimento suelto y compacto que no han sido estudiadas y analizadas debido a que los procesos de excavación han sido finalizados recientemente y parte del estudio del material y de la estratigrafía están en proceso de estudio.

Nos falta realizar un programa experimental al respecto de los resultados obtenidos. Un desarrollo metodológico de esas características redundaría en un mejor conocimiento de los procesos de formación en diferentes condiciones climáticas,

6. Conclusiones

geográficas y cronológicas, por lo que nos proponemos realizar una serie de sondeos en lugares del Alto Valle del Ebro no arqueológicos. Esta parte del proyecto es novedoso, lo que necesitamos para avanzar en el conocimiento del periodo. Las últimas investigaciones enfatizan las ausencias documentales de buena parte del área de estudio, lo cual tiene que ver con problemas tafonómicos y de sedimentación (Gonzalez-Samperiz *et al.*, 2009; García Martínez de Lagrán *et al.*, 2015; Iriarte-Chiapusso *et al.*, 2016 y Montes *et al.*, 2016 y Gonzalez-Samperiz *et al.*, 2017). Por lo tanto, lo que se pretende es caracterizar el registro sedimentario de la transición, para ver dónde están esos suelos, qué potencial arqueológico pudieran tener y cómo orientar al arqueólogo; también para reconocer el clima y los paisajes y reflexionar sobre si esto condicionó o no la respuesta humana hasta el punto de abandonar el área. Ello sería muy interesante para compararlo con lo observado durante el estudio realizado. Debido a los buenos resultados obtenidos durante este estudio para el mejor entendimiento de la historia sedimentaria de los yacimientos, queda recalcado nuestro interés en una apertura y expansión tanto geográfica como cronológica. Sobre todo es interesante en el contexto del Alto Valle del Ebro, una región en expansión y conocimientos de una amplia red de yacimientos susceptibles de identificar y comparar.

Además sería interesante armonizar más datos con el área cantábrica cuyos estudios, desde el Doctor Manuel Hoyos Gómez, están bastante más avanzados (en nuestra área hay un gran hueco de desconocimiento). Por lo mismo ajustariamos los datos con lo que se está extrayendo en áreas más orientales, gracias al estudio de lagos por el equipo de la Doctora Penélope González-Sampériz en Zaragoza.

Por último, se plantea la máxima divulgación de este estudio con el fin de llegar a un mayor público y remarcar la importancia que tiene esta investigación para la mejor comprensión y conservación del patrimonio arqueológico de la región del Alto Valle del Ebro en cronologías del finales del Pleistoceno e inicios del Holoceno.

Me gustaría terminar este estudio parafraseando a Colin Renfrew:

“(...) because archaeology recovers almost all its basic data by excavation, every archaeological problem starts as a problem in geoarchaeology” (Renfrew, 1976:2).

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

APPENDIX

APPENDIX: CHAPTER 3.....	393
APPENDIX: CHAPTER 4.....	397
APPENDIX: CHAPTER 5.....	403

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

APPENDIX: CHAPTER 3

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

Unit	Samples	Depth (cm)	Sample Type	Textural Group	Sediment name	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
II	SO-1d	190	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
II	SO-1c	200	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
III	SO-1b	210	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
III	SO-1a	220	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
Va	SO-5b	280	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
Vb	SO-5a	305	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
Vc	SO-4a	320	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
VI	SO-3b	340	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
VII	SO-3a	350	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
VII	SO-2b	370	Bimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
VII	SO-2a	380	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Leptokurtic

Table A1 Granulometric data of the samples SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d

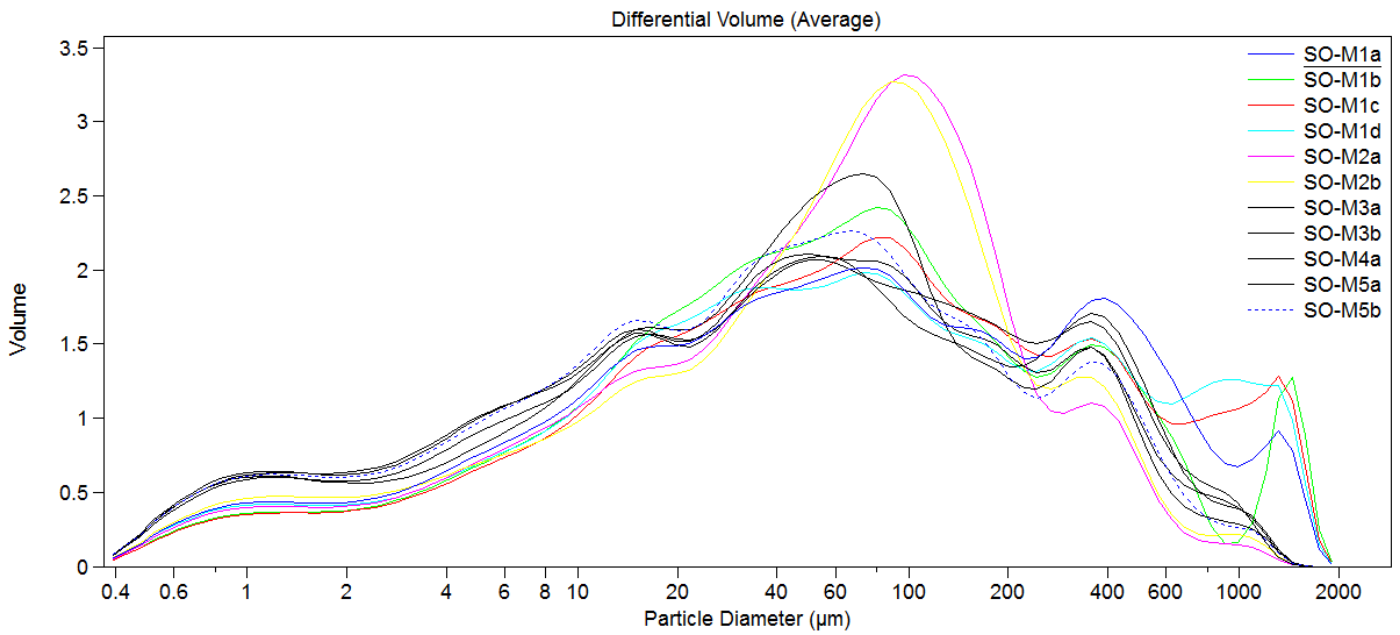


Figure A2 Granulometric data treated in LsCoulter program of the samples SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d

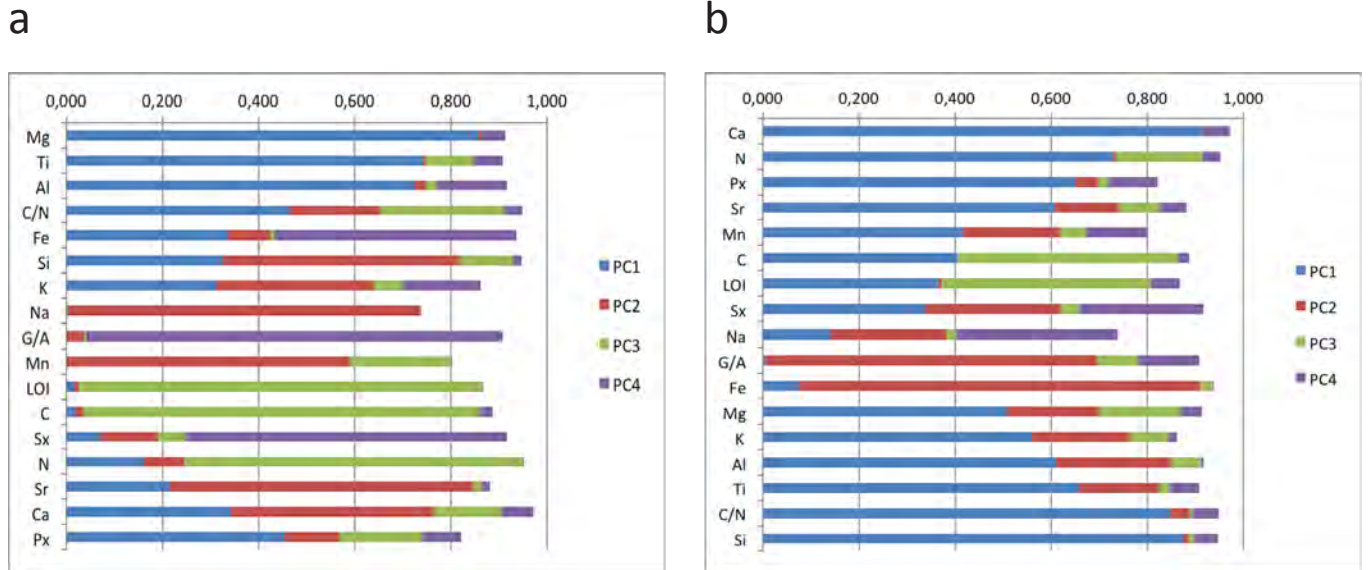


Figure A3 Graphs with the data of the principal components: **a)** Component matrix of the samples SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d and **b)** Rotated component matrix of the samples SO-2a-b, SO-3a-b, SO-4a, SO-5a-b and SO-1a-d

APPENDIX: CHAPTER 4

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

Appendix: Chapter 4

Unit	Samples	Depth (cm)	Sample Type	Textural Group	Sediment name	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
B1	MH-g	105	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B1	MH-f	115	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-e	125	Bimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
100	MH-d	110	Unimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
101	MH-c	120	Unimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
102	MH-b	130	Bimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
103	MH-a	140	Bimodal, Very Poorly Sorted	Mud	Medium Silt	Medium Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic

Table A1 Granulometric data of the samples MH-a-g

Unit	Samples	Depth (cm)	Sample Type	Textural Group	Sediment name	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
A	MH-E20	85	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
A	MH-E19	90	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Medium Sand	Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
A	MH-E18	95	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
A	MH-E17	100	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
A	MH-E16	105	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
A	MH-E15	110	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B	MH-E14	115	Unimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B	MH-E13	120	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-E12	125	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-E11	130	Bimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
B1	MH-E10	135	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B1	MH-E9	140	Bimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B1	MH-E8	145	Unimodal, Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B1	MH-E7	150	Unimodal, Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Coarse Silt	Coarse Silt	Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B1	MH-E6	155	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
D	MH-E5	160	Unimodal, Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Coarse Silt	Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
D	MH-E4	165	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Platykurtic
D	MH-E3	170	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
D	MH-E2	175	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Fine Sandy Very Coarse Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
D	MH-E1	180	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Fine Sandy Medium Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic

Table A2 Granulometric data of the samples MH-E1-20

Unit	Samples	Depth (cm)	Sample Type	Textural Group	Sediment name	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
A	MH-S21	80	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Medium Sand	Medium Sand	Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
A	MH-S20	85	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
A	MH-S19	90	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
A	MH-S18	95	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
A	MH-S17	100	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
A	MH-S16	105	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
A	MH-S15	110	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B	MH-S14	115	Bimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
B	MH-S13	120	Bimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Coarse Silt	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S12	125	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S11	130	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S10	135	Bimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S9	140	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S8	145	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S7	150	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic
B1	MH-S6	155	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Leptokurtic
D	MH-S5	160	Unimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Leptokurtic
D	MH-S4	165	Bimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
D	MH-S3	170	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
D	MH-S2	175	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Platykurtic
D	MH-S1	180	Bimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Mesokurtic

Table A3 Granulometric data of the samples MH-S1-21

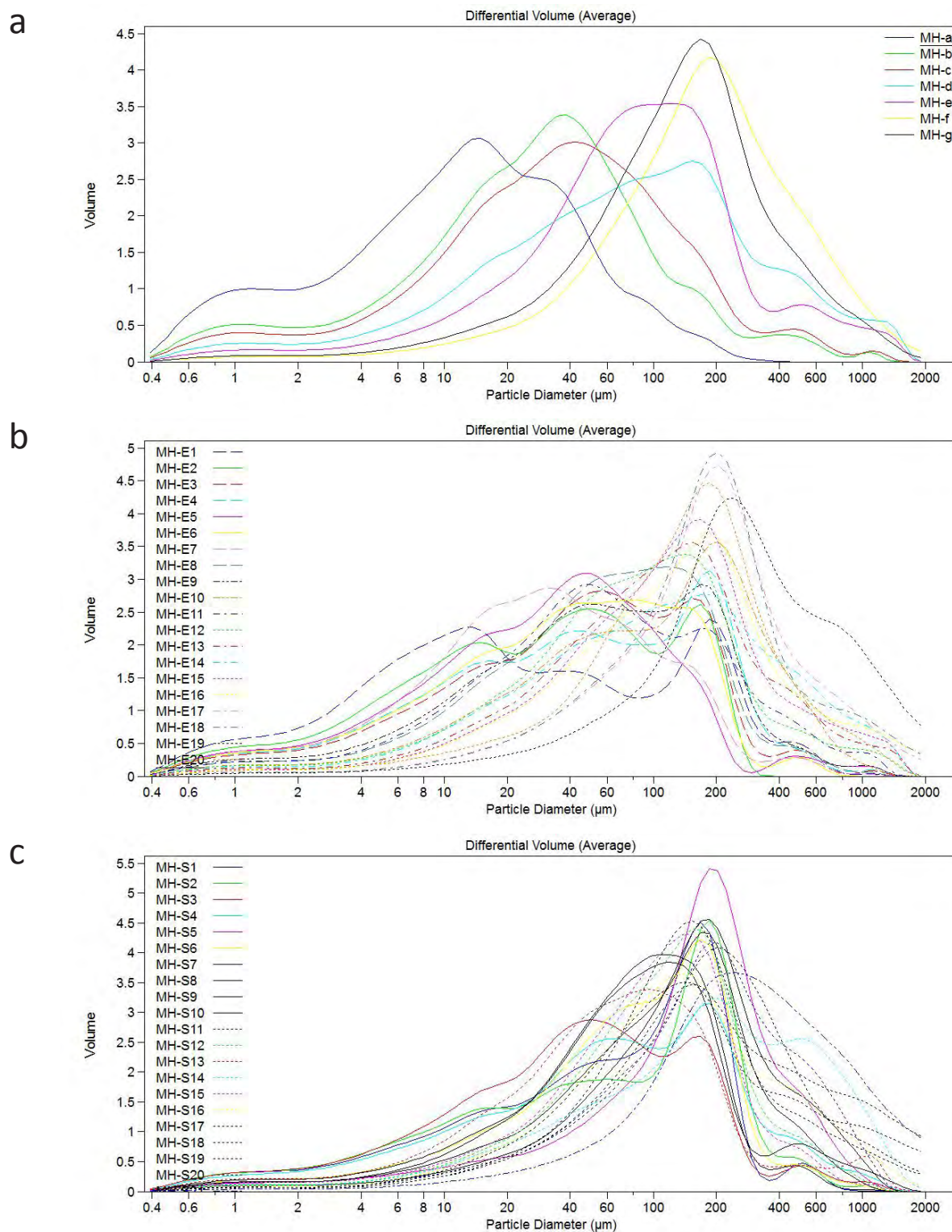


Figure A4 Granulometric data treated in LsCoulter program of the samples: **a)** MH-a-g; **b)** MH-E1-20 and **c)** MH-S1-21

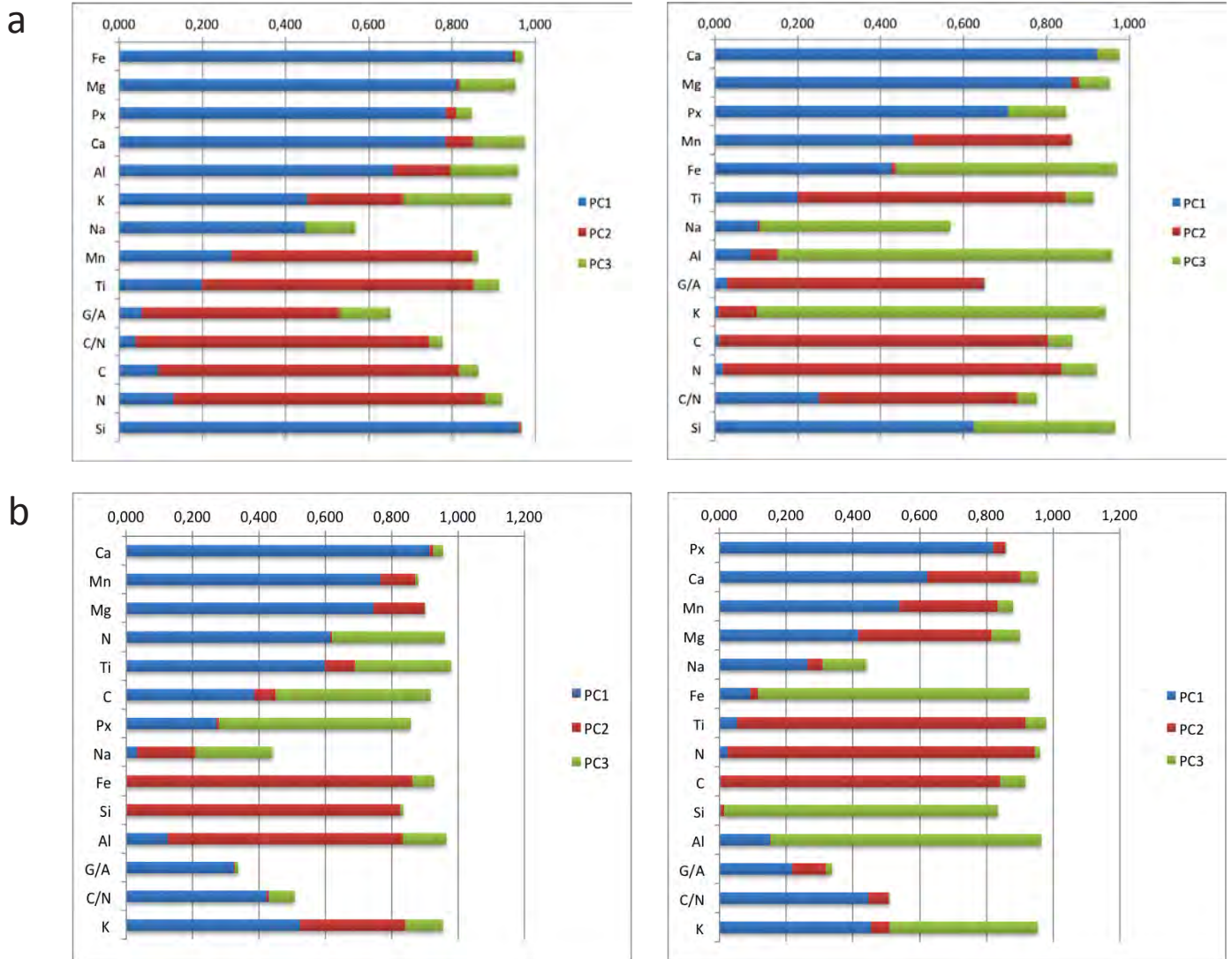


Figure A5 Graphs with the data of the principal components: **a)** Component matrix and rotated component matrix of the samples MH-E1-20 and **b)** Component matrix and rotated component matrix of the samples MH-S1-21

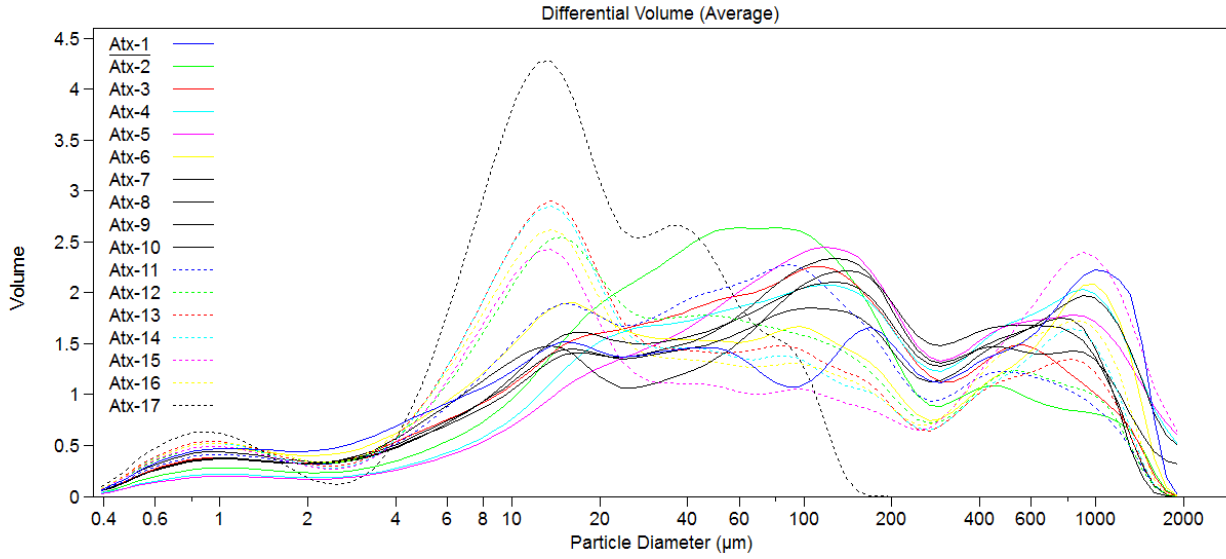
APPENDIX: CHAPTER 5

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

Unit	Samples	Depth (cm)	Sample Type	Textural Group	Sediment Name	Mean	Sorting	Skewness	Kurtosis
IIb	Atx-1	140	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Coarse Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic
IIb	Atx-2	156-160	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
IIb2	Atx-3	160-165,5	Trimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
IIb2	Atx-4	170-175	Trimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic
IIb2	Atx-5	180-185	Bimodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
IV	Atx-6	190	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Coarse Sandy Coarse Silt	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic
V	Atx-7	210	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
V	Atx-8	235	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Very Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
V	Atx-9	250	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Coarse Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Platykurtic
VI	Atx-10	260-265	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Medium Silty Fine Sand	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Platykurtic
VI	Atx-11	285	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
VIb	Atx-12	305	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
VIb	Atx-13	325	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Mesokurtic
VII	Atx-14	350	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Coarse Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Mesokurtic
VII	Atx-15	370	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Coarse Sandy Medium Silt	Very Fine Sand	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic
VII	Atx-16	390	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Coarse Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Platykurtic
VII	Atx-17	410-415	Bimodal, Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Coarse Silt	Poorly Sorted	Symmetrical	Leptokurtic
VII	Atx-18	420-425	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Leptokurtic
VIIb	Atx-19	405-410	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Leptokurtic
VIIb	Atx-20	410-415	Bimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Medium Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Very Leptokurtic
VIIb2	Atx-21	410-415	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Very Leptokurtic
VIIb2	Atx-22	420-425	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Leptokurtic
VIIc	Atx-23	405-410	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Medium Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Very Leptokurtic
VIIc	Atx-24	408-415	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Coarse Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Platykurtic
VIIb2	Atx-25	420	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Coarse Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Platykurtic
VIIb2	Atx-26	440	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Leptokurtic
VIIb2	Atx-27	460	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Leptokurtic
VIIb2	Atx-28	480	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic
VIIb2	Atx-29	500	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Mesokurtic
VIII	Atx-30	510	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Fine Sandy Medium Silt	Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Coarse Skewed	Platykurtic
	Atx-31	3E	Polymodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Medium Sandy Medium Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Symmetrical	Platykurtic
	Atx-32	50E	Trimodal, Very Poorly Sorted	Sandy Mud	Very Fine Sandy Very Coarse Silt	Very Coarse Silt	Very Poorly Sorted	Fine Skewed	Mesokurtic
	Atx-33	AZ rio	Polymodal, Very Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Coarse Sand	Fine Sand	Very Poorly Sorted	Very Fine Skewed	Mesokurtic
	Atx-34	120W	Bimodal, Poorly Sorted	Muddy Sand	Very Coarse Silty Fine Sand	Fine Sand	Poorly Sorted	Fine Skewed	Leptokurtic

Table A1 Granulometric data of the samples Atx-1-34, 3E, 50E, river and 120W

a



b

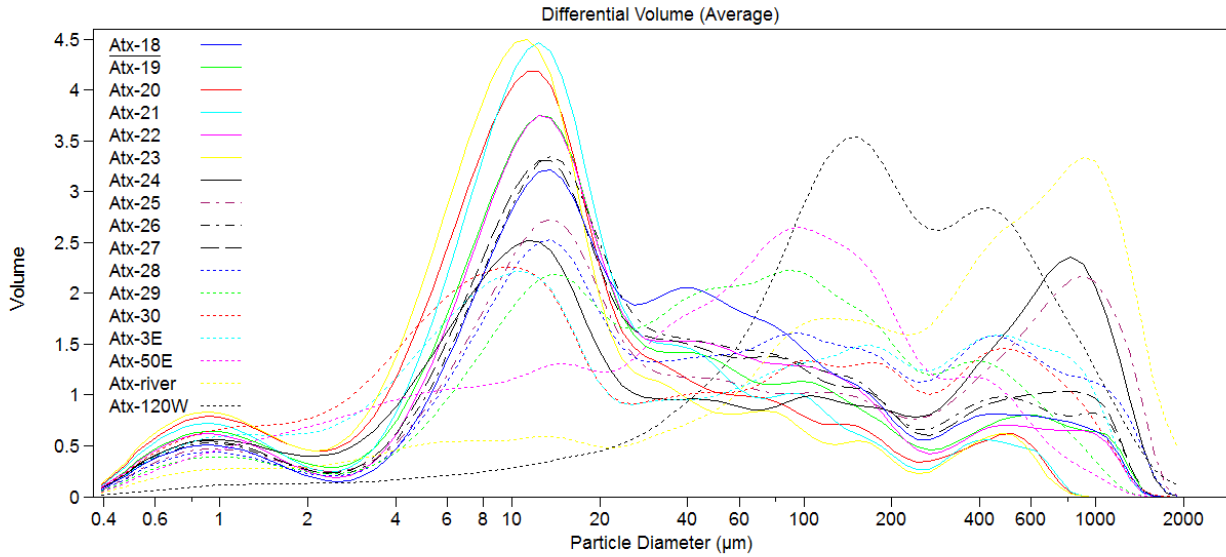


Figure A2 Granulometric data treated in LsCoulter program of the samples: **a)** Atx-1-17 and **b)** Atx-18-34 and 3E, 50E, river y 120W

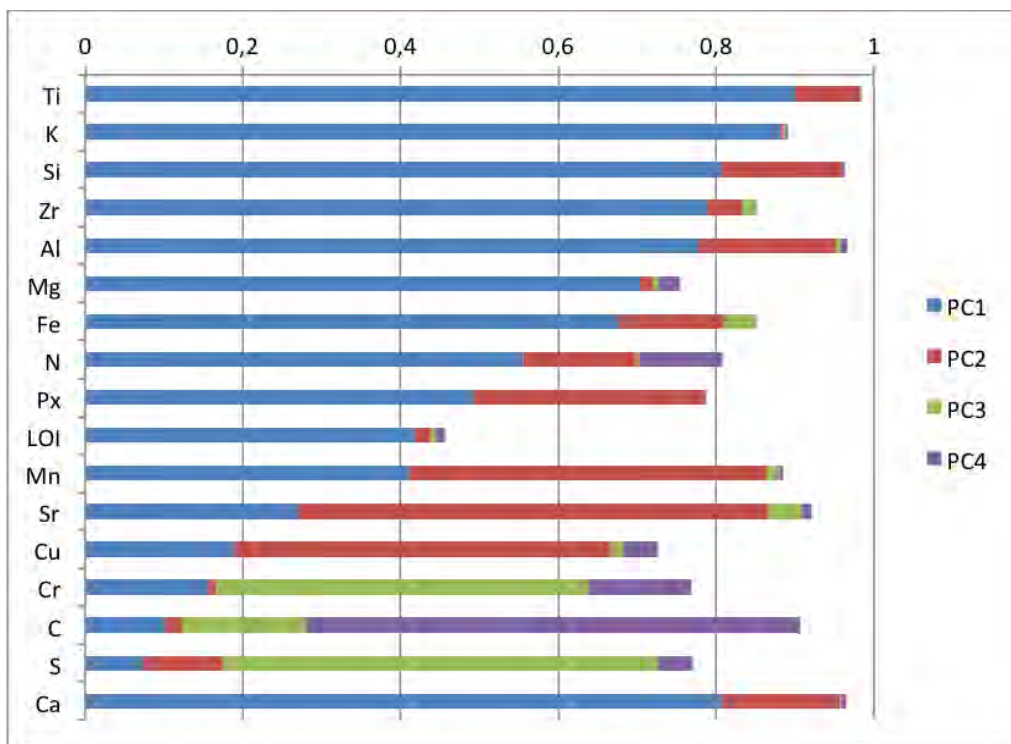
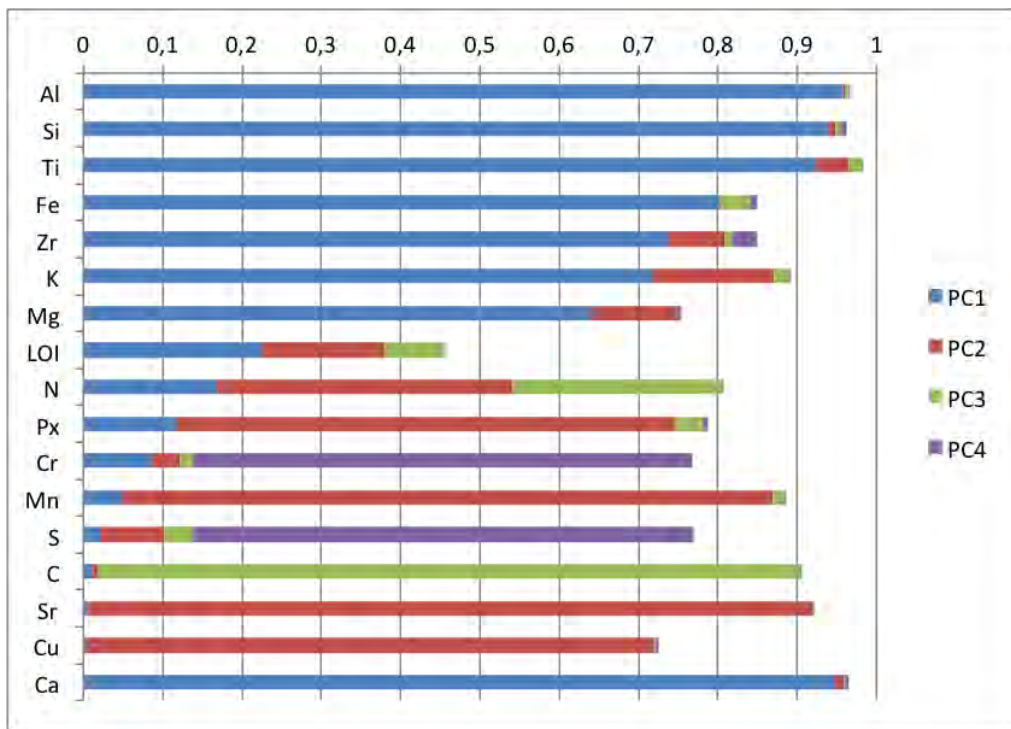


Figure A3 Graphs with the data of the principal components: **a)** Component matrix and **b)** Rotated component matrix carried out on the processed samples of the site of Atxoste

~Las comunidades humanas en la transición Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro~

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, A.E.; MACKENZIE, W.S. y GUILDFORD, C. (1984). *Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope*. Longmans, London.

ADAMS, A. E. y MACKENZIE, W. S. (1998). *A Colour Atlas of Carbonate Sediments and Rocks Under the Microscope*. London: Manson Publishing; distributed by Oxford University Press.

ALDAY, A. (1995). Patrones de asentamiento y organización del territorio de Álava durante el Epipaleolítico y el Neolítico. *Cuadernos de Sección. Prehistoria y Arqueología*, 6:289-316.

ALDAY, A. (1996a). Abrigo de Atxoste en Vírgala Mayor, (Arraia-Maeztu). Campañas. *Arkeoikuska*, 96:35-43.

ALDAY, A. (1996b). El poblamiento durante los inicios del Holoceno en la Alta Cuenca del Ebro: el Valle de Arraya y Treviño Oriental como modelo. *Boletín de la Institución Sancho El Sabio*, año 7, 2.a época:141-177.

ALDAY, A.; CAVA, A. y MUJICA, J.A. (1996c). El IV milenio en el País Vasco: transformaciones culturales. *Rubricatum*, 1. Actes I Congrès del Néolític a la Península Ibérica.

ALDAY, A. (1997a). Los ciclos culturales en los inicios del Holoceno en el País Vasco: ¿crónica, explicación o especulación? En: Bueno, P. y de Balbí, R. (coord.). *II Congreso de Arqueología Peninsular: Zamora, del 24 al 27 de septiembre de 1996*. Vol. 2, 11-22.

ALDAY, A. (1997b). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 97:75-83.

ALDAY, A. (1998a). *Kanpanoste Goikoa: el depósito prehistórico de Kanpanoste Goikoa (Vírgala, Álava)*. Memoria de las actuaciones arqueológicas, 1992-1993. Diputación Foral de Álava ed. Vol. 5. Vitoria- Gasteiz.

ALDAY, A. (1998b). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 98:67-75.

ALDAY, A. y GARCÍA, M. (1998c). Evidencia gráfica mueble de cronología neolítica en el abrigo de Atxoste (Vírgala, Álava). *Veleia*, 15:101-120.

Bibliografía

- ALDAY, A. (1999a). Dudas, manipulaciones y certezas para el mesoneolítico vasco. *Zephyrus*, 51:129-172.
- ALDAY, A. (1999b). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 99:37-44.
- ALDAY, A. (2000a). El Neolítico en el País Vasco: pensando la marginalidad. En, Jorge, V.O. (ed.), *Actas do 3º Congresso de Arqueologia Peninsular*. Vol. III, ADECAP, Porto:97–113.
- ALDAY, A. (2000b). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 00:31-39.
- ALDAY, A. (2001). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 01:59-68.
- ALDAY, A. (2002a). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 02:45-54.
- ALDAY, A. (2002b). Las unidades industriales mesolíticas en la Alta-Media Cuenca del Ebro. *Complutum*, 13:19-50.
- ALDAY, A. (2002c). Los últimos cazadores-recolectores de la Iberia interior: La Alta-Media Cuenca del Ebro y la Meseta Norte. *Munibe (Antropología-Arkeologia)*, 54, 79-101.
- ALDAY, A. (2003a). Revolución neolítica *versus* Renovación industrial: objetos, sociedades y símbolos. *R.A.M.P.A.S.*, 6:11-50.
- ALDAY, A.; FERNÁNDEZ-ERASO, J. y YUSTA, I. (2003b). Suelos de habitación - suelos de corrales: los casos de Atxoste y Los Husos. *Veleia*, 20:183-225.
- ALDAY, A. (2003c). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 03:55-65.
- ALDAY, A. (2004). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 04:51-59.
- ALDAY, A. (2005a). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 05:37-

45.

ALDAY, A. (dir.) (2005b). *El campamento prehistórico de Mendandia: ocupaciones mesolíticas y neolíticas entre el 8800 y el 6400 B.P.* Fundación J.M. Barandiarán / Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz.

ALDAY, A. (2005c). The transition between the last hunter-gatherers and the first farmers in southwestern Europe: the basque perspective. *Journal of Anthropological Research*, 61:469-494.

ALDAY, A. (2005d). Temas del Neolítico vasco (I). Territorios y economía. En: Arias, P.; Ontañón, R. y García- Moncó, C. (eds.), *III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*, Servicio de publicaciones de la Universidad de Cantabria, Santander:913-919.

ALDAY, A. (coord.) (2006a). *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular*. Diputación Foral de Álava (ed.), Vol. 11, Vitoria-Gasteiz.

ALDAY, A. (2006b). Abrigo de Atxoste (Vírgala Mayor, Arraia-Maeztu). *Arkeoikuska*, 06:63-72.

ALDAY, A. y CAVA, A. (2006c). La unidad de muescas y denticulados del Mesolítico en el País Vasco: La formalización de un modelo cultural. En: Alday, A. (coord.). *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular*. Diputación Foral de Álava (ed.), Vol. 11. Vitoria-Gasteiz:223-300.

ALDAY, A. y CAVA, A. (2009a). El Mesolítico geométrico en Vasconia. En, Utrilla, P. y Montes, L. (eds.), *El Mesolítico Geométrico en la Península Ibérica*. Monografías Arqueológicas. Prehistoria. Universidad de Zaragoza, Zaragoza:93-129.

ALDAY, A. (2009b). El final del Mesolítico y los inicios del Neolítico en la Península Ibérica: cronología y fases. *Munibe*, 60:157-173.

ALDAY, A. y CAVA, A. (2010). Yacimiento prehistórico de Socuevas (Pobes). *Arkeoikuska*, 10:91-96.

ALDAY A. y CAVA, A. (2011a). Yacimiento prehistórico de Socuevas (Pobes). *Arkeoikuska*, 11:107-111.

Bibliografía

ALDAY, A.; ROJO, M.; GARRIDO, R.; GARCÍA MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I.; GARCÍA-GAZÓLAZ, J. y SESMA, J. (2011b). Los yacimientos de Atxoste (Vírgala, Álava) y Mendandia (Sáseta, C. de Treviño). En, Bernabeu, J.; Rojo, M. y Molina, L. *Las primeras ocupaciones cerámicas: el VI milenio cal AC en la Península Ibérica. Saguntum* extra-12:131-135.

ALDAY A. y CAVA, A. (2012a). Yacimiento prehistórico de Socuevas (Pobes). *Arkeoikuska*, 12:110-118.

ALDAY, A. (2012b). The Neolithic in the Iberian Peninsula: an explanation from the perspective of the participation of Mesolithic communities. *Zephyrus*, LXIX:75-94.

ALDAY, A.; CARRETERO, J. M.; ANDERUNG, C. y GÖTHERSTRÖM, A. (2012c). Uros, genética, indígenas y colonos. A propósito de la neolitización de Europa. *Veleia*, 29: 335-358.

ALDAY, A.; CASTAÑOS, P. y PERALES, U. (2012d). Quand ils ne vivaient pas seulement de la chasse: preuves de domestication ancienne dans les gisements néolithiques d'Atxoste et de Mendandia (Pays Basque). *L'anthropologie*, 116:127-147.

ALDAY, A.; SOTO, A.; LÓPEZ DE HEREDIA, J. y PERALES, U. (2012e): El abrigo de Martinarri (Obécuri, Treviño): una ocupación del Tardiglaciario en la Cuenca Alta del Ebro. *Trabajos de Prehistoria*, 69:257-272.

ALDAY, A. (2014a). El yacimiento de Atxoste (Vírgala, Álava). En SALA RAMOS, R., (ed.), *Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el Estrecho de Gibraltar: estado actual del conocimiento del registro arqueológico*, Universidad de Burgos, Fundación Atapuerca, Burgos:148-151

ALDAY, A.; MACIÀ, L.; PORTILLO, M.; ALBERT, R.M. y PERALES, U. (2014b). Agricultura Neolítica: a propósito de un molino del yacimiento de Atxoste (Álava, País Vasco). *Munibe*, 65:79-92.

ALDEIAS, V. (2012). *The application of geoarchaeological and micromorphological perspectives to issues of hominin behavior in the late Pleistocene*. Tesis Doctoral inédita. University of Pennsylvania.

AMMANN, B.; BIRKS, HJB.; BROOKS, S.J.; EICHER, U.; VON GRAFENSTEIN, U.; HOFMANN, W.; LEMDAH, G.; SCHWANDER, J.; TOBOLSKI, K. y WICK, L. (2000). Quantification of biotic responses to rapid climatic changes around the Younger Dryas, a synthesis.

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 159: 191-201.

ANGELUCCI, D.E. (2003). Geoarchaeology and micromorphology of Abric de la Cativera (Catalonia, Spain). *Catena*, 54:573-601.

ARANBARRI, J. (2016). *Impacto de la variabilidad climática rápida en el paisaje vegetal del NE peninsular durante el Holoceno a partir de datos palinológicos*. Tesis Doctoral inédita, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.

ARMENDÁRIZ, A. (1997). Anton Koba: Cazadores azilienses en la sierra de Aitzkorri (Guipúzcoa). *II Congreso de Arqueología Peninsular (Zamora, 24-27 de septiembre de 1996). Tomo I: Paleolítico y Epipaleolítico*, 297-310. Fundación Rei Afonso Henriques. Zamora.

ARPIN, T.; MALLOL, C. y GOLDBERG, P. (2002). A new method of analyzing and documenting micromorphological thin sections using flatbed scanners: applications in geoarchaeological studies. *Geoarchaeology*, 17: 305–313.

ARRIBAS, J.L. (2005). El Magdaleniense Superior- Final: espacio y tiempo en el territorio vasco. *Munibe*, 57:239-247.

AURA, J.E.; JORDÁ, J.F.; MONTES, L. y UTRILLA, P. (2011). Human responses to Younger Dryas in the Ebro valley and Mediterranean watershed (Eastern Spain). *Quaternary International*, 242:348-359.

BABEL, U. (1975). Micromorphology of soil organic matter. En: J.E. Gieseking (ed.), *Soil Components*. Volume 1: *Organic Components*, pp. 369-473. Springer-Verlag, New York.

BAILEY, G. (2007). Time perspectives, palimpsests and the archaeology of time. *Journal of Anthropological Archaeology*, 26:198-223.

BALAAM, N.; BELL, M.; DAVID, A.; LEVITAN, B.; MACPHAIL, R.I.; ROBENSON, M. y SCAIFE, R.G. (1987). Prehistoric y Romano-British sites at Westward Devon: archaeological y palaeoenvironmental surveys 1983 y 1984. En: *Studies in Palaeoeconomy y Environment en South West Engly* (Eds N.D. Balaam, B. Levitan y V. Straker), British Series 181, pp. 163-264. British Archaeological Reports, Oxford.

BALDEÓN, A. (1984). Socuevas (Pobes, Álava). *Arkeoikuska*, 84:16-18.

BALDEÓN, A. y BERGANZA, E. (1997). *El yacimiento epipaleolítico de Kukuma. Un asentamiento de cazadores-recolectores en la llanada Alavesa (Araia, Alava). Serie Memorias de Yacimientos Alaveses*, 3, Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz.

BALEK, C.L. (2002). Buried Artifacts in Stable Upland Sites and the Role of Bioturbation: A Review. *Geoarchaeology - An International Journal*, 17:41-51.

BARANDIARÁN, I. y CAVA, A. (1989). El yacimiento prehistórico de Zatoya (Navarra). *Trabajos de Arqueología Navarra* 8. Pamplona.

BARANDIARÁN, I.; CAVA, A. y ALDAY, A. (2006). Ocupaciones en altura e interior en el Tardiglaciario: La Llanada Alavesa y sus estribaciones montañosas. *Zona Arqueológica*, 7:535-550.

BARTOLOMÉ, M.; MORENO, A.; SANCHO, C.; STOLL, H.M.; CACHO, I.; SPÖTL, C.; BELMONTE, Á.; EDWARDS, R.L.; CHENG, H. y HELLSTROM, J.C. (2015). Hydrological change in Southern Europe responding to increasing North Atlantic overturning during Greenland Stadial 1. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112:6568–6572.

BARTON, R.N.E. (1992). *Hengistbury Head, Dorset. Volume 2: The Late Upper Palaeolithic y Early Mesolithic sites*, Monograph No. 34. Oxford University Committee for Archaeology, Oxford.

BARTON, C.M.; BERNABEU, J.; AURA, J.E.; GARCÍA, O.; SCHMICH, S. y MOLINA, LL. (2004). Long-Term Socioecology and Contingent Landscapes. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 11:253-295.

BEGUIRISTAIN, M. (1982). *Los yacimientos de habitación durante el neolítico y la Edad del bronce en el alto valle del Ebro*, Pamplona.

BELLOMO, R.V. (1993). A Methodological Approach for Identifying Archaeological Evidence of Fire Resulting from Human Activities. *Journal of Archaeological Science*, 20: 525-553.

BENYARKU, C.A. y STOOPS, G. (2005). Guidelines for Preparation of Rock and Soil Thin Sections and Polished Sections. *Department of Environment and Soil Science*, University of Lleida, Lleida.

BERGADÁ, M.M. (1993). Aproximación experimental a la actividad postdeposicional de los lumbricidos sobre los niveles arqueológicos. Procesos postdeposicionales. *Arqueología Espacial*, 16–17:363–369.

BERGADÁ, M.M. (1995). Estudio geoarqueológico de la secuencia Holocena de la Cova del Vidre (Roquetes, Baix Ebre, Tarragona). *Rubricatum*, 1:65–72.

BERGADÁ, M.M. (1997). Actividad antrópica en el Neolítico Antiguo catalán a través del análisis micromorfológico. *Trabajos de Prehistoria*, 54 (2):151–162.

BERGADÁ, M.M. (2001). Análisis micromorfológico de los niveles neolíticos de la cova de Cendres (Moraira, Teulada): resultados preliminares. En: Bernabeu, J., Fumanal, M.P., Badal, E. (Eds.), La Cova de les Cendres (Teulada-Moraira, Alicante), 1. *Paleografía y Estratigrafía. Estudis Neolitics*, 1:119–126.

BERGADÁ, M.M. y DE NICOLÁS, J.C. (2005a). Aportación de la micromorfología al conocimiento de las prácticas pastoriles de finales de la Edad de Bronce en el yacimiento de la Cova des Morts (Mongofre Nou, Maó, Menorca). *Mayurca*, 38:181–202.

BERGADÁ, M.M.; GUERRERO, V.M. y ENSENYAT, J. (2005b). Primeras evidencias de estabulación en el yacimiento de Son Matge (Serra de Tramuntana, Mallorca) a través del registro sedimentario. *Mayurca*, 30:153–180.

BERGANZA, E. y ARRIBAS, J.L. (1994). El asentamiento paleolítico de Laminak II (Berriatua, Bizkaia). *Kobie*, 21:5-253.

BERGANZA, E. (2005). El tránsito del Tardiglacial al Holoceno en el País Vasco. *Munibe (Antropología-Arkeologia)*, 57:249-258.

BERGER, J.F. y GUILAINE, J. (2009). The 8200 cal BP abrupt environmental change and the Neolithic transition: a Mediterranean perspective. *Quaternary International*, 200:31–49.

BERNA, F.; MATTHEWS, A. y WEINER, S. (2004). Solubilities of bone mineral from archaeological sites: The recrystallization window. *Journal of Archaeological Science*, 31:867-882.

BERTRAN, P. (1994). Degradation des niveaux d'occupation paléolithiques en contexte

périglaciare: Exemples et implications archéologiques. *Paléo*, 6:285-302.

BERTRAN, P.; HETU, B; TEXIER, J.P. y VAN STEIJNS, H. (1997). Fabric characteristics of subaerial slope deposits. *Sedimentology*, 44:1-16.

BERTRAN, P. y TEXIER, J.P. (1999). Facies and microfacies of slope deposits. *Catena*, 35:99-121.

BLOTT, S.J. y PYE, K. (2001). GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26:1237-1248.

BRADLEY, R.S. (1999). *Paleoclimatology. Reconstructing climates of the Quaternary* (2nd edition). International Geophysics Series, volume 64, Academic Press, San Diego.

BRASIER, M.D. (1980). *Microfossils*. Allen & Unwin, London.

BREWER, R. (1964). *Fabric and mineral analysis of soils*. J. Wiley & Sons, London, N.Y. & Sydney.

BREWER, R. (1972). The basis of interpretation of soil micromorphological data. *Geoderma*, 8:81-94.

BREWER, S.; CHEDDADI, R.; DE BEAULIEU, J.L. y REILLE, M. (2002). The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. Forest Ecology and Management, Range wide distribution of chloroplast DNA diversity and pollen deposits in European white oaks: inferences about colonisation routes and management of oak genetic resources. 156:27-48.

BOGGS, S. (2001). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.

BOLD, H y WYNNE, M. (1985). *Introduction to the algae*. Prentice Hall, New Jersey.

BONIFAY, E. (1956). Les sédiments détritiques grossiers dans le remplissage des grottes – méthode d'étude morphologique et statistique. *L' Anthropologie*, 60:447-461.

BORDES, F. (1954). Les limons quaternaires du Bassin de la Seine, stratigraphie et archéologie paléolithique. *Institut de Paléontologie Humaine, Paris. (Fondation Albert, 1er prince de Monaco). Archives; mémoire 26.* Masson, Paris.

BORJA SIMÓN, J. A. (1994). La fase final de la prehistoria reciente en el alto valle del Ebro. Estado de la cuestión y nuevos planteamientos. *Cuadernos de Sección. Prehistoria-Arqueología*, 5:9-111.

BOUDIER, F. (1967). *Préhistoire de France*. Ed. Flammarion. Paris.

BOYER-KLEIN, A. (1987). Analyses polliniques au Tardiglaciaire dans le nord de L'Espagne: au sujet des Dryas I, II, III. En: CIVIS, J.; VALLE, M.F. (eds.), *Actas de Palinología*:277-283.

BULLOCK P.; FEDEROFF N.; JONGERIUS A.; STOOPS G. y TURSINA T. (eds) (1985). *Handbook for thin section description*. Waine Research Publications. Albrighton, Wolverhampton.

BURROUGHS, W.J. (2005). *Climate change in Prehistory. The end of the reign of chaos*. Cambridge University Press, Cambridge.

BUTZER, K.W. (1971). *Environment and archaeology: an ecological approach to prehistory*, Chicago, Aldine.

BUTZER, K.W. (1977). Geoarchaeology in practice. *Rev. Anthropology*, 4:125-131.

BUTZER, K.W. (1982). *Archaeology as Human Ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.

BUTZER, K.W. (2008). Challenges for a cross-disciplinary geoarchaeology: The intersection between environmental history and geomorphology. *Geomorphology*, 101:402-411.

CAMMAS, C. (1994). Approche micromorphologique de la stratigraphie urbaene à Lattes: premiers résultats. *Lattara*, 7:181-202.

CAMMAS, C.; WATTEZ, J. y COURTY, M.-A. (1996). L'enregistrement sédimentaire des modes d'occupation de l'espace. En: *Paleoecology; Colloquium 3 of XIII International Congress of Prehistoric y Protohistoric Sciences* (Eds L. Castelletti y M. Cremaschi), Vol. 3, pp. 81-86. ABACO, Forlì.

CANTI, M.G. (2003a). Aspects of the chemical and microscopic characteristics of plant ashes found in archaeological soils. *Catena*, 54:339-361.

CANTI, M.G. (2003b). Earthworm Activity and Archaeological Stratigraphy: A Review of Products and Processes. *Journal of Archaeological Science*, 30:135-148.

CARRANCHO, Á.; VILLALAÍN, J.J.; ANGELUCCI, D.E.; DEKKERS, M.J.; VALLVERDÚ, J. y VERGÈS, J.M. (2009). Rock-magnetic analyses as a tool to investigate archaeological fired sediments: A case study of mirador cave (Sierra de Atapuerca, Spain). *Geophysical Journal International*, 179:79-96.

CARRERAS, F. y RAMIREZ DEL POZO, J. (1967). Informe geológico de la estructura Hornillos- Atauri. Escala 1:25.000. Informe de CIEPSA (inédito).

CARRIÓN, J.S.; FERNÁNDEZ, S.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; GIL-ROMERA, G.; BADAL, E.; CARRIÓN-MARCO, Y.; LÓPEZ- MERINO, L.; LÓPEZ-SÁEZ, J.A.; FIERRO, E. y BURJACHS, F. (2010). Expected trends and surprises in the Lateglacial and Holocene vegetation history of the Iberian Peninsula and Balearic Islands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162:458-475.

CASTELLS, S (1961). Estudio geológico-estratigráfico de la zona de Sobrón- Nogradolalastra.

CAVA, A. (2004). Las ocupaciones prehistóricas de Kanpanoste (Vírgala) en el contexto de los cazadores recolectores del Mesolítico. *Serie Memorias de Yacimientos Alaveses*, 9, Diputación Foral de Álava, Vitoria-Gasteiz.

CAVA, A.; BARANDIARÁN, I. y ALDAY, A. (2009). The Mesolithic in the Ebro Basin (Spain). En: J. M. Burdukiewicz, K. Cyrek, P. Dyczek y K. Szymczak (eds): *Understanding the past. Papers offered to Stefan K. Kozłowski*. Universidad de Varsovia . Varsovia: 75-90 .

CORTÉS SÁNCHEZ, M.; JIMÉNEZ ESPEJO, F.J.; SIMÓN VALLEJO, M.D.; GIBAJA BAO, J.F.; CARVALHO, A.F.; MARTINEZ RUIZ, F.; RODRIGO GAMIZ, M.; FLORES, J.A.; PAYTAN, A.; LÓPEZ SÁEZ, J.A.; PEÑA CHOCARRO, L.; CARRIÓN , J.S.; MORALES MUÑIZ, A.; ROSELLÓ IZQUIERDO, E.; RIQUELME CANTAL, J.A.; DEAN, R.M.; SALGUEIRO, E.; MARTÍNEZ SÁNCHEZ, R.F.; DE LA RUBIA DE GRACIA, J.J.; LOZANO FRANCISCO, M.C.; VERA PELÁEZ, J.L.; LLORENTE RODRÍGUEZ, L. y BICHO, N.F. (2012). The Mesolithic–Neolithic transition in southern Iberia. *Quaternary Research*, 77:221-234.

COURTY, M.A.; GOLDBERG, P. y MACPHAIL, R. (1989). *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

COURTY, M.A. (2001). Microfacies analysis assisting archaeological stratigraphy. En: Goldberg, P., Holliday, V.T., Ferring, C.R. (Eds.), *Earth Sciences and Archaeology*. Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York, 205-240.

COURTY, M.A. y VALLVERDÚ, J. (2001). The Microstratigraphic Record of Abrupt Climate Changes in Cave Sediments of the Western Mediterranean. *Geoarchaeology-An International Journal*, 16:467-500.

CREMASCHI, M., ZERBONI, A., SPO' TL, C. & FELLET- TI, F. (2010). The calcareous tufa in the Tadrat Acacus Mt. (SW Fezzan, Libya). An early Holocene palaeoclimate archive in the central Sahara. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 287:81-94.

DAVIDSON, D.A. y SHACKLEY, M. (1976). *Geoarchaeology: Earth Science and the Past*. Duckworth, London.

DAVIS, B.A.S.; COLLINS, P.M. y KAPLAN, J.O. (2015). The age and post-glacial development of the modern European vegetation: a plant functional approach based on pollen data. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24:303-317.

DONAHUE, J. y ADOVASIO, J.M. (1990). Evolution of sandstone rockshelters in eastern North America; a geoarchaeological perspective. En: *Archaeological Geology of North America* (Eds N.P. Lasca y J. Donahue), Centennial Volume No. 4, pp. 231-251. Geological Society of America, Boulder.

DUCHAUFOR, P. (1982). *Pedology*, 448 pp., Allen and Unwin, London.

DUNHAM, R.J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En: Ham, W.E. (ed.) *Classification of carbonate rocks*. American Association of Petroleum Geologist, *Memoir*, 1:108-121.

DUPRÉ, M. (1992). Palinología. *Cuadernos técnicos de la S.E.G.*, 7:30.

EDESOFITO, J.M. y UGARTE, M.F. (2004). Abrigo de Kanpanoste: caracterización fisiográfica y sedimentológica. En: *La ocupación prehistórica de Kanpanoste en el contexto de los*

cazadores-recolectores del Mesolítico (A. Cava), Diputación Foral de Álava, *Memorias de Yacimientos Alaveses*, 9:39-44.

EGUILUZ, L. y LLANOS, H. (1988). El diapiro de Salinas de Añana: un ejemplo de ascenso diapírico modificado por esfuerzos cizallantes. *II Cong. Español de Geología*, vol. com. 2:131-134.

ENTE VASCO DE LA ENERGÍA. Mapa Geológico del País Vasco. Escala 1:25.000. Hojas 139-I 139-III Maestu.

FANO, M. Á. (2004). Un nuevo tiempo: el Mesolítico en la región cantábrica. *Kobie (Serie Anejos)*, 8:337-402.

FARRAND, W.R. (2001). Sediments and Stratigraphy in Rockshelters and Caves: A Personal Perspective on Principles and Pragmatics. *Geoarchaeology-An International Journal*, 16:537-557.

FEDOROFF, N. y COURTY, M.A. (1994). Organisation du sol aux échelles microscopiques. En: *Bonneau, M. & Souchier, B. (eds.), Pédologie. 2. Constituants et Propriétés du Sol, Second Edition. Masson, Paris*, 349–375.

FERNÁNDEZ-ERASO, J. y POLO-DÍAZ, A. (2008–2009). Establos en abrigos bajo roca de la Prehistoria reciente: su formación, caracterización y proceso de estudio. Los casos de Los Husos y de San Cristóbal. *Krej*, 10:39–51.

FERNÁNDEZ-ERASO, J.; GARCÍA-ROJAS, M.; FERNÁNDEZ-CRESPO, T.; CASTAÑOS, P.; BAILON, S. MURELAGA, X. y TARRIÑO, A. (2010). La cueva de Las Orcillas 1: una estación de los últimos cazadores-recolectores en La Berrueza (Mendoza-Acedo, Navarra). *Trabajos de Arqueología Navarra (TAN)*, 22:13–91.

FERNÁNDEZ-ERASO, J. (2011). La Prehistoria Reciente en la Rioja Alavesa: 25 años de investigaciones. *Euskonews*, 571:18–25.

FITZPATRICK, E.A. (1984). *Micromorphology of Soils*. Chapman and Hall, London.

FITZPATRICK, E.A. (1986). *An Introduction to Soil Science*, 2nd edition. Longman Scientific and Technical, Harlow.

FITZPATRICK, E.A. (1993). *Soil Microscopy and Micromorphology*. John Wiley & Sons, Chichester.

FOLK, R.L. (1951). A comparison chart for visual porcentage estimation. *Sediment Petrol*, 21:31-33.

FOLK, R.L. y WARD, W.C. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27:3-26.

FOLK, R.L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. En: *Classification of Carbonate Rocks* (Ed. by W E . Ham), pp. 62-84. Am. Ass. Petrol. Geol. Mem. 1.

FOLK, R.L. (1965). *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill.

FRENCH, C. A. I. (2003). *Geoarchaeology in Action: Studies in Soil Micromorphology and Landscape Evolution*. London: Routledge.

GARCÍA-MARTÍNEZ DE LAGRÁN, I.; IRIARTE E.; GARCÍA-GAZÓLAZ, J.; TEJEDOR-RODRÍGUEZ, C.; GIBAJA-BAO, J.F.; MORENO-GARCÍA, M.; PÉREZ-JORDÁ, G.; RUIZ-ALONSO, M.; SESMA-SESMA, J.; GARRIDO-PENA, R.; CARRANCHO-ALONSO, A.; PEÑA-CHOCARRO, L. y ROJO-GUERRA, M.A. (2015). 8.2 ka BP paleoclimatic event and the Ebro Valley Mesolithic groups: Preliminary data from Artusia rock shelter (Unzué, Navarra, Spain). *Quaternary International*, 403:151-173.

GARCÍA-RUIZ, J.M.; PALACIOS, D.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; DE ANDRÉS, N.; MORENO, A.; VALERO-GARCÉS, B. y GÓMEZ-VILLAR, A. (2016). Mountain glacier evolution in the Iberian Peninsula during the Younger Dryas. *Quaternary Science Reviews*, 138:16-30.

GÉ, T.; COURTY, M. A.; MATTHEWS, W. y WATTEZ, J. (1993). Sedimentary formation processes of occupation surfaces. En: Formation processes in archaeological context. (P. Goldberg, D. T. Nash & M. D. Petraglia, ed.). *Monographs in World Archaeology*, 17: 149-164.

GIFFORD-GONZALEZ, D.P.; DAMROSCH, D.B.; DAMROSCH, D.R.; PRYOR, J. y THUNEN, R. (1985). The third dimension in site structure: an experiment in trampling and vertical dispersal. *American Antiquity*, 50:803-818.

Bibliografía

GILLIESON, D. (1996). *Caves: Processes, Development, Management*. Blackwell, Oxford.

GLADFELTER, B.G. (1977). Geoarchaeology: the geomorphologist and archaeology. *American Antiquity*, 42, 4:519-538.

GOLDBERG, P. (1983). Applications of micromorphology in archaeology. *Soil micromorphology*, 1:139-150.

GOLDBERG, P.; NASH, D.T. y PETRAGLIA, M.D. (1993). *Formation Processes in Archaeological Context*. Prehistory Press., Madinson.

GOLDBERG, P. y BAR-YOSEF, O. (1998). Site formation processes in Kebara y Hayonim Caves and their significance in Levantine prehistoric caves. En: *Neandertals y Modern Humans en Western Asia* (Eds T. Akazawa, K. Aoki y O. Bar-Yosef), pp. 107-125. Plenum, New York.

GOLDBERG, P. y ARPEN, T. (1999). Micromorphological analysis of sediments from Meadowcroft Rockshelter, Pennsylvania: implications for radiocarbon dating. *Journal of Field Archaeology*, 26:325-342.

GOLDBERG, P.; HOLLIDAY, V. T. Y FERRING, C.R. (2001). *Earth sciences and archaeology*. New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.

GOLDBERG, P. y MACPHAIL, R. (2003). Short contribution: strategies and techniques in collecting micromorphology samples. *Geoarchaeology: An International Journal*, 18:5:571-578.

GOLBERG, P. y MACPHAIL, R. (2006). *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell Publishing, Oxford.

GOLDBERG, P. y BERNA, F. (2010). Micromorphology and context. *Quaternary International*, 214:56-62.

GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI, M.J. y SERRANO CAÑADAS, E. (1996). El relieve. En: *Geografía de Euskal Herria, tomo 2*. Lasarte-Oria: Etor.

GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI, M. J. (2006). Marco geomorfológico del yacimiento de

Mendandia y su secuencia sedimentológica. En: *El legado arqueológico de Mendandia: los modos de vida de los últimos cazadores en la Prehistoria de Treviño*. (Dir.: Alday Ruiz, Alfonso):121-127.

GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J. y SERRANO CAÑADAS, E. (2007). Evolución geomorfológica, cambios ambientales e intervención humana durante el holoceno en la cuenca alta del Ebro: las tobas de los valles del Purón y Molinar. *Estudios geográficos*, 263:527-546.

GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J. y SERRANO CAÑADAS, E. (2013). Acumulaciones tobáceas y evolución del paisaje: cronología y fases morfogenéticas en el Alto Ebro (Burgos). *Cuaternario y Geomorfología*, 27:9-32.

GONZÁLEZ AMUCHASTEGUI, M.J. y SERRANO CAÑADAS, E. (2014). Tufa buildups, landscape evolution and human impact during the Holocene in the Upper Ebro Basin. *Quaternary International*, 364:54-64.

GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P. (2004). *Evolución paleoambiental del sector central de la cuenca del Ebro durante el Pleistoceno superior y Holoceno*. Instituto Pirenaico de Ecología-CSIC, Zaragoza, 210 pp.

GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B.L.; MORENO, A.; JALUT, G.; GARCÍA-RUIZ, J.M.; MARTÍ- BONO, C.; DELGADO-HUERTAS, A., NAVAS, A., OTTO, T. y DEDOUBAT, J.J. (2006). Climate variability in the Spanish Pyrenees during the last 30,000 yr revealed by the El Portalet sequence. *Quaternary Research*, 66:38-52.

GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; VALERO-GARCÉS, B.L.; MORENO, A.; MORELLÓN, M.; NAVAS, A.; MACHÍN, J. y DELGADO-HUERTAS, A. (2008). Vegetation changes and hydrological fluctuations in the Central Ebro Basin (NE Spain) since the Late Glacial period: Saline lake records. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 259:157-181.

GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; UTRILLA, P.; MAZO, C.; VALERO- GARCÉS, B.; SOPENA, M.; MORELLÓN, M.; SEBASTIÁN, M.; MORENO, A. y MARTÍNEZ-BEA, M. (2009). Patterns of human occupation during the early Holocene in the Central Ebro Basin (NE Spain) in response to the 8.2 ka climatic event. *Quaternary Research*, 71:121- 132.

GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; ARANBARRI, J.; PÉREZ-SANZ, A.; GIL-ROMERA, G.; MORENO, A.; LEUNDA, M.; SEVILLA-CALLEJO, M.; CORELLA, J.P.; MORELLÓN, M.; OLIVA, B. y VALERO-

Bibliografía

GARCÉS, B. (2017). Environmental and climate change in the Southern Central Pyrenees since the Last Glacial Maximum: a view from the lake records. *Catena*, 149:668-688.

HAIJÁL, M. y TÖRÖK, Á. (2004). Mineralogical and colour changes of quartz sandstones by heat. *Environmental Geology*, 46:311-322.

HEIRI, O.; LOTTER, A.F. y LEMCKE, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25:101-110.

HILL, C. y FORTI, P. (1997). *Cave Minerals of the World, 2nd edition*. National Speleological Society, Huntsville.

HOYOS GÓMEZ, M. (1979). *El Karst en Asturias en el Pleistoceno superior y Holoceno. Estudio geomorfológico, sedimentológico y paleoclimático*. Tesis Doctoral Univer. Complutense Madrid.

HOYOS GÓMEZ, M. (1989). Estudio sedimentológico del yacimiento de la cueva de Zatoya. En: *El yacimiento prehistórico de Zatoya (Navarra). Evolución ambiental y cultural a fines del Tardiglacial y en la primera mitad del Holoceno (I.Barandiarán; Cava, Ana, dir)*, Pamplona, *Trabajos de Arqueología Navarra* 8:221-229.

HOYOS, M. (1995a). Paleoclimatología del Tardiglacial en la Cornisa Cantábrica basada en los resultados sedimentológicos de yacimientos arqueológicos kársticos. En A. Moure, C. González (eds.), *El final del Paleolítico Cantábrico*, pp. 15-76. Universidad de Cantabria, Santander.

HOYOS GÓMEZ, M. (1995b). Cronoestratigrafía del Tardiglacial en la región cantábrica. En: *El final del Paleolítico cantábrico*:15-75.

HOYOS GÓMEZ, M.; SAENZ DE BURUAGA, A. y ORMAZABAL, A. (1999). Cronoestratigrafía y paleoclimatología de los depósitos prehistóricos de la cueva de Arrillor (Araba, País Vasco). *Munibe*, 51:137-151.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Explicación de la Hoja 139. Eulate*. Madrid: IGME, 1933.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Mapa Geológico de España. Escala*

1:50.000. Hoja 139. Eulate. Madrid: IGME, 1978.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 137. Miranda de Ebro.* Madrid: IGME, 1979.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja 170. Haro.* Madrid: IGME, 1979.

IRIARTE, E.; ARANBURU, A. y ARRIOLABENGOA, M. (2013). Geoarqueología de la cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). En: J. Rios-Garaizar, D. Garate, y A. Gómez-Olivencia (Eds.), *La cueva de Arlanpe (Lemoa): Ocupaciones humanas desde el Paleolítico Medio Antiguo hasta la Prehistoria Reciente. Kobie*, 3:37–48.

IRIARTE-CHIAPUSSO, M.J. (1998). Análisis palinológico del depósito arqueológico de Kanpanoste Goikoa (Vírgala, Álava). En: Alday, A. (coord.): *Kanpanoste Goikoa. Memoria de las actuaciones arqueológicas. 1992-1993. Serie Memorias de Yacimientos Alaveses*, 5:85-91.

IRIARTE, M.J. (2001). El entorno vegetal de los pobladores prehistóricos de Aizpea: Análisis polínico. En: Barandiarán Maestu, I. & Cava, A. (eds): *Cazadores- recolectores en el pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora*: 315-324. *Veleia*, Anejos Serie Mayor, 10. U.P.V., Vitoria-Gasteiz.

IRIARTE-CHIAPUSSO, M.J. y ARRIZABALAGA, A. (2003). El bosque en el país vasco prehistórico. *Cuaderno Sociedad Española de Ciencias For.*, 16:85–90.

IRIARTE, M.J. (2006). El entorno vegetal del abrigo de Mendandia y su depósito arqueológico: Análisis palinológico. En: Alday A. (Dir): *El legado arqueológico de Mendandia: Los modos de vida de los últimos cazadores en la Prehistoria de Treviño*: 405-418. Junta de Castilla y León, Burgos.

IRIARTE, M.J. (2007a). El medio vegetal del osario prehistórico de San Juan Ante Portam Latinam (Laguardia, Álava). En: Vegas Aramburu J.I. (coord.): *San Juan Ante Portam Latinam. Una inhumación colectiva prehistórica en el Valle Medio del Ebro*: 69-81.

IRIARTE, M.J.; PÉREZ DÍAZ, S.; RUIZ ALONSO, M. y ZAPATA PEÑA, L. (2007b). Paleobotánica del Epipaleolítico y Mesolítico vascos. *Veleia*, 24-25:629-642.

Bibliografía

IRIARTE-CHIAPUSSO, M.J.; MUNOZ SOBRINO, C.; GOMEZ- ORELLANA, L.; HERNANDEZ-BELOQUI, B.; GARCÍA- MOREIRAS, I.; FERNANDEZ RODRIGUEZ, C.; HEIRI, O.; LOTTER, A.F. y RAMIL-REGO, P. (2016). Reviewing the Lateglacial-Holocene transition in NW Iberia: a palaeoecological approach based on the comparison between dissimilar regions. *Quaternary International*, 403:211-236.

JORDÁ PARDO, J.F. (1995). El Cuaternario: definición, límite inferior y divisiones. *Zephyrus*, XLVIII:53-74.

JORDÁ PARDO, F.; BAENA PREYSLER, J.; CARRAL GONZÁLEZ, P.; GARCÍA-GUINEA, J.; CORRECHER DELGADO, V. y YRAVEDRA SÁINZ DE LOS TERREROS, J. (2008). Procesos sedimentarios y diagenéticos en el registro arqueológico del yacimiento pleistoceno de la cueva de El Esquilieu (Picos de Europa, Norte de España). *Revista C.&G.* 22, (4):31-46.

KARKANAS, P.; KYPARISSI-APOSTOLIKA, N.; BAR-YOSEF, O. y WEENER, S. (1999). Mineral assemblages in Theopetra, Greece: a framework for understand diagenesis in a prehistoric cave. *Journal of Archaeological Science*, 26:1171-1180.

KARKANAS, P.; BAR-YOSEF, O.; GOLDBERG, P. y WEINER, S. (2000). Diagenesis in prehistoric caves: The use of minerals that form in situ to assess the completeness of the archaeological record. *Journal of Archaeological Science*, 27:915-929.

KARKANAS, P. (2010). Preservation of anthropogenic materials under different geochemical processes: A mineralogical approach. *Quaternary International*, 214(1): 63-69.

KELLY, J. y WILTSHIRE, P.E.J. (1996). Microbiological report. En: *The Experimental Earthwork Project 1960-1992* (Eds M. Bell, P.J. Fowler y S.W. Hillson), CBA Research Report, pp. 148-155. Council for British Archaeology, York.

KOOISTRA, M.J. (1979). Two methods of preparing thin sections of wet soil from sediments in a marine intertidal zone on the Oosterschelde (The Netherlands). *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 27: 235-240.

LAUTRIDOU, J.P. y OZOUF, J.C. (1982). Experimental frost shattering; 15 years of research at the Centre de Géomorphologie du CNRS. *Progress in Physical Geography*, 6:215-232.

LAVILLE, H.; RIGAUD, J.P. y SACKETT, J. (1980) *Rock Shelters of the Perigord*. Academic

Press, New York.

LAVILLE, H. y HOYOS, M. (1981). Estudio geológico de la cueva de Rascaño en *El Paleolítico Superior de la Cueva de Rascaño*. Centro de Investigación y Museo de Altamira. Santander N° 3, pp. 191-210.

LIMBREY, S. (1975). *Soil Science y Archaeology*. Academic Press, London.

LÓPEZ GARCÍA, P. (1991/1992). Estudio palinológico de los sedimentos del yacimiento de La Peña. *Trabajos de Arqueología Navarra*, 10:143-145.

LÓPEZ RITAS, J. y LÓPEZ MELIDA, J. (1990). *El diagnóstico de suelos y plantas*. Ed. Mundi-Prensa.

LODEIRO RICO, M.J. y SOTO DEL RIO, M. (Dir. y Coord.) (1996). *Catálogo abierto de espacios naturales de la Comunidad Autónoma del País Vasco / Euskal Autonomi Elkarteko garrantzizko espazio naturalen katalogo irekia*. Vitoria-Gasteiz: Dpto. de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, Gobierno Vasco.

LOWE, J.J. y HOEK, W. INTIMATE Group (2001). Interregional correlation of palaeoclimatic records for the Last Glacial-Interglacial Transition: a protocol for improved precision recommended by the INTIMATE project group. *Quaternary Science Reviews*, 20:1175-1187.

LLANOS ACEBO, H. (coord.) (1988). *Itinerarios ecológicos de Álava*. Bilbao: Dpto. de Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente; Gobierno Vasco.

MACKENZIE, W. S. y ADAMS, A. E. (1994). *A Colour Atlas of Rocks and Minerals in Thin Section*. London: Manson.

MACPHAIL, R.I.; HATHER, J.; HILLSON, S.W. y MAGGI, R. (1994). The Upper Pleistocene deposits at Arene Candide: soil micromorphology of some samples from the Cardeni 1940-42 excavations. *Quaternaria Nova*, IV:79-100.

MACPHAIL, R.I. (1994). The reworking of urban stratigraphy by human and natural processes. En: *Hall, A.R. & Kenward, H.K. (eds.), Urban-Rural Connexions: Perspectives from Environmental Archaeology*. Oxbow Books, Oxford:13-43.

MACPHAIL, R.I. y GOLDBERG, P. (1999). The soil micromorphological investigation of Westbury Cave. En: *Westbury Cave. The Natural History Museum Excavations 1976–1984* (Eds P. Andrews, J. Cook, A. Currant and C. Stringer), pp. 59-86. CHERUB (Centre for Human Evolutionary Research at the University of Bristol), Bristol.

MALLOL, C.; MARLOWE, F.W.; WOOD, B.M. y PORTER, C.C. (2007). Earth, wind, and fire: ethnoarchaeological signals of Hadza fires. *Journal of Archaeological Science*, 34: 2035-2052.

MAREAN, C.W.; GOLDBERG, P.; AVERY, G.; GRENE, F.E. y KLEEN, R.G. (2000). Middle Stone Age stratigraphy y excavations at Die Kelders Cave 1 (Western Cape Province, South Africa): the 1992, 1993, y 1995 field seasons. *Journal of Human Evolution*, 38:7-42.

MATEU, M.; MERCÈ BERGADÀ M. y GARCIA I RUBERT, D. (2013). Manufacturing technical differences employing raw earth at the protohistoric site of Sant Jaume (Alcanar, Tarragona, Spain): Construction and furniture elements. *Quaternary International*, 315:76-86.

MATTHEWS, W. (1995). Micromorphological characterisation and interpretation of occupation deposits and microstratigraphic sequences at Abu Salabikh, Iraq. En *Archaeological Sediments and Soils, Analysis, Interpretation and Management* (eds T. Barham, M. Bates and R. I. Macphail). London: Archetype Books:41-76.

MATTHEWS, W.; FRENCH, C.A.I.; LAWRENCE, T. y CUTLER, D. (1996). Multiple surfaces: the micromorphology. En: Hodder, I. (ed.), *On the Surface: Çatal Hüyük 1993–95*. McDonald Institute for Archaeological Research and British Institute of Archaeology at Ankara, Cambridge, pp. 301–342.

MATTHEWS, W.; FRENCH, C. A. I.; LAWRENCE, T.; CUTLER, D. F. y JONES, M. K. (1997a). Activities inside the temple: the evidence of microstratigraphy. En: *The Dilmun Temple at Saar* (eds H. E. W. Crawford, R. Killick and J. Moon). London: Kegan Paul International.

MATTHEWS, W.; FRENCH, C.A.I.; LAWRENCE, T.; CUTLER, D.F. y JONES, M.K. (1997b). Microstratigraphic traces of site formation processes and human activity. *World Archaeology*, 29:281–308.

MATTHEWS, W.; FRENCH, C.A.I.; LAWRENCE, T.; CUTLER, D.F. y JONES, M.K. (1998). Microstratigraphy and micromorphology of depositional sequences. En: Oates, D.,

Oates, J. & McDonald, H. (eds.), *Excavations at Tell Brak. Volume I, The Mitani and Old Babylonian Periods*. McDonald Institute Monograph, McDonald Institute for Archaeological Research, Cambridge, pp. 135–140.

MEAZA RODRÍGUEZ, G. (Dir.) (1995). *Interpretación geográfica de fotografía aérea oblicua*. En: *Euskal Herria en sus paisajes, Tomo I*. Lasarte-Oria: Etor.

MEIGNEN, L.; BAR-YOSEF, O.; GOLDBERG, P. y WEENER, S. (2001). Le feu au Paléolithique moyen: Recherches sur les structures de combustion et le statut des foyers. L'exemple du Proche-Orient. *Paléorient*, 26:9-22.

MENTZER, S. M. (2009). Bone as a fuel source: the effects of initial fragment size distribution. I. Théry- Parisot, S. Costamagno and A. Henry (eds) *Gestion des Combustibles au Paléolithique et au Mésolithique* BAR International Series 1914: Proceedings of the XV World Congress (Lisbon, 4- 9 September 2006): 53-64.

MILLER, C.E. y GOLDBERG, P. (2009). *Micromorphology and Paleoenvironments*. En: M.L. Larson, M. Kornfeld & G.C. Frison (Eds.), 2009. *Hell Gap: A Paleoindian Campsite at the Edge of the Rockies* (pp. 72-89). Salt Lake: University of Utah Press.

MILLER, C.E.; CONARD, N.; GOLDBERG, P. y BERNA, F. (2010). Dumping, sweeping and trampling: experimental micromorphological analysis of anthropogenically modifies combustion features. En: Théry-Parisot, I.; Chabal, L.; Costamagno, S. (Eds.), *The raphonomy of burned organix residues and combustion features in archaeological contexts*. Palethnologie, Proceedings on the round table, Valbonne, May 27-29, pp. 25-37.

MILLER, C.E.; GOLDBERG, P. y BERNA, F. (2013). Geoarchaeological investigations at Diepkloof Rock Shelter, Western Cape, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 40:3432-3452.

MISKOVSKY, J. C., (1974). *Le Quaternaire du Midi Méditerranéen : stratigraphie et paléoclimatologie : d'après l'étude sédimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche (Ligurie, Provence, Languedoc méditerranéen, Rousillon, Catalogne)* Marseille, Laboratoire de paleontologie romaine et de préhistoire, Etudes Quaternaires: Géologie, Paléontologie, Préhistoire 3.

MONTES, L. (2001–2002). El abrigo epipaleolítico de Peña 14 (Biel, Zaragoza). Excavaciones

1999–2000. *Saldvie*, 11:291-306.

MONTES, L. (2004). El abrigo de Legunova en Biel. Campaña de 2003. *Saldvie*, 4:395-406.

MONTES, L. (2007). El Epipaleolítico reciente o Mesolítico en la Península Ibérica. Estado de la cuestión. *Caesaraugusta*, 78:39–48.

MONTES, L.; DOMINGO, R.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; SEBASTIÁN, M.; ARANBARRI, J.; CASTAÑOS, P.; GARCÍA-SIMÓN, J.L.; ALCOLEA, M. y 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.

MORAN, C.; MCBRATNEY, A.B.; RINGROSE-VOASE, A.J. y CHARTRES, C.J. (1989). A method for dehydration and impregnation of clay soil. *Journal Soil Science*, 40:569-575.

MORENO, A.; STOLL, H.; JIMÉNEZ-SÁNCHEZ, M.; CACHO, I.; VALERO-GARCÉS, B.; ITO, E. y EDWARDS, R.L. (2010). A speleothem record of glacial (25–11.6 kyr BP) rapid climatic changes from northern Iberian Peninsula. *Global and Planetary Change*, 71:218-231.

MORENO, A.; SVENSSON, A.; BROOKS, S.J.; CONNOR, S.; ENGELS, S.; FLETCHER, W.; GENTY, D.; HEIRI, O.; LABUHN, I.; PERSIOU, A.; PEYRON, O.; SADORI, L.; VALERO-GARCÉS, B.; WULF, S. y ZANCHETTA, G. (2014). A compilation of Western European terrestrial records 60-8 ka BP: towards an understanding of latitudinal climatic gradients. *Quaternary Science Reviews*, 106:167- 185.

MUÑOZ SOBRINO, C.; HEIRI, O.; HAZEKAMP, M.; VAN DER VELDEN, D.; KIRILOVA, E.P.; GARCÍA-MOREIRAS, I. y LOTTER, A.F. (2013). New data on the Lateglacial period of SW Europe: a high resolution multiproxy record from Laguna de la Roya (NW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, 80:58–77.

MURPHY, C. P. (1986). *Thin section preparation of soils and sediments*. A B Academic Publication, Berkhamsted, England.

ORMAZABAL, A. (1996). El depósito prehistórico de Arrillor (Murua, Zigoitia; Araba): aplicación práctica de la Estratigrafía Analítica. *Krei*, 1:21-36.

PEMÁN, E. (1994). Los micromamíferos de Laminak II (Berriatua, Bizkaia). *Kobie*, 21:225-

233.

PENTECOST, A. (2005). *Travertine*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

PEÑALBA, M.C.; ARNOLD, M.; GUIOT, J.; DUPLESSY, J.C.; DE BEAULIEU J.S. L.J. (1997). Termination of the last glaciation in the Iberian Peninsula inferred from the pollen sequence of Quintanar de la Sierra. *Quaternary Research*, 48:205–214.

PERALES, U. (2015). *Traceología de la industria lítica de Atxoste (Álava): aproximación a la gestión económico-social del asentamiento en el final del Mesolítico e inicios del Neolítico*. Tesis Doctoral inédita, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.

PÉREZ DÍAZ, S. (2012). *El paisaje vegetal durante la Prehistoria Reciente en la vertiente mediterránea de Euskal Herria*, Tesis Doctoral inédita, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.

PÉREZ FERNÁNDEZ, A.J.; DUARTE, C.; GUTIÉRREZ RODRÍGUEZ, M. y ÉGÜEZ, N. (in press). The application of micromorphology on anthropogenic deposits in Iberian Peninsula: current research and future perspectives. *Actas JIA (Jóvenes Investigadores en Arqueología)*, 2015.

PÉREZ-OBIOL, R.; JALUT, G.; JULIÀ, R.; PÈLACHS, A.; IRIARTE, M.J.; OTTO, T. y HERNÁNDEZ-BELOQUI, B. (2011). Mid-Holocene vegetation and climatic history of the Iberian Peninsula. *The Holocene*, 21:75–93.

PÉREZ-SANZ, A.; GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P.; MORENO, A.; VALERO-GARCÉS, B.; GIL-ROMERA, G.; RIERADEVALL, M.; TARRATS, P.; LASHERAS-ÁLVAREZ, L.; MORELLÓN, M.; BELMONTE, A.; SANCHO, C.; SEVILLA-CALLEJO, M. y NAVAS, A. (2013). Holocene climate variability, vegetation dynamics and fire regime in the central Pyrenees: the Basa de la Mora sequence (NE Spain). *Quaternary Science Reviews*, 73:149–169.

PETIT, R.J.; BREWER, S.; BORDÁCS, S.; BURG, K.; CHEDDADI, R.; COART, E.; COTTRELL, J.; CSAIKL, U.M.; VAN DAM, B.; DEANS, J.D.; ESPINEL, S.; FINESCHI, S.; FINKELDEY, R.; GLAZ, I.; GOICOECHEA, P.G.; JENSEN, J.S.; KÖNIG, A.O.; LOWE, A.J.; MADSEN, S.F.; MÁTYÁS, G.; MUNRO, R.C.; POPESCU, F.; SLADE, D.; TABBENER, H.; DE VRIES, S.G.M.; ZIEGENHAGEN, B.; DE BEAULIEU, J.-L. y KREMER, A. (2002). Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen

evidence. *Forest Ecology and Management*, 156:49–74.

PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P.E. y SIEVER, R. (1972). *Sand and Sandstone*. Springer, New York.

PETTIJOHN, F.J. (1975). *Sedimentary Rocks, Third Edition*. Harper y Row Publishers, New York.

PFLUG, R. (1958). Salinas de Añana.

PFLUG, R. (1967). Der diapir von Estella (Nordspanien). *Beihefte Geol. Jb.*, 66:21-62. Hannover.

PFLUG, R. (1973). El diapiro de Estella. *Munibe*, 25, 2/4:1.71-202.

POCH, R.M.; DE COSTER, W. y STOOPS, G. (1998). Pore space characteristics as indicators of soil behaviour in gypsiferous soils. *Geoderma*, 87:87–109.

POLO, A. (2007/2008): Geoarqueología y reconstrucción de contextos arqueológicos: Contribución y nuevas perspectivas desde el Área de Prehistoria de la Universidad del País Vasco. *Veleia*, 24-25:689-700.

POLO DÍAZ, A. y FERNANDEZ ERASO, J. (2008). Aportación de la micromorfología a la determinación de los rediles prehistóricos en el Alto Valle del Ebro. El caso del Neolítico de Los Husos II (Elvillar, Álava). *Cuaternario y Geomorfología*, 22 (3-4):159-171.

POLO, A. (2009). Evidence of successive stabling episodes during Neolithic by microstratigraphy and micromorphology: the rock-shelter of Los Husos II (Upper Ebro Basin, Spain). *Frankfurter geowissenschaften arbeiten. Serie D. physische geographie*, 30:95-105.

POLO, A. (2010a). *Rediles prehistóricos y uso del espacio en abrigos bajo roca en la cuenca alta del Ebro: Geoarqueología y procesos de formación durante el Holoceno*. Tesis Doctoral inédita, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.

POLO, A. y FERNÁNDEZ-ERASO, J. (2010b). The archaeological deposit of Peñalarga

(Upper Ebro Basin, Spain): variability in the human occupation of rockshelters during Late Prehistory by micromorphology. En: Lisa, L. (ed.), *Abstract book of the International Working Meeting in Archaeological Soil Micromorphology 17th – 21st of May 2010*, Brno, Czech Republic, 32-33.

POLO, A. y ALDAY, A. (2010c). Micromorphological evidence of Human occupation and Paleoenvironmental context in rockshelter deposits during Late Pleistocene and Early Holocene in Northern Spain. *EAA Annual Meeting 2010. The Hague, The Netherlands Soil Micromorphology in Prehistoric Archaeology Session* (inédito).

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C. (2003). *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

RAMIREZ DEL POZO, J (1971). Bioestratigrafía y microfacies del jurásico y cretácico del norte de España.

RAMÍREZ DEL POZO, J. (1973) *Síntesis geológico de la provincia de Álava*. Vitoria-Gasteiz: Obra Cultural de la Caja de Ahorros Municipal de la Ciudad de Vitoria.

RAPP, G., JR. (1975) The archaeological field staff: the geologist. *Journal of Field Archaeology*, 2:229–237.

RAPP JR, G. y HILL, C.L. (1998). *Geoarchaeology. The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*. Yale University Press, New Haven and London.

RASMUSSEN, S.O.; ANDERSEN, K.K.; SVENSSON, A.; STEFFENSEN, J.P.; VINTHER, B.M.; CLAUSEN, H.B.; SIGGAARD- ANDERSEN, M.L.; JOHNSEN, S.J.; LARSEN, L.B.; DAHL- JENSEN, D.; BIGLER, M.; RÖTHLISBERGER, R.; FISHER, H.; GOTO-AZUMA, K.; HANSSON, M. & RUTH U. (2006). A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journal of Geophysical Research*, 111.

RENFREW, C. (1976). Archaeology and the earth sciences. En: *Geoarchaeology: Earth Science and the Past* (Eds D.A. Davidson and M.L. Shackley), pp. 1–5. Duckworth, London.

RENTZEL, P. y NARTEN, G.-B. (2000). Zur Entstehung von Gelniveaus in sandig-lehmigen Ablagerungen – Experimente und archäologische Befunde (Activity surfaces in sandy-loamy deposits – experiments and archaeological examples). En: *Jahresbericht 1999*, pp. 107-127. Archäologische Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt, Basel.

Bibliografía

- RIGA, O (1956): *La Cuenca terciaria de Miranda Treviño*.
- RIOS, L (1967). Estudio geológico de campo de las sierras al sur de la depresión de Villarcayo.
- ROBERTS, N.; BRAYSHAW, D.; KUZUCUOĞLU, C.; PEREZ, R. y SADORI, L. (2011). The mid-Holocene climatic transition in the Mediterranean: Causes and consequences. *The Holocene*, 21:3–13.
- RUIZ ALONSO, M. (2014). *Evolución y explotación de los recursos vegetales desde el Tardiglacial en la vertiente mediterránea del País Vasco: Datos antracológicos*. Tesis Doctoral inédita, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.
- RUIZ URRESTARAZU, E. y GALDÓS URRUTIA, R. (1983). Montes y valles. En: *Álava en sus manos, Tomo I*:41-72.
- SADORI, L.; JAHNS, S. y PEYRON, O. (2011). Mid- Holocene vegetation history of the central Mediterranean. *The Holocene*, 21:117–129.
- SÁENZ DE BURUAGA, A. (1989). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 89:11-16.
- SÁENZ DE BURUAGA, A. (1990). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 90:21-22.
- SÁENZ DE BURUAGA, A. (1991). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 91:21-26.
- SÁENZ DE BURUAGA, A. (1992). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 92:43-46.
- SÁENZ DE BURUAGA, A. (1993). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 93:43-47.
- SÁENZ DE BURUAGA, A. (1994). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 94:76-80.

SÁENZ DE BURUAGA, A. (1997). Cueva de Arrillor (Murua-Zigoitia). *Arkeoikuska*, 97:95-102.

SÁENZ DE BURUAGA, A. (1998). Estrategias de excavación y análisis estratigráfico: una reflexión sobre su proceso histórico. *Krei*, 3:107-143.

SÁENZ DE OLAZAGOITIA, A. (2004). Espacios de interés geomorfológico en Álava, Azkoaga. *Cuadernos de ciencias sociales y económicas (Ejemplar dedicada a: Trabajos sobre Ordenación y Gestión del Territorio de Euskal Herria*, 2, 12:247-279.

SÁNCHEZ GOÑI, M.F. (2004). La vegetación contemporánea de los grupos Meso-Neolíticos y Neo-Calcolíticos de Kanpanoste (Vírgala, Álava). En: Cava, A.: *Kanpanoste (Vírgala, Álava), la ocupación prehistórica de Kanpanoste en el contexto de los cazadores-recolectores del Mesolítico, Serie Monografías de Yacimientos Alaveses*: 161-168. Diputación Foral de Álava, Vitoria- Gasteiz.

SANZ, M.; HERAS, L. y MONTAÑÉS, L. (1975). Índice de correlación entre el carbono orgánico y nitrógeno en suelos de la cuenca del Ebro. *Aula Dei*, 13(1/2):140-149.

SCHIEGL, S.; GOLDBERG, P.; PFRETZSCHNER, H.-U. y CONARD, N.J. (2003). Paleolithic burnt bone horizons from the Swabian Jura: distinguishing between in situ fire places and dumping areas. *Geoarchaeology*, 18:541-565.

SCHIEGL, S.; LIGOUIS, B.; CONARD, N. J. y AND GOLDBERG, P. (2004). Mineralogy, Micromorphology, Phytolith Analysis and Organic Petrology of Middle Palaeolithic and MSA Cave Sites: comparison between Sibudu (South Africa) and the Levant. Poster presented at the meeting *Eastern Mediterranean/Near Eastern Geoarchaeology*, University of Tübingen, May 22– 23.

SCHIFFER, M.B. (1987). *Formation Processes of the Archaeological Record*. University of New Mexico Press, Albuquerque.

SCHMID, E. (1963). Cave sediments y prehistory. En: *Science en Archaeology* (Ed D. Brothwell), 123-138.

SENGER, R. y WYMER, J. (1982). *The Middle Stone Age at Klasies River Mouth en South Africa*. The University of Chicago Press, Chicago.

SHILLITO, L.M.; ALMOND, M.; NICHOLSON, J.; PANTOS, M. y MATTHEWS, W. (2009). Rapid characterisation of archaeological midden components using FT-IR spectroscopy, SEM-EDX and micro-XRD. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 73(1):133–139.

SIEVER, R.; POTTER, P.E. y PETTIJOHN, F.J. (1987). *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, New York.

SOLÉ BENET, A. (1990). Micromorfología: Métodos y técnicas microscópicas aplicadas a la Arqueología. En: Vila, A. (Ed.), *Arqueología. Nuevas Tendencias. Consejo Superior De Investigaciones Científicas*, Madrid:23–43.

SOMMER, R.S.; KALBE, J.; EKSTRÖM, J.; BENECKE, N. y LILJEGREN, R. (2014). Range dynamics of the reindeer in Europe during the last 25,000 years. *Journal of Biogeography*, 41:298–306.

SORESSI, M.; MCPHERRON, S.P.; LENOIR, M.; DOGANDZIC, T.; GOLDBERG, P.; JACOBS, Z.; MAIGROT, Y.; MARTISIUS, N.L.; MILLER, C.E.; RENDU, W.; RICHARDS, M.; SKINNER, M.M.; STEELEC, T.E.; TALAMO, S. y TEXIER J.P. (2013). Neandertals made the first specialized bone tools in Europe. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America*, 110 (35):14186-14190.

SORIANO, M.A. (1989). Infilled valleys in the central Ebro basin (Spain). *Catena*, 116:357-367.

SOTO, A. (2014). *Producción y gestión de la industria lítica de Atxoste (Álava): Una aproximación a las sociedades Epipaleolíticas y Mesolíticas del alto Ebro*. Tesis Doctoral inédita, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Vitoria-Gasteiz.

SOTO, A. (2015). Los sistemas de producción lítica en el Epimagdalenense y el Sauveterroide del alto Ebro: El caso del abrigo de Atxoste (Vírgala, Álava). *Munibe*, 66: 93-118.

STAHLSCHMIDT, M.C.; MILLER, C.E.; LIGOUIS, B.; HAMBACH, U.; GOLDBERG, P.; BERNA, B.; RICHTER, D.; URBAN, B.; SERANGELI, J. y CONARD, N.J. (2015). On the evidence for fire at Schöningen. *Journal of Human Evolution*. Special Issue Schöningen, 89:181-201.

STAHLSCHMIDT, M.C.; MILLER, C.E.; LIGOUIS, B.; GOLDBERG, P.; URBAN, B.; SERANGELI,

J. y CONARD, N.J. (accepted). The depositional environments of Schöningen 13 II-4 and their archaeological implications. *Journal of Human Evolution*. Special Issue Schöningen, 89:71-91.

STEIN, J.K. (1992). *Deciphering a shell midden*. Academic Press, San Diego.

STOOPS G. (2003): *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Soil Science Society of America, Inc., Madison.

STRAUS, L.G. (2011). Were there human responses to Younger Dryas in Cantabrian Spain? *Quaternary International*, 242:328–335.

STRAUS, L.G. (in press). The Pleistocene-Holocene transition in Cantabrian Spain: current reflections on culture change. *Journal of Quaternary Science* .

TARRIÑO, A. (2004). Procedencia de los sílex de la industria lítica del yacimiento de Kanpanoste (Vírgala, Álava). En: Cava, A. et alii, 2004, *La ocupación prehistórica de Kanpanoste (Vírgala, Álava) en el contexto de los cazadores-recolectores del Mesolítico, Memorias de yacimientos alaveses*. Diputación Foral de Álava, 9:45-60.

TARRIÑO, A. (2005). Fuentes de aprovisionamiento de los sílex del yacimiento arqueológico de Mendandia (Sáseta, Condado de Treviño). En: Alday, A. *El campamento prehistórico de Mendandia: ocupaciones mesolíticas y neolíticas entre el 8800 y el 6400 B.P.* Diputación Foral de Álava, vol.9:465–487.

TARRIÑO, A.; OLIVARES, M.; ETXEBARRIA, N.; BACETA, J.I.; LARRASOÑA, J.C.; YUSTA, I.; PIZARRO, J.L.; CAVA, A.; BARANDIARÁN, I. y MURELAGA, X. (2007). Caracterización petrológica y geoquímica de un marcador litológico en yacimientos arqueológicos del Suroeste europeo durante en Pleistoceno superior y Holoceno inicial. *Geogaceta*, 43:127–130.

UTRILLA, P. (1995). El valle del Ebro durante el Tardiglacial y comienzos del Holoceno. Las relaciones con el Magdaleniense cantábrico. En A. Moure y C. González Sainz (eds.): *“El final del Paleolítico Cantábrico. Universidad de Cantabria*. pp: 281-311. Santander.

UTRILLA, P.; CAVA, A.; ALDAY, A.; BALDELLOU, V.; BARANDIARÁN, I.; MAZO, C. y MONTES, L. (1998). Le passage du Mésolithique au Neolithique ancien dans le bassin de l’Ebre (Espagne) d’après les datations C14. *Préhistoire Européenne*, 12:171–194.

Bibliografía

UTRILLA, P. (2002a). Epipaleolíticos y Neolíticos en el Valle del Ebro. *Saguntum Extra 5, The Neolithic Landscapes of the Mediterranean*, 179-208.

UTRILLA, P. y DOMINGO, R. (2002b). Informe de la campaña del 2000 en el abrigo de Ángel o Arenal de Fonseca. *Salduie*, 2:337-353.

UTRILLA, P.; MONTES, L.; MAZO, C.; ALDAY, A.; RODANÉS, J. M.; BLASCO, M. F.; DOMINGO, R. y BEA, M. (2010). El Paleolítico superior en la Cuenca del Ebro a principios del siglo XXI. Revisión y novedades. En X. Mangado (ed.): *Homenaje al profesor Javier Fortea. Monografies Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques*, 8: 23-62.

UTRILLA, P.; DOMINGO, R.; MONTES, L.; MAZO, C.; RODANÉS, J.M.; BLASCO, F. y ALDAY, A. (2012a). The Ebro Basin in NE Spain: A crossroads during the Magdalenian. *Quaternary International*, 272-273:88- 104.

UTRILLA, P.; BERDEJO, A. Y OBÓN, A. (2012b). El Esplugón: un gran abrigo mesolítico en el valle del Guarga (Huesca). En: Múñiz, J.R. (coord.), *Ad Orientem. Del final del Paleolítico en el norte de España a las primeras civilizaciones del Oriente próximo*. Universidad de Oviedo. Ménsula Ediciones: 235-254.

UTRILLA, P. y MAZO, C. (2014a). *La Peña de Las Forcas (Graus, Huesca). Un asentamiento estratégico en la confluencia del Ésera y el Isábena*. Monografías Arqueológicas, Prehistoria 46, Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

UTRILLA, P.; MAZO, C. y DOMINGO, R. (2014b). Los abrigos de Forcas en la dinámica cultural del Valle del Ebro. En: Utrilla, P. y Mazo, C. (coords.). *La Peña de Las Forcas (Graus, Huesca). Un asentamiento estratégico en la confluencia del Ésera y el Isábena*. Monografías Arqueológicas, Prehistoria, 46:345-409.

UZQUIANO, P. (1994). Estudio antracológico de Laminak II (Berrietua, Bizkaia). *Kobie (Serie Paleoantropología)*, 21:167-172.

VEGAS, J.; RUIZ-ZAPATA, B.; ORTIZ, J.E.; GALÁN, L.; TORRES, T.; GARCÍA-CORTÉS, Á.; GIL-GARCÍA, M.J.; PÉREZ- GONZÁLEZ, A. y GALLARDO-MILLÁN, J.L. (2010). Identification of arid phases during the last 50 cal. ka BP from the Fuentillejo maar-lacustrine record (Campo de Calatrava Volcanic Field, Spain). *Quaternary Science*, 25:1051-1062.

VILLA, P. y COURTEN, J. (1983). The interpretation of stratified sites: a view from

underground. *Journal of Archaeological Science*, 10:267-281.

VITA-FINZI, C. (1969). *The Mediterranean Valleys: Geological Changes in Historical Times*. Cambridge University Press.

WALTER, M.R. (1976). *Stromatolites*. Elsevier Scientific Publishing Co. New York. V.20.

WATERS, M.R. (1992). *Principles of Geoarchaeology: A North American Perspective*. University of Arizona Press, Tucson.

WATTEZ, J. y COURTY, M.A. (1987). Morphology of some plant materials. En: *Micromorphologie des Sols - Soil Micromorphology*, (eds. N.Fedoroff, L.M. Bresson and M.A. Courty), pp. 677-83. AFES, Plaisir.

WEENER, S.; GOLDBERG, P. y BAR-YOSEF, O. (2002). Three-dimensional distribution of minerals in the sediments of Hayonim Cave, Israel: diagenetic processes y archaeological implications. *Journal of Archaeological Science*, 29: 1289–1308.

WENTWORTH, CH. K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30:377-392.

WHEELER, M. (1954). *Archaeology from the Earth*, Oxford: Clarendon.

WIEDMANN, J. (1964). Le Cretacé supérieur de l'Espagne et du Portugal. *Estudios Geológicos*, 20:107-148.

YUSTA, I. (2006). Los suelos holocenos del yacimiento prehistórico de Mendandia (Treviño, Burgos): caracterización mineralógica y quimismo como trazadores de la actividad antrópica. En: *El legado arqueológico de Mendandia: los modos de vida de los últimos cazadores en la Prehistoria de Treviño* (A. Alday Ruiz, dir), Junta de Castilla y León, *Arqueología en Castilla y León* 15:129-143.

ZAPATA PEÑA, L. (1997). Identificación de varios fragmentos de madera carbonizada del yacimiento arqueológico de Kukuma (Araia, Álava). En: Baldeón, A. & Berganza, E. (coord.): *El yacimiento epipaleolítico de Kukuma. Un asentamiento de cazadores-recolectores en la llanada Alavesa (Araia, Álava)*, *Serie Memorias de Yacimientos Alaveses*, 3:77-79.

ZAPATA, L. (2000). La recolección de plantas silvestres en la subsistencia mesolítica y

neolítica. *Complutum*, 11:157-169.

ZAPATA, L. (2001). El uso de los recursos vegetales en Aizpea (Navarra, Pirineo occidental): la alimentación, el combustible y el bosque. En: Barandiarán, I. Y Cava, A. (eds.), *Cazadores recolectores en el Pirineo navarro. El sitio de Aizpea entre 8000 y 6000 años antes de ahora, Veleia, Anejos Series Maior 10*:325-359.

ZAPATA, L.; CAVA, A.; IRIARTE, M.J.; BARAYBAR, J.P. y RÚA, DE LA C. (2002). Mesolithic plant use in the Western Pyrenees: Implications for vegetation change, use of Wood and human diet. En: Mason, S.L.R., and Hather, J.G. (eds.), *Hunter-Gatherer Archaeobotany. Perspectives from the Northern Temperate Zone*, Institute of Archaeology, University C. London, London, 96-107.

ZAPATA, L. y PEÑA-CHOCARRO, L. (2005a). Los macrorestos vegetales del yacimiento de Mendandia. En: Alday, A. (dir.), *El campamento prehistórico de Mendandia: ocupaciones mesolíticas y neolíticas entre el 8800 y el 6400 B.P.* Fundación J.M. Barandiarán/ Diputación Foral de Álava, Vitoria- Gasteiz.

ZAPATA, L. (2005b). Agricultura prehistórica en el País Vasco. *Munibe*, 57(1):553–561.

ZAPATA PEÑA, L.; MILNER, N.J. y ROSELLÓ, E. (2007). Pico Ramos cave shell midden: the Mesolithic-Neolithic transition by the Bay of Biscay. En: N. Milner, O.E. Craig & G.N. Bailey (eds.): *Shell middens in Atlantic Europe*: 150-157. Oxbow Books, Oxford.

El tránsito del Pleistoceno-Holoceno en el Alto Valle del Ebro viene siendo durante las últimas décadas un periodo en auge de estudio, para su mejor comprensión. Además los continuos descubrimientos de asentamientos han sacado a la luz la importancia de este periodo aún desconocido. Entender mejor esta etapa ha sido el objetivo primordial de esta Tesis Doctoral a través del análisis geoarqueológico en los yacimientos de Socuevas (Pobes, Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) y Atxoste (Vérgala, Álava). Conocer además la relación ser humano-medio ambiente es fundamental para el buen conocimiento de las sociedades pasadas. Comprender la evolución de esta relación puede aportar claves críticas para el futuro, por ejemplo a la hora de definir y caracterizar áreas y tipos de uso sostenible del terreno y/o materias primas. Del mismo modo, para la interpretación de la información paleoecológica, al igual que para la información arqueológica, también es de gran importancia un detallado conocimiento del contexto pedosedimentario y geomorfológico derivado de estudios geológicos. La Geoarqueología se erige por tanto, como una importante disciplina que contribuye al mejor conocimiento del impacto humano en el paisaje mediante el estudio de antiguos suelos y depósitos de sus áreas de ocupación.

The transit of the Pleistocene-Holocene in the Upper Valley of the Ebro has been during the last decades a period in the height of study, for its better understanding. In addition, the continuous discoveries of settlements have brought to light the importance of this still unknown period. The better understanding of this period has been the primary objective of this PhD through geoarchaeological analysis in the Socuevas (Álava), Martinarri (Obécuri, Treviño) and Atxoste (Vérgala, Álava) archaeological sites. Knowing also the human-environment relationship is fundamental for the good knowledge of past societies. Understanding the evolution of this relationship can provide critical keys for the future, for example, when defining and characterizing areas and types of sustainable land use and / or raw materials. In the same way, for the interpretation of paleoecological information, as well as for archaeological information, a detailed knowledge of the pedosedimentary and geomorphological context derived from geological studies is also of great importance. Geoarchaeology therefore stands as an important discipline that contributes to the better knowledge of the human impact on the landscape by studying ancient soils and deposits of their areas of occupation.